

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

DANIEL FERNANDO BOZUTTI

**PROPOSTA DE UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA A
CONFIGURAÇÃO DE UM SISTEMA DE *PICKING***

SÃO CARLOS

2012

**PROPOSTA DE UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA A
CONFIGURAÇÃO DE UM SISTEMA DE *PICKING***

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

DANIEL FERNANDO BOZUTTI

**PROPOSTA DE UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA A
CONFIGURAÇÃO DE UM SISTEMA DE *PICKING***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção

Orientação: Prof. Dr. Miguel Antonio Buendia-Costa

SÃO CARLOS

2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B793pm

Bozutti, Daniel Fernando.

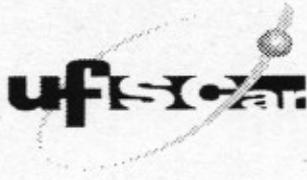
Proposta de um modelo de referência para a configuração de um sistema de *picking* / Daniel Fernando Bozutti. -- São Carlos : UFSCar, 2013.

130 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Logística. 2. *Picking*. 3. Modelo de referência. I. Título.

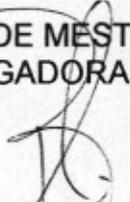
CDD: 658.5 (20^a)



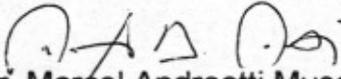
FOLHA DE APROVAÇÃO

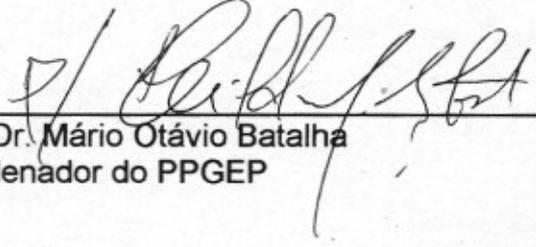
Aluno(a): Daniel Fernando Bozutti

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 19/12/2012 PELA
COMISSÃO JULGADORA:


Prof. Dr. Miguel Antonio Bueno da Costa
Orientador(a) PPGE/UFSCar


Prof. Dr. Gilberto Miller Devós Ganga
PPGE/UFSCar


Prof. Dr. Marcel Andreotti Musetti
EESC/USP


Prof. Dr. Mário Otávio Batalha
Coordenador do PPGE

Dedico este trabalho aos meus pais José Luiz e Célia, à minha tia Maria José, ao meu irmão Luis Antonio e a todos que me apoiaram nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar motivação e discernimento em toda a minha vida.

Agradeço ao meu pai pela amizade, companheirismo e atenção.

Agradeço à minha mãe pelas orações e pelo apoio.

Agradeço ao meu irmão pelo diálogo.

Agradeço à minha tia Mazé (Iaia) por ser minha segunda mãe.

Agradeço a Carol por ter aparecido em minha vida em um momento especial e me apoiado quando mais precisei.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Miguel A. Bueno-da-Costa pelas dicas e discussões sobre este trabalho.

RESUMO

BOZUTTI, D. F. **Proposta de um modelo de referência para a configuração de um sistema de *picking***. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. 130p.

A atividade de *picking*, presente nos depósitos, possui custos representativos na atividade de armazenagem, podendo chegar até a 75% do custo total de operação de um depósito (COYLE¹ et al., 1996 apud PETERSEN; AASE, 2004). Nas publicações científicas estudadas, considerando a consulta realizada na base de Periódicos da CAPES, não foram encontrados artigos que apresentassem uma abordagem com o foco em gestão para o *picking*, conforme se propôs este trabalho. O modelo de referência criado teve como base o método de pesquisa bibliográfica, de forma a não perder o caráter científico do trabalho, sendo apresentado em forma de processos e considerando as premissas da Logística e da SCM (*Supply Chain Management*) de prazo, qualidade e custo. Ao final do trabalho foi apresentado um quadro com direcionamentos para a aplicação do modelo, considerando o posicionamento do depósito frente a quatro cenários de volume (quantidade) e variedade de SKU's (alto volume e baixa variedade, alto volume e alta variedade, baixo volume e alta variedade e baixo volume e baixa variedade). O principal resultado do estudo foi a apresentação de um modelo com uma abordagem ainda não estudada e com foco gerencial.

Palavras-chave: *Picking*; Logística; Modelo de Referência.

¹ COYLE, J. J., BARDI, E. J., LANGLEY, C. J., **The Management of Business Logistics**, 6th Edition. West Publishing: 1996.

ABSTRACT

BOZUTTI, D. F. *Proposal of a reference model to configure a picking system.* Dissertation (Masters). *Department of Production Engineering – Federal University of São Carlos, São Carlos, 2012. 130p.*

The picking activity, one of the warehousing activities, produces representative costs in the warehousing. These costs could reach up to 75% of the total warehousing costs (COYLE² et al., 1996 apud PETERSEN; AASE, 2004). Considering the scientific publications studied (Periódicos da Capes portal), it was not returned articles that had a managerial picking model approach, as proposed in this dissertation. The model was developed based on the bibliographic research method, in order to keep the scientific approach of the study. The model was presented in process and activities and it was considered the Logistics and SCM (Supply Chain Management) premises of time, quality and cost. It was also presented a matrix in order to point out the main decisions to be taken in the model, considering four scenarios of SKU's quantity and variety (high quantity and low variety, high quantity and high variety, low quantity and high variety and low quantity and low variety). The main result of this research was the proposal of a method with a managerial approach never studied before.

Key-words: *Picking, Logistics, Reference Model*

² COYLE, J. J., BARDI, E. J., LANGLEY, C. J., **The Management of Business Logistics**, 6th Edition. West Publishing: 1996.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Processos da SCM.....	1
Figura 2 Incertezas presentes na Logística	3
Figura 3 SC Direta	12
Figura 4 SC Estendida	12
Figura 5 SC Final.....	12
Figura 6 <i>Supply Chain Management</i> e Logística.....	13
Figura 7 Atividades primárias da Logística.....	14
Figura 8 Flexibilidade para o Carregamento e Entrega	16
Figura 9 <i>Drop dead Date</i> - Data de decisão	17
Figura 10 Evolução dos sistemas de distribuição	18
Figura 11 Sistemas de Distribuição	18
Figura 12 Relação entre <i>Picking</i> , Logística e SCM.....	19
Figura 13 Empilhamento sobre o solo	24
Figura 14 Estrutura das Estanteiras	25
Figura 15 Estanteiras Deslizantes	26
Figura 16 Armazenagem tipo <i>Drive-in</i>	26
Figura 17 Armazenagem tipo <i>Drive-through</i>	27
Figura 18 Armazenagem tipo <i>Cantilever</i>	27
Figura 19 Armazenagem tipo canais a gravidade)	28
Figura 20 Sistema HD/DS	29
Figura 21 Sistema <i>Pushback Rack</i>	30
Figura 22 Mechanical Brake.....	30
Figura 23 Sistema AS/RS	31
Figura 24 Prateleira para estocagem de produtos de pequenas dimensões	33
Figura 25 Prateleiras tipo mezanino	33
Figura 26 Prateleiras com configuração S/R	34
Figura 27 Gavetas Modulares	34
Figura 28 <i>Mini Loads</i>	35
Figura 29 Carrossel Vertical	36
Figura 30 Carrossel Horizontal.....	36
Figura 31 Atividades nos depósitos	51
Figura 32 Classificação do sistema de <i>picking</i>	55
Figura 33 Divisão do estoque por zonas de <i>picking</i>	57

Figura 34 <i>Picking low level</i>	59
Figura 35 <i>Picking high level</i>	59
Figura 36 <i>Band Heuristic</i>	60
Figura 37 Duas bandas horizontais.....	60
Figura 38 Solução final do <i>Band Heuristic</i>	61
Figura 39 1/2 BIH.....	62
Figura 40 1/3 BIH.....	62
Figura 41 Etapa 1 do BIH.....	64
Figura 42 Etapa 2 do BIH.....	64
Figura 43 Etapa 3 do BIH.....	65
Figura 44 Etapa 4 do BIH.....	65
Figura 45 Etapa 5 do BIH.....	66
Figura 46 Etapa 6 do BIH.....	66
Figura 47 Exemplo de <i>Picking List</i>	69
Figura 48 <i>Picking by light</i>	70
Figura 49 <i>Picking por voz</i>	72
Figura 50 Exemplo de Código de Barra Simples	73
Figura 51 Exemplo de Código de Barras 2D.....	73
Figura 52 Leitor de Código de Barras	73
Figura 53 Percurso Transversal	77
Figura 54 Obtenção do <i>Minimum Travel</i>	78
Figura 55 Percurso completo pelo método do <i>Minimum Travel</i>	78
Figura 56 Percurso <i>Return</i>	79
Figura 57 Percurso do tipo <i>Midpoint Return</i>	79
Figura 58 Obtenção do <i>Largest Gap</i> do corredor a ser visitado.....	80
Figura 59 Percurso o tipo <i>Largest Gap</i>	80
Figura 60 Percurso do tipo <i>composite</i>	81
Figura 61 Relação biunívoca entre os níveis de gestão	85
Figura 62 Modelo de referência para a configuração do <i>picking</i>	86
Figura 63 Gerar visibilidade da cadeia de suprimentos da empresa.....	87
Figura 64 Reconhecer a configuração da cadeia de suprimentos	88
Figura 65 Processo de reconhecer os sistemas de distribuição.....	90
Figura 66 Processo de definir as políticas de atendimento.....	91
Figura 67 Processo de gerar visibilidade da cadeia de suprimentos.....	91

Figura 68 Processo de estabelecer processos e atividades nos depósitos	92
Figura 69 Definir processos e atividades no pré- <i>picking</i>	95
Figura 70 Definir processos e atividades no pós- <i>picking</i>	95
Figura 71 Processo de definir relações das atividades de fronteira com a atividade de <i>picking</i>	98
Figura 72 Definir processos gerenciais.....	99
Figura 73 Estabelecimento de processos e atividades nos depósitos	99
Figura 74 Configurar o <i>picking</i>	100
Figura 75 Processo de definir as restrições para o <i>picking</i>	103
Figura 76 Processo de definir política e configuração de armazenagem no estoque de <i>picking</i>	105
Figura 77 Processo de operacionalizar o <i>picking</i>	107
Figura 78 Processo de definir requisitos de gestão.....	108
Figura 79 Processo de operacionalizar o <i>picking</i>	109
Figura 80 Processos e subprocessos do modelo de referência para configurar o <i>picking</i>	110
Figura 81 Cenários de avaliação para a utilização do modelo.....	111

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

2D – Bidimensional

ABC – Tipo de classificação que visa separar itens em três classes, classe A, classe B e classe C. Como referência, os itens de classe A representam 20% da quantidade de itens e 80% do valor total de representatividade

AGV – *Auto-guided vehicles*

APICS – *American Production and Inventory Control Society*

ATO – *Assembly to Order*

BH – *Band Heuristic*

BIH – *Band Insert Heuristic*

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CSCMP – *Council of Supply Chain Management Professionals*

EOM – *Electric Overhead Monorail*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

ETO – *Engineering to Order*

FIFO – *First In First Out*

HD/DS – *High Density Dynamic Storage*

I/O – *Input and output*

IIE – *Institute of International Education*

LIFO – *Last In First Out*

LVA – Lugares a visitar na banda A, após a aplicação das etapas da BIH

LVB – Lugares a visitar na banda B, após a aplicação das etapas da BIH

LVC – Lugares a visitar na banda C, após a aplicação das etapas da BIH

MTH – Distância/tamanho horizontal de uma estanteira genérica

MTO – *Make to Order*

MTS – *Make to Stock*

MTV – distância/tamanho vertical de uma estanteira genérica

OCR – *Optical Character Recognition*

OTIF – *On Time In Full*

PE – Percurso Extra

PO – Pesquisa Operacional

RFID – *Radio Frequency Identification*

RTO – *Resources to Order*

S/R – *Storage and Retrieval*

S&OP – *Sales and Operations Planning*

SC – *Supply Chain*

SCM – *Supply Chain Management*

SCOR – *Supply Chain Operations Reference*

SKU – *Stock Keeping Unit*

UdC – Unidade de Carregamento

WIP – *Work in Process*

WMS – *Warehouse Management System*

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Apresentação do tema de estudo	1
1.2	Problema e justificativa	4
1.3	Questões de pesquisa e objetivo	8
1.4	Método de pesquisa	9
1.5	Estrutura do trabalho	10
2	Revisão teórica	11
2.1	A relação entre <i>Supply Chain Management</i> (SCM), a logística e o <i>picking</i>	11
2.2	Gestão de Armazenagem	20
2.2.1	Tipologia de depósitos	22
2.2.2	Sistemas de armazenagem	23
2.2.2.1	Armazenagem de produtos unitizados	24
2.2.2.2	Armazenagem de produtos individuais	32
2.2.3	Sistemas de movimentação	37
2.2.3.1	Veículos industriais	37
2.2.3.2	Equipamento para elevação e transferência	40
2.2.3.3	Transportadores contínuos	42
2.2.4	Sistema de gestão armazenagem (WMS)	44
2.3	<i>Picking</i>	47
2.3.1	O <i>picking</i> e suas tendências	47
2.3.2	O <i>picking</i> nos depósitos	50
2.3.3	Tipologia do <i>picking</i>	55
2.3.3.1	<i>Picking</i> manual ou automatizado	55
2.3.3.2	<i>Picking</i> por zonas	56
2.3.3.3	<i>Picking low level e high level</i>	58
2.3.3.4	<i>Picking</i> por lotes	66
2.3.3.5	<i>Wave picking</i>	67
2.3.3.6	<i>Bucket brigade picking</i>	67
2.3.4	Tecnologia para o <i>picking</i>	68
2.3.4.1	<i>Picking list</i> (lista para o <i>picking</i>)	68
2.3.4.2	<i>Picking-by-light</i> (<i>picking</i> por luz)	69
2.3.4.3	<i>Picking-by-voice</i> (<i>picking</i> por voz)	71

2.3.4.4	Código de barras (<i>bar code</i>)	72
2.3.4.5	Identificação por rádio frequência (RFID – <i>Radio Frequency Identification</i>).....	74
2.3.5	Definição de <i>layout</i> para o <i>picking</i>	75
2.3.6	Definição de rotas para o <i>picking</i>	76
2.3.7	Indicadores para o <i>picking</i>	81
3	Modelo de referência para o <i>picking</i>	85
3.1	Modelo de referência para a configuração do <i>picking</i>	86
3.1.1	Gerar visibilidade da cadeia de suprimentos da empresa.....	87
3.1.1.1	Reconhecer a configuração da cadeia de suprimentos.....	87
3.1.1.2	Reconhecer sistemas de distribuição	88
3.1.1.3	Reconhecer as políticas de atendimento	90
3.1.1.4	Resumo do processo de gerar visibilidade da cadeia de suprimentos da empresa.....	91
3.1.2	Estabelecer processos e atividades nos depósitos	92
3.1.2.1	Estabelecer processos e atividades do pré- <i>picking</i>	93
3.1.2.2	Estabelecer processos e atividades do pós- <i>picking</i>	95
3.1.2.3	Estabelecer relações das atividades de fronteira com a atividade de <i>picking</i>	96
3.1.2.4	Estabelecer processos gerenciais	98
3.1.2.5	Resumo do processo de estabelecer processos e atividades nos depósitos.....	99
3.1.3	Configurar o <i>picking</i>	100
3.1.3.1	Definir restrições para o <i>picking</i>	100
3.1.3.2	Definir política e configuração de armazenagem do estoque de <i>picking</i>	103
3.1.3.3	Operacionalizar o <i>picking</i>	105
3.1.3.4	Definir requisitos de gestão	107
3.1.3.5	Resumo do processo de configurar o <i>picking</i>	108
3.1.4	Processos e subprocessos do modelo de referência para a configuração do <i>picking</i>	110
3.2	Utilização do modelo conforme variação do volume (quantidade) e variedade de SKU's	111
3.2.1	Cenário de alto volume e baixa variedade	112
3.2.1.1	Fatores gerenciais para o cenário de alto volume e baixa variedade.....	113

3.2.1.2 Fatores operacionais para o cenário de alto volume e baixa variedade	114
3.2.1.3 Fatores estruturais para o cenário de alto volume e baixa variedade.....	114
3.2.2 Cenário de alto volume e alta variedade	115
3.2.2.1 Fatores gerenciais para o cenário de alto volume e alta variedade.....	115
3.2.2.2 Fatores operacionais para o cenário de alto volume e alta variedade.....	116
3.2.2.3 Fatores estruturais para o cenário de alto volume e alta variedade.....	117
3.2.3 Cenário de baixo volume e alta variedade	117
3.2.3.1 Fatores gerenciais para o cenário de baixo volume e alta variedade.....	118
3.2.3.2 Fatores operacionais para o cenário de baixo volume e alta variedade	118
3.2.3.3 Fatores estruturais para o cenário de baixo volume e alta variedade.....	119
3.2.4 Cenário de baixo volume e baixa variedade.....	120
3.2.4.1 Fatores gerenciais para o cenário de baixo volume e baixa variedade	120
3.2.4.2 Fatores operacionais para o cenário de baixo volume e baixa variedade	120
3.2.4.3 Fatores estruturais para o cenário de baixo volume e baixa variedade	121
4 Considerações finais.....	123
Referências	125

1 Introdução

Este capítulo apresenta o tema abordado nesta dissertação, define o problema e justifica o motivo deste estudo. São descritas as questões de pesquisa, o objetivo e o método de pesquisa utilizado.

1.1 Apresentação do tema de estudo

No cenário de competitividade entre as empresas, percebe-se que estas não podem ser tratadas como entidades únicas e sem relacionamentos (LAMBERT; COOPER, 2000). As empresas, dessa forma, não podem competir de forma eficiente estando isoladas (LUMMUS; VOKURKA, 1999).

A *Supply Chain Management* (SCM) propõe uma abordagem conceitual que visa integrar as empresas (considerando os diversos fluxos aos quais elas estão submetidas) com o objetivo de agregar e entregar valor para o cliente final (STOCK; BOYER, 2009).

A SCM deve considerar os diversos processos aos quais as empresas estão submetidas. Lambert (2008) propõe oito processos principais a serem gerenciados: (i) gestão do relacionamento com o cliente, (ii) gestão de relacionamento com o fornecedor, (iii) gestão de serviço com o cliente, (iv) gestão da demanda, (v) atendimento do pedido, (vi) gestão do fluxo da manufatura, (vii) desenvolvimento do produto e comercialização e (viii) gestão de retorno. A Figura 1 mostra os oito processos.

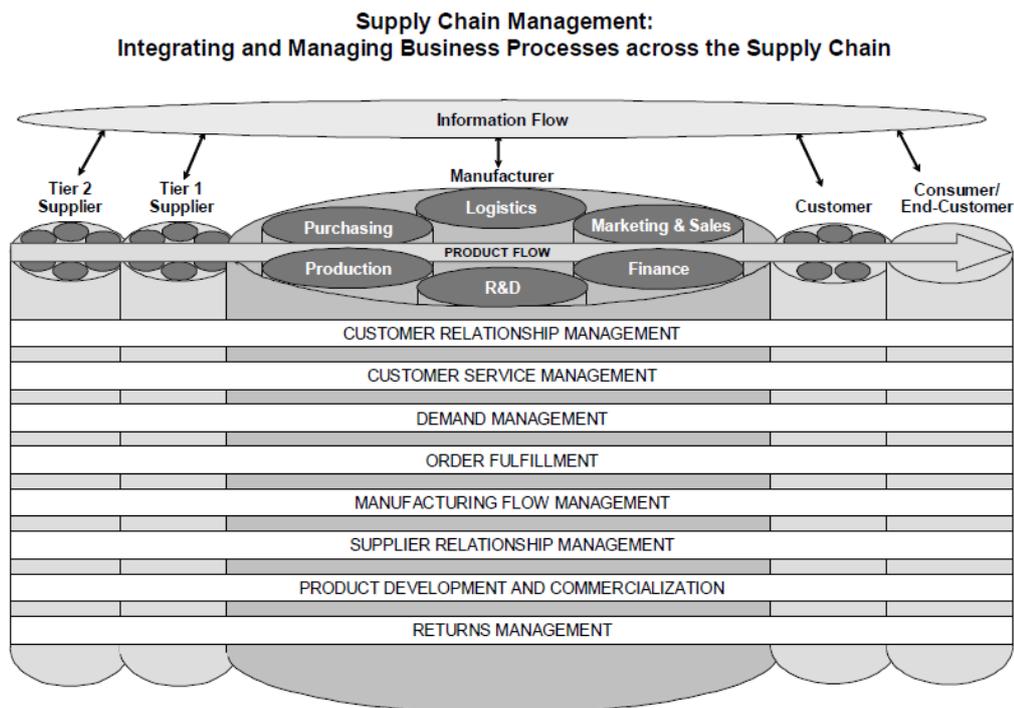


Figura 1 – Processos da SCM (Fonte: LAMBERT, 2008)

Com a análise da Figura 1, proposta por Lambert (2008), percebe-se que a Logística (uma atividade que existe em todas as empresas da *Supply Chain*) é uma das funções que devem ser integradas por meio de processos (existem, ainda, outras funções previstas, como compras, produção, pesquisa e desenvolvimento, finanças, vendas e *marketing*). Ballou (2010) cita que a Logística (foco deste trabalho, uma vez que o *picking* faz parte da Logística) é uma das funções da SCM que visa aumentar o nível de integração (*matching*) entre a produção e a demanda.

A atividade da Logística é influenciada por diversos fatores do ambiente competitivo atual, a citar (BALLOU, 2010):

- ✓ Aumento da competição internacional;
- ✓ Alterações populacionais;
- ✓ Crescente escassez de recursos.

Esses fatores fazem com que as atividades presentes na Logística estejam envolvidas por incertezas. Nilsson (2006) destaca quatro dimensões de incertezas que a Gestão da Logística deve lidar:

- ✓ **Expectativas e demanda dos clientes:** esta dimensão reflete o aumento e a mudança do padrão de consumo. O principal indicador utilizado para medir o nível de serviço é o OTIF (*on time in full*), mostrando se o pedido foi entregue na quantidade e no prazo esperado pelo cliente;
- ✓ **Processos internos:** é necessário que exista a integração entre as diversas áreas da empresa. Nilsson (2006) relata que a maior dificuldade de integração é entre Vendas/Marketing e Logística. O processo de S&OP (*Sales & Operations Planning*) visa integrar os planos dessas áreas, promovendo uma maior visibilidade de limitações, problemas, mudanças de planejamento e necessidade de planos de contingência para ambas as áreas (FENG; D'AMOURS; BEAUREGARD, 2008). Segundo Feng, D'Amours e Beauregard (2008) o processo de S&OP tem uma periodicidade mensal, está localizado no nível tático de planejamento e trabalha com famílias de produtos, cujo principal objetivo é garantir a integração dos planos da empresa de forma a atingir os resultados esperados do planejamento estratégico;
- ✓ **Fatores humanos:** as fábricas são entidades vivas e dependem fortemente de pessoas. As pessoas influenciam todas as atividades presentes em qualquer organização e isto não é diferente para a Logística. Quando se pensa em pessoas,

deve-se levar em consideração a possibilidade de erros, emoções e objetivos individuais, que trazem incertezas para a atividade da Logística;

- ✓ **Tendências gerais:** essas tendências são os novos processos, novas tecnologias, novos comportamentos de demanda, novos produtos e novos comportamentos de pessoas. Incertezas surgem para a atividade da Logística, uma vez que é impossível de prever com exatidão estas tendências.

As incertezas destacadas estão sintetizadas na Figura 2.

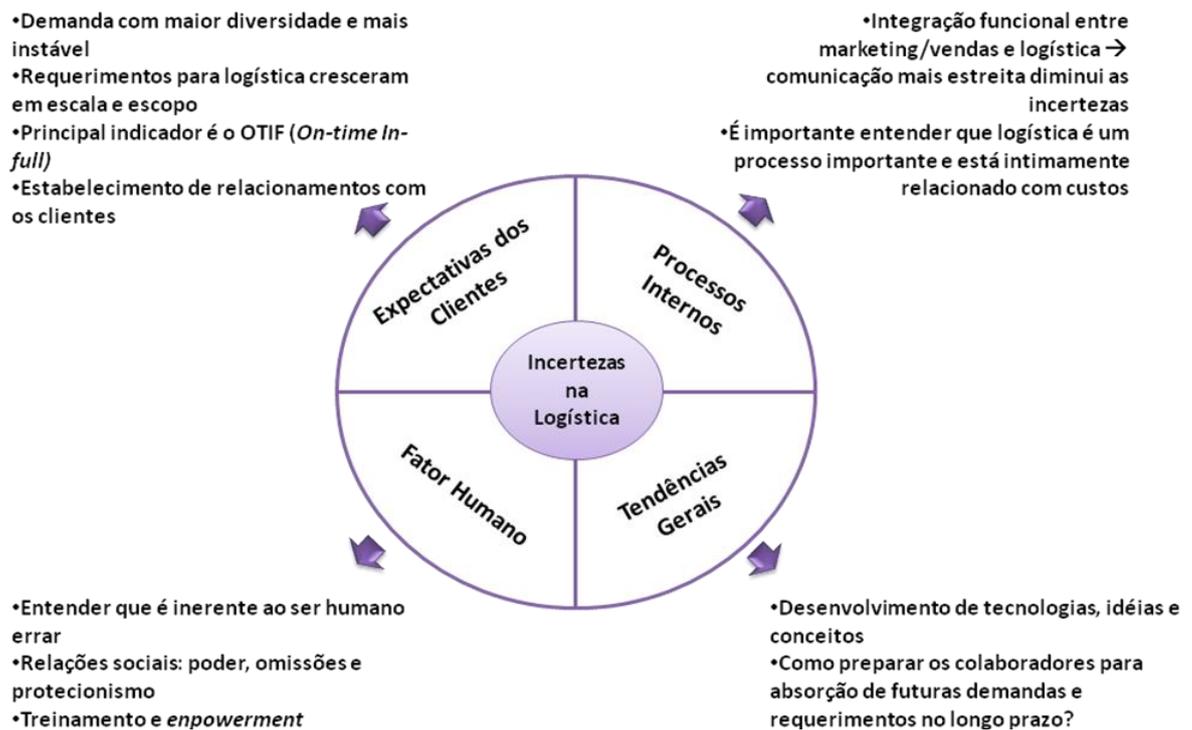


Figura 2 – Incertezas presentes na Logística (Fonte: adaptado de NILSSON, 2006)

Dentro das subatividades da Logística, considerando a Gestão de Distribuição Física e a Gestão de Armazenagem, um local de atuação, e que está sujeito às questões previamente discutidas, é o depósito. Os depósitos podem estar presentes dentro das fábricas ou serem caracterizados como centros de distribuição, depósitos periféricos, armazéns regionais, ou qualquer outra forma anexa ao *loco* manufatureiro.

Nestes depósitos, existe uma gama de atividades de armazenagem e movimentação de materiais que faz parte do escopo da Logística. Uma atividade de importância, e que foi o foco deste trabalho, é o *picking*.

O *picking* é uma das atividades presentes nos depósitos que possui a importância de disponibilizar o produto para o cliente, conforme o seu pedido, e influencia diretamente no fluxo de produtos e materiais dentro do contexto da cadeia de suprimentos.

O tema desta dissertação é a Logística, com foco na movimentação interna, na estocagem de materiais e na formação de cargas, que caracteriza o *picking*. Assim, o propósito deste estudo é a proposta de um modelo de referência para a configuração de um sistema de *picking*.

1.2 Problema e justificativa

A atividade de *picking* é a responsável por retirar o produto (para este trabalho será considerado como SKU - *Stock Keeping Unit*) do estoque e disponibilizá-lo para a entrega, conforme o pedido do cliente. Em 1996 foi realizado um estudo que comprovou que essa atividade era responsável por cerca de 50 a 75% do custo total de operação de um depósito (COYLE³ et al., 1996 apud PETERSEN; AASE, 2004). Considerando a tendência atual de aumento de SKU's, que significa uma maior variedade de itens (*mix* de produtos), o *picking* tende a apresentar uma participação ainda maior no custo total, pois o cliente tende a realizar solicitações com quantidades maiores de SKU's diferentes por pedido (MANZINI et al. 2007).

Com o objetivo de verificar as publicações sobre *picking*, foi executada uma pesquisa no Portal de Periódicos da CAPES.

Para início da pesquisa, foi inserido o termo "*picking*" no campo de pesquisa relacionado aos assuntos. No entanto, esse termo se mostrou amplo, englobando temas que não eram de interesse da pesquisa. De forma a buscar artigos diretamente relacionados ao foco de estudo deste trabalho, foram aplicados os seguintes filtros (conforme padronização fornecida pela ferramenta de pesquisa oferecida pela CAPES):

- (i) Simulação;
- (ii) *Picking* de ordens;
- (iii) Armazenagem;
- (iv) Equipamento de manuseio de materiais;
- (v) *Order batching*; e

³ COYLE, J. J., BARDI, E. J., LANGLEY, C. J., **The Management of Business Logistics**, 6th Edition. West Publishing: 1996.

(vi) Gestão de armazenagem.

O resultado desta pesquisa está presente na Tabela 1 e na Tabela 2.

Tabela 1 – Total de artigos relacionados ao termo “*picking*”

Total de artigos relacionados ao termo <i>picking</i>	347.482
Total de artigos relacionados ao termo <i>picking</i> e relacionados ao foco do trabalho	1.093

Tabela 2 – Divisão dos artigos pelos temas selecionados

Tema	Total de Artigos
Total	1093
<i>Picking</i> de ordens	357
Simulação	285
Armazenagem	266
Equipamentos de movimentação de materiais	149
<i>Order batching</i>	20
Gestão de Armazenagem	16

Como forma de conhecer o tipo de publicações que tratam de *picking*, foi elaborada a Tabela 3, que mostra a divisão por tipo de documento publicado.

Tabela 3 – Tipo de publicações científicas sobre o tema

Tipo de documento	Total de Artigos
Artigos	946
Atas de congresso	100
Artigos de Jornal	32
Resenhas	7
Documentos jurídicos	3
Audiovisual	3
Recursos textuais	2

Do total de artigos apresentados, a distribuição temporal destas publicações está apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição temporal das publicações sobre o tema

Período	Total de Artigos	Média de Artigos publicados por ano
Até 1984	22	Não se aplica
De 1984 até 1991	87	12
De 1991 até 1998	183	26
De 1998 até 2005	256	37
De 2005 até 2012	545	78

Pela análise da Tabela 4 percebe-se que houve um aumento de interesse de estudo pelo tema de pesquisa *picking*, apresentando expansão nos últimos anos. Este é um ponto favorável de justificativa do estudo desejado com esta dissertação, uma vez que o tema vem ganhando interesse científico.

No entanto, apesar do interesse e crescimento das publicações, é necessário entender qual é o foco de estudo sobre *picking*, ou seja, quais assuntos vêm sendo tratados no âmbito deste estudo.

Um primeiro ponto de análise foi conhecer em quais *journals* os artigos, quantificados nas tabelas anteriores desta subseção, foram publicados. A Tabela 5 mostra os *journals* em que os assuntos sobre *picking* foram publicados e a porcentagem referente à quantidade de publicações para cada *journal*.

O fator de impacto dos *journals* apresentados na Tabela 5 está presente na Tabela 6. Como pode ser visto, são *journals* de importância, justificando a qualidade de referência deste trabalho, uma vez que muitos dos artigos utilizados fazem parte deste universo de publicação apresentado.

Tabela 5 – *Journals* que tiveram publicações sobre o *picking*

<i>Journals</i>	Porcentagem de Publicação
International Journal of Production Economics	22%
European Journal of Operational Research	21%
IIE Transactions	14%
Computers & Industrial Engineering	13%
International Journal Of Advanced Manufacturing Technology	5%
International Journal of Operations & Production Management	5%
Journal of the Operational Research Society	5%
Expert Systems With Applications	4%
Computers And Operations Research	3%
Management Science	3%
Production and Operations Management	3%
Harvard Business Review	1%
International Journal of Logistics Systems and Management	1%
Journal of Manufacturing Technology Management	1%
Computer Graphics Forum	1%
Information Technology Journal	1%

Tabela 6 – Fator de impacto por *journal*

Journals	Fator de impacto	Ano de Referência
Expert Systems With Applications	2,203	2011
European Journal of Operational Research	1,815	2011
International Journal of Production Economics	1,760	2011
Management Science	1,733	2011
Computer Graphics Forum	1,636	2011
Computers & Industrial Engineering	1,589	2011
Production and Operations Management	1,301	2011
Harvard Business Review	1,269	2011
International Journal of Operations & Production Management	1,127	2011
International Journal Of Advanced Manufacturing Technology	1,103	2011
Journal of the Operational Research Society	0,971	2011
IIE Transactions	0,856	2011
Computers And Operations Research	-	-
Information Technology Journal	-	-
International Journal of Logistics Systems and Management	-	-
Journal of Manufacturing Technology Management	-	-

Conhecido o local de publicação e a relevância científica dos artigos, o próximo passo foi saber qual o foco de estudo desses artigos. Como pode ser visto na próxima subseção, o objetivo deste trabalho é a proposta de um modelo de referência para a configuração do *picking*. Assim, para verificar a existência de um modelo de referência para a configuração do *picking*, foi inserido o termo “*model*” (no universo de artigos relacionados ao tema deste trabalho) e foram examinados os resumos dos artigos relacionados.

A busca retornou um total de duzentos e cinco artigos com a combinação das palavras-chave *picking* e *model* no universo de artigos sobre o tema. No entanto, o resultado não contemplava somente artigos que continham em seu conteúdo a criação de um modelo. O total de artigos que consideravam a criação de um modelo relacionado ao *picking* foi de quarenta e seis artigos. A Tabela 7 mostra a divisão dos artigos pelos modelos propostos.

O modelo que ficou mais próximo do proposto neste trabalho esteve presente no artigo *Design of order picking system* publicado em 2009 por Dallari e colaboradores (DALLARI; MARCHET; MELACINI, 2009). No entanto, o artigo não abordou de forma gerencial o sistema de *picking* em si, caracterizando-se como uma modelo de classificação (e não de referência para a configuração do sistema de *picking*).

Tabela 7 – Quantidade de artigos por tipo de modelo proposto para o *picking*

Tipo de modelo	Quantidade de artigos
Total	46
Modelo de simulação ou matemático para determinar a estratégia/projeto de <i>picking</i>	12
Modelo para reabastecimento do estoque de <i>picking</i>	6
Modelo para criação de lotes	5
Modelo para melhora de performance de depósitos automatizados	5
Modelo para sequenciamento e criação de lotes de <i>picking</i>	4
Modelo para definição de rotas	3
Modelo para configurar as zonas de <i>picking</i>	3
Modelo para criação de lotes e zonas de <i>picking</i>	1
Modelo para número de corredores e quantidade de estoque	1
Modelo para minimizar visitas às zonas de <i>picking</i>	1
Modelo para criação de lotes e reabastecimento do estoque de <i>picking</i>	1
Modelo para criação de <i>picking</i> manual	1
Modelo referente à política de atendimento de revisão periódica	1
Modelo para o tempo de ciclo ótimo para o <i>picking</i>	1
Modelo para configurar o sistema de <i>picking</i> ⁴	1

Os outros modelos, apresentados na Tabela 7, focam em processos / abordagens específicas do *picking*, sendo que, na sua maioria, possuem um viés mais matemático e de programação do que um viés gerencial, como proposto neste trabalho. Assim, justifica-se a construção de um modelo para a configuração do sistema de *picking*, visto que é uma atividade de importância nos depósitos e não possui um modelo de referência publicado cientificamente para a sua configuração.

1.3 Questões de pesquisa e objetivo

Conforme visto na seção anterior, os modelos para o *picking* vêm sendo estudados com foco em modelagem matemática ou simulação e não com foco em uma abordagem gerencial. Assim, as questões de pesquisa tratadas nesta dissertação foram:

⁴ Artigo publicado por Dallari, Marchet e Melacini (2009).

- ✓ Existe um modelo de referência para a configuração de um sistema de *picking*?
- ✓ É possível criar um modelo de referência para configurar um sistema de *picking*, que contemple as premissas da Logística de prazo, qualidade e custo?

Com base nestas questões de pesquisa, o objetivo a ser atingido com este trabalho foi:

- ✓ Propor um modelo de referência para a configuração de um sistema de *picking*.

1.4 Método de pesquisa

Este trabalho está classificado com base em dois diferentes critérios: (i) método utilizado e (ii) abordagem adotada.

Diferentes métodos podem ser utilizados para realizar pesquisas no âmbito da Engenharia de Produção. Nakano (2010) cita as seguintes possibilidades (classificação próxima a proposta por Gupta, Verma e Victorino em 2006):

- (i) Levantamento tipo *survey*;
- (ii) Estudo de caso;
- (iii) Modelagem;
- (iv) Simulação;
- (v) Estudo de campo;
- (vi) Experimento; e
- (vii) Teórico/conceitual.

A pesquisa deste trabalho se enquadra na categoria **teórico/conceitual**. Assim, a partir de discussões conceituais e de informações de artigos sobre o tema, foi construído um modelo de referência (modelagem conceitual) para a configuração do *picking*.

A abordagem desta pesquisa é tipicamente **qualitativa**. Bryman⁵ (1989) apud Martins (2010) cita que a ausência de quantificação não é o divisor de águas entre a abordagem quantitativa ou qualitativa, mas sim que, na abordagem qualitativa, existe uma ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado.

⁵ BRYMAN, A. *Research Methods and organization studies*. Londres: Unwin Hyman, 1989.

Assim, na construção do modelo de referência, apesar de estar sendo baseada em artigos e publicações científicas sobre o tema, existe a interpretação dos autores de como estruturar os dados e informações de uma forma lógica e que permita gerar uma sequência exequível para configurar o *picking*.

As características da pesquisa qualitativa e que estão presentes neste estudo são (características citadas por Bryman⁶, 1989 apud Martins, 2010):

- (i) Interpretação subjetiva (existe a visão dos autores na concepção do modelo de referência);
- (ii) Proximidade com o fenômeno estudado (o foco é no *picking* e o autor já vivenciou tanto na teoria como na prática situações sobre o tema).

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho foi estruturado em quatro capítulos:

- ✓ **Capítulo 1:** este capítulo, que possui um caráter introdutório, é dividido em cinco subseções, em que são apresentados uma breve apresentação do tema de estudo, o problema e a justificativa, as questões de pesquisa, o objetivo e a metodologia utilizada;
- ✓ **Capítulo 2:** neste capítulo é realizado um posicionamento teórico do *picking*, localizando-o e identificando-o frente aos conceitos de *Supply Chain Management* (SCM) e de Logística. Após este posicionamento, é realizada uma revisão bibliográfica sobre o *picking* em si, considerando os seguintes pontos: (i) visão geral sobre o *picking*, (ii) tecnologia aplicada no *picking*, (iii) definição de *layout*, (iv) definição de rotas e (v) indicadores para o *picking*.
- ✓ **Capítulo 3:** este capítulo é dedicado ao desenvolvimento do modelo de referência, conforme o objetivo proposto deste trabalho;
- ✓ **Capítulo 4:** neste último capítulo, de forma a concluir o trabalho, são apresentadas as considerações finais, mostrando os principais resultados, a principal limitação e os futuros estudos que este trabalho pode proporcionar.

⁶ BRYMAN, A. *Research Methods and organization studies*. Londres: Unwin Hyman, 1989.

2 Revisão teórica

Este capítulo possui os seguintes objetivos:

- (i) Posicionar teoricamente o *picking* (partindo da visão da *Supply Chain Management*, mostrando a participação da Logística e focando no *picking*);
- (ii) Apresentar conceitos de gestão de armazenagem, detalhando sistemas de estocagem de produtos, sistemas de movimentação de produtos e tecnologia de informação para a armazenagem;
- (iii) Explicar sobre o conceito de *picking* e suas tendências, o *picking* e as atividades nos depósitos, tipologia do *picking*, tecnologia do *picking*, definição de *layouts*, rotas e indicadores para *picking*.

2.1 A relação entre *Supply Chain Management* (SCM), a logística e o *picking*

As empresas não podem mais ser tratadas como entidades isoladas dentro do ambiente competitivo (LUMMUS; VOKURKA, 1999). A *Supply Chain Management* (SCM) se apresenta como um modelo competitivo para as empresas (PIRES, 2004), sendo caracterizada por uma abordagem que liga o processo produtivo, o mercado, compras, vendas e toda a rede de distribuição de forma a satisfazer às necessidades do cliente final (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010 e ARNOLD; CHAPMAN, 2004). O “*ponto chave em SCM é que todo o processo deve ser visto como um único sistema*” (LUMMUS; VOKURKA, 1999, pg. 12). A competição de marca *versus* marca, loja *versus* loja, empresa *versus* empresa é, dessa forma, expandida para *Supply Chains versus Supply Chains*. SCM pode ser considerada uma nova forma de gerenciar os negócios (LAMBERT; COOPER, 2000).

Diversos fatores tornam a SCM desafiadora (SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY; SIMCHI-LEVI, E., 2003):

- ✓ A gestão da cadeia de suprimentos leva em consideração que toda planta/instalação tem impacto no custo e tem um papel fundamental para que o produto atenda às necessidades do cliente;
- ✓ O objetivo da gestão da cadeia de suprimentos é ser eficiente considerando o sistema como um todo. Deve-se ter uma visão global e não local, se beneficiando de uma visão sistêmica;

- ✓ Devido à gestão da cadeia de suprimentos considerar uma integração eficiente entre os elos da cadeia, é necessário levar em consideração os diferentes níveis de atividades, desde o estratégico até o operacional.

Para o estudo no âmbito da SCM é necessário adotar uma empresa foco (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010). Existem, desta forma, fornecedores de primeira camada, segunda camada, terceira camada e assim por diante, dependendo da característica e proximidade de relacionamento com a empresa foco. O mesmo acontece com os clientes, que podem ser de primeira camada, segunda camada e assim por diante. Os clientes das empresas foco se encontram em um sentido a jusante e os fornecedores da empresa foco se encontram em um sentido a montante. Mentzer et al. (2001) consideram três tipos de Cadeias de Suprimento (*SC – Supply Chain*), a depender de sua extensão:

- ✓ **SC direta:** considera apenas a empresa foco, o seu fornecedor e o seu cliente, conforme Figura 3.



Figura 3 – SC Direta (Adaptado de MENTZER et al., 2001)

- ✓ **SC estendida:** considera a empresa foco, o seu fornecedor e o fornecedor do seu fornecedor, bem como o cliente e o cliente do seu cliente, conforme Figura 4.

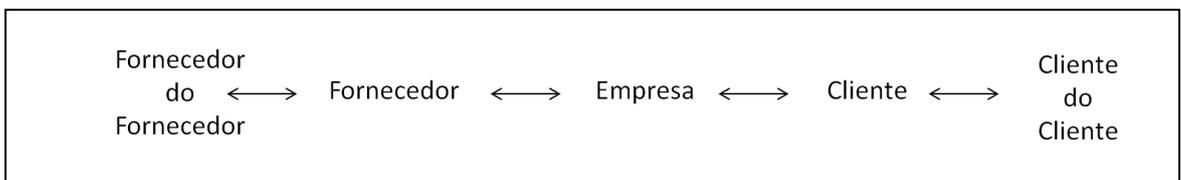


Figura 4 – SC Estendida (Adaptado de MENTZER et al., 2001)

- ✓ **SC final:** considera os fornecedores e clientes, bem como terceiros e prestadores de serviços que fazem parte da cadeia, conforme Figura 5.

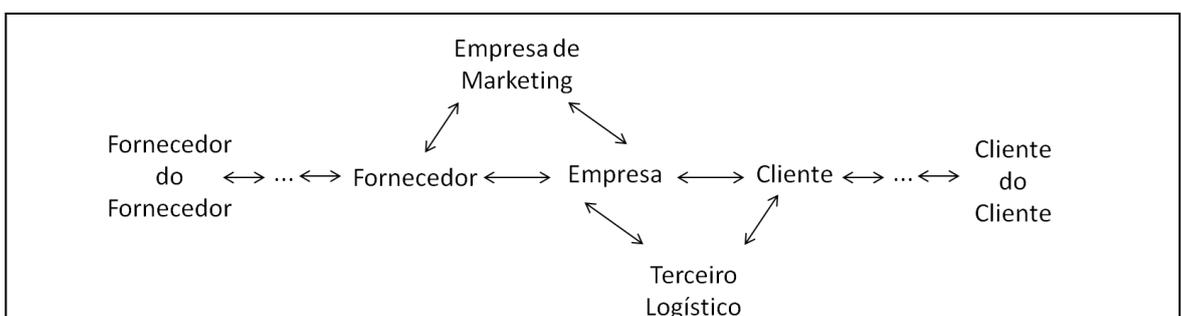


Figura 5 – SC Final (Adaptado de MENTZER et al., 2001)

Stock e Boyer (2009) alertam que, devido ao aumento de publicações sobre SCM, a falta de uma definição clara e compreensiva deste conceito torna mais difícil o trabalho de executivos, uma vez que o *benchmarking* relacionado aos indicadores, processos, responsabilidades e recursos humanos fica mais difícil de ser executado. Esse impacto pode ser expandido também para termos científicos, uma vez que as pesquisas são influenciadas diretamente por essa falta de definição. Ambos os autores executaram uma pesquisa bibliográfica e revisaram 173 diferentes definições de SCM, abordando os principais artigos e livros do tema. Chegaram à seguinte definição (STOCK; BOYER, 2009):

SCM é “a gestão de uma rede de relacionamentos dentro de uma firma e entre organizações independentes e unidades de negócio que consiste no fornecimento de materiais, compras, infraestrutura produtiva, Logística, marketing e sistemas relacionados que facilitam o fluxo de materiais, serviços e informação, desde o produtor original até o consumidor final com o benefício de agregar valor, maximizando lucros através de eficiência e atendendo a satisfação do consumidor.”

Essa definição está de acordo com o propósito desta dissertação, ou seja, a Logística faz parte da SCM (BALLOU, 2006), podendo ser considerada como uma das partes mais visíveis dentro desse tema (PIRES, 2004), conforme pode ser visto na Figura 6.

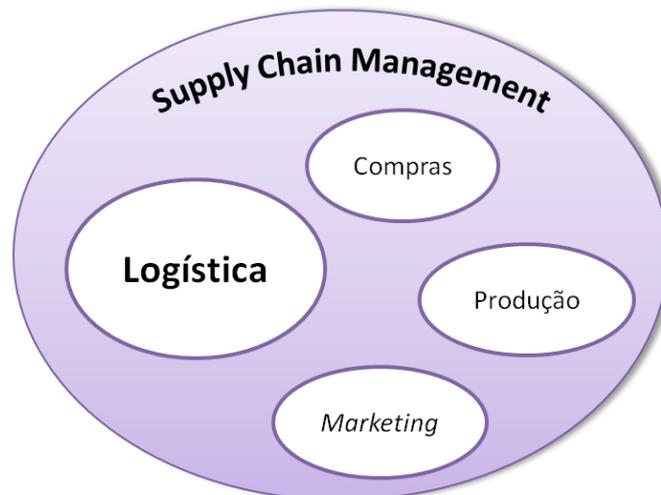


Figura 6 – *Supply Chain Management* e Logística (Fonte: BOZUTTI e COSTA, 2010)

No entanto, existem outras áreas que também são importantes dentro da SCM como, por exemplo, *marketing*, compras e produção (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010 e STOCK; BOYER, 2009). A Logística é responsável pela gestão do fluxo de

materiais e informação através da *Supply Chain* (LAMBERT; COOPER, 2000). Sendo assim, é um dos pontos a serem tratados de forma a atingir aos objetivos previstos nesse modelo de gestão (BALLOU, 2006) e forma um dos pilares a serem sustentados e desenvolvidos para o sucesso de toda a cadeia.

Ballou (2010) trata a atividade da Logística como Logística Empresarial. Ele a define da seguinte forma:

"A Logística Empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável" (BALLOU, 2010, p. 24).

Ballou (1995) define as atividades presentes na Logística como primárias e de apoio. As atividades primárias possuem papel fundamental para atingir os objetivos logísticos e são elas: Transporte, Gestão e Manutenção de Estoques e Gestão, Atendimento e Processamento de Pedidos, como pode ser visto na Figura 7. As atividades de apoio visam suportar as atividades primárias e são elas: armazenagem, manuseio de materiais, embalagem, aquisição, programação de distribuição do produto e gestão e manutenção da informação.



Figura 7 – Atividades primárias da Logística (Adaptado de: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

Bowersox e Closs (2001) citam que *"a logística empresarial inclui todas as atividades de movimentação de produtos e a transferência de informações de, para e entre participantes de uma cadeia de suprimentos"* (BOWERSOX; CLOSS, 2001, p. 13). Completam ainda dizendo que *"o objetivo da logística é tornar disponível produtos e*

serviços no local onde são necessários, no momento em que são desejados" (BOWERSOX; CLOSS, 2001, p. 19).

Grawe (2009) cita que a Logística tem o papel fundamental de entregar produtos no local onde são requisitados. O mesmo autor considera a definição de Logística adotada pelo CSCMP (*Council of Supply Chain Management Professionals*):

A Logística é "o processo de planejar, implementar e controlar procedimentos para a eficiência e efetividade do transporte, armazenagem de bens (incluindo serviços) e as informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender as requisições dos clientes. Esta definição inclui movimentos de entrada, saída, internos e externos." (CSCMP, 2010⁷).

A SCM e a Gestão da Logística estão cada vez mais complexas, o que implica na necessidade de novas abordagens e modelos de forma a suportar os gestores a ganharem visibilidade dos processos logísticos dentro da organização. Saber lidar com as incertezas presentes na SCM pode gerar ganhos competitivos para a organização (NILSSON, 2006).

Até o momento foram apresentados os conceitos de SCM e Logística. A Logística faz parte da SCM e é necessária para o atendimento do cliente final. Conforme visto nas definições apresentadas, uma das responsabilidades da Logística é o fluxo de materiais. Uma atividade presente na Logística e que interfere diretamente no fluxo de materiais é a Gestão da Distribuição Física.

A Gestão da Distribuição Física visa gerenciar atividades associadas com a movimentação de materiais (normalmente bens acabados). Tais atividades são: (i) transporte, (ii) armazenagem, (iii) controle de estoque, (iv) manuseio de materiais, (v) administração de ordens, (vi) análise de localidade dos depósitos e (vii) atividades administrativas (APICS, 2005).

Conforme visto, o transporte é uma das atividades a ser gerenciada nos processos da Gestão da Distribuição Física. Tibben-Lembke e Rogers (2006) identificaram alguns fatores que devem ser levados em consideração para a definição do tipo de transporte que será utilizado pela empresa:

- ✓ **Quantidade a ser carregada:** deve ser considerada a quantidade de produtos a serem carregados *versus* a capacidade e disponibilidade do modal de transporte. A

⁷ Glossário disponível no site. Acesso no dia 26 de Dezembro de 2012 (<http://cscmp.org>).

opção que traz mais complexidade é quando a quantidade a ser transportada não satura completamente o caminhão, seja por volume ou por peso. Normalmente, em outros modais, a exemplo do aeroviário ou hidroviário, é muito raro que ocorra uma saturação completa.

- ✓ **Data de carregamento e de entrega:** este fator é importante principalmente quando se contrata serviços de transporte terceirizado. No caso do modal rodoviário, pode ser que se tenha uma frota a disposição da empresa contratante (caso o custo valha a pena frente a necessidade de utilização) ou tenha que se negociar datas ou janelas específicas para o carregamento e entrega. Outros modais de transporte, como, por exemplo, o hidroviário e o ferroviário, possuem horários de partidas específicos (quando é um serviço contratado), dessa forma, a empresa deve possuir uma programação que atenda a estas especificidades. Deve-se atentar para a disponibilidade da data para o carregamento na unidade produtiva e deve-se levar em consideração (considerando também o tempo de transporte) a disponibilidade de entrega no cliente na data acordada.
- ✓ **Flexibilidade da janela de carregamento e entrega:** a depender da capacidade de carregamento e da frequência de carregamento, seja na unidade produtiva, seja no centro de distribuição, ou seja no cliente, pode ser que exista uma maior ou uma menor flexibilidade para a definição de datas e horários para que o carregamento e a entrega sejam executados. Conceito representado na Figura 8.

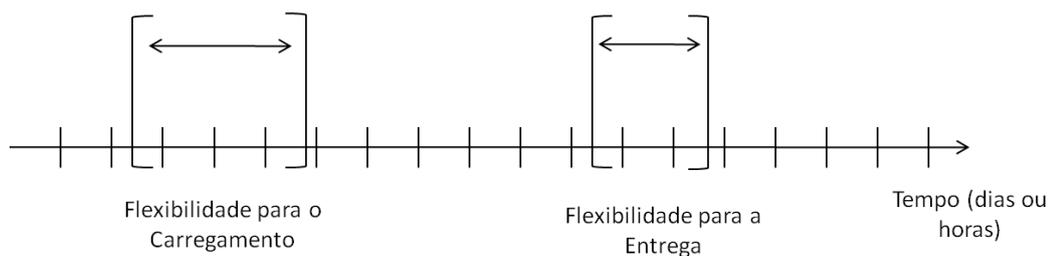


Figura 8 – Flexibilidade para o Carregamento e Entrega (Adaptado de: Tibben-Lembke e Rogers, 2006)

- ✓ **Data de decisão do transporte (*drop dead date*):** a data de decisão do transporte é a última data possível para fechar o acordo de transporte de forma que não afete o carregamento e a entrega do produto no cliente. Esta data está representada na Figura 9.

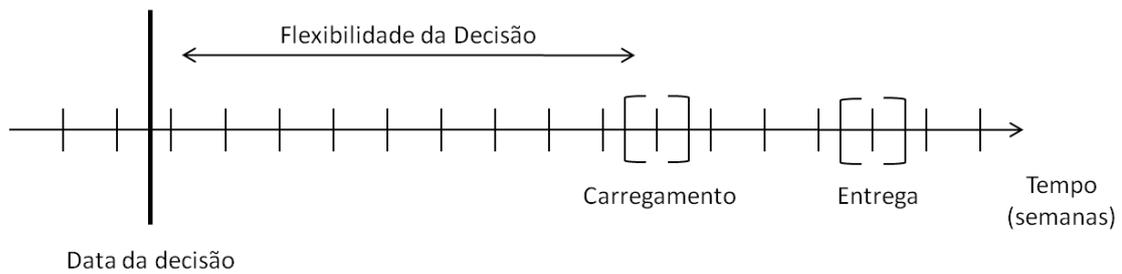


Figura 9 – *Drop dead Date* - Data de decisão (Adaptado de: Tibben-Lembke e Rogers, 2006)

- ✓ **Origem e destino do carregamento:** a depender da localidade de onde os produtos devem ser carregados e da localidade de onde devem ser entregues, podem estar disponíveis diferentes tipos de modais de transporte ou existir restrições de alguns. A análise de utilização de um ou de outro modal ou da utilização de multimodalidade deve ser feita e levar em consideração os objetivos, ou seja, flexibilidade, custo e tempo de entrega.
- ✓ **Penalidades por falhas no carregamento:** pode ser que exista o descumprimento, em caso de contratação de transporte, do acordado por ambas as partes, ou seja, por parte da transportadora ou por parte do solicitante. Deve-se levar em consideração as penalidades impostas *versus* a confiabilidade do sistema logístico presente na cadeia de suprimentos.
- ✓ **Preço do transporte:** o preço do transporte pode ser composto por diversos fatores, o transporte em si, a qualidade do serviço, o comprometimento com as datas acordadas, a confiabilidade e a presença ou não de seguro contra sinistros. Deve-se levar em consideração o serviço necessário e o preço final do produto para o cliente.

Segundo Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) os sistemas de distribuição estão em permanente evolução. Os relacionamentos mais tradicionais eram mais simples e lineares, ou seja, os produtos saíam da unidade produtiva, iam para os centros de distribuição, depois para os depósitos periféricos até atingir o cliente final. A evolução se dá nessa perda de linearidade no sistema de distribuição, por exemplo, unidades produtivas atenderem clientes finais diretamente, sem passar por centros de distribuição ou depósito periféricos. Isto está ilustrado na Figura 10.

Alguns autores consideram um passo à frente na evolução do desenho dos sistemas de distribuição o *Hub & Spoke Approach*. O objetivo final desta forma de arranjo é gerar

mais agilidade por simplificação das relações entre centros de distribuição e depósitos periféricos.

Segundo Lumsden, Dallario e Ruggeri (1999) o *Hub and Spoke Approach* pode ser usado em sistemas logísticos nos quais existam poucas rotas principais e um fluxo consistente em ambas as direções, significando nenhuma distinção entre os nós de partida e de chegada. Estes autores mostram diferentes tipos de desenho do sistema de distribuição e como estimar o número de ligações entre os participantes, como mostrado na Figura 11.

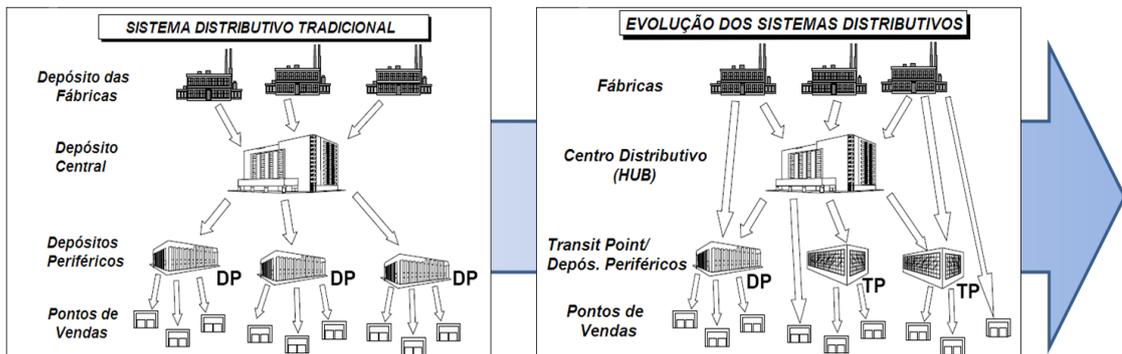


Figura 10 – Evolução dos sistemas de distribuição (Adaptado de BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

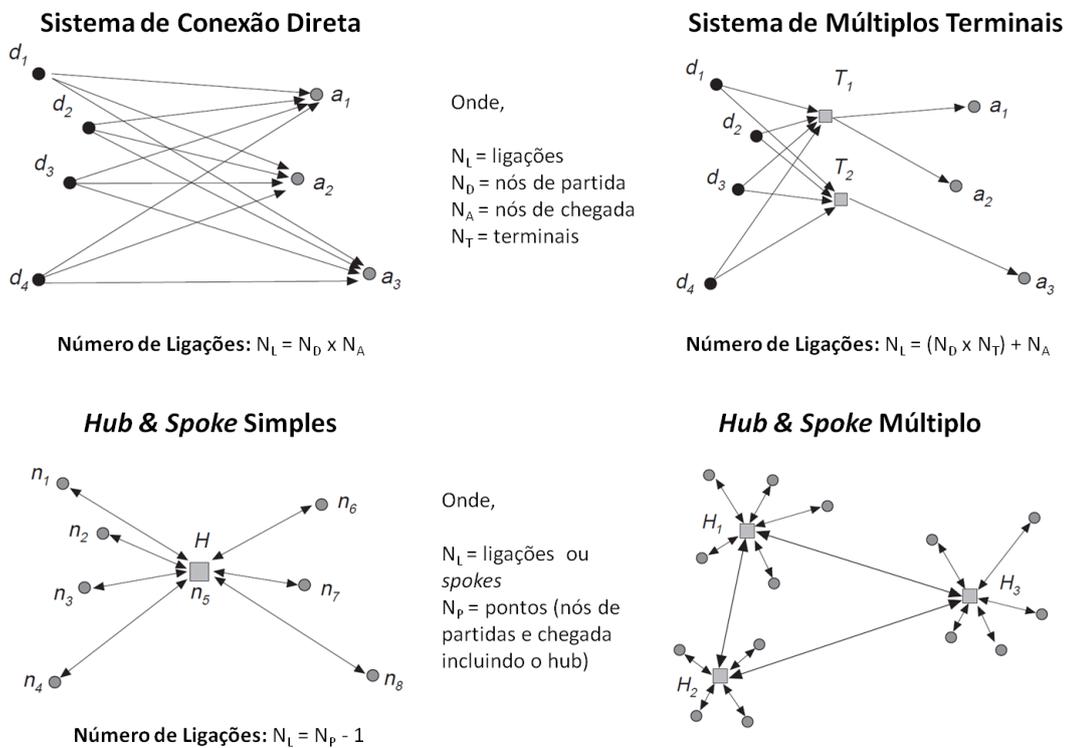


Figura 11 – Sistemas de Distribuição (Adaptado de Lumsden, Dallari e Ruggeri, 1999)

Lumsden, Dallari e Ruggeri (1999) citam em seu trabalho que, considerando as situações em que o *Hub & Spoke Approach* pode ser aplicado com efetividade (conforme mencionado anteriormente), grandes ganhos podem provir deste sistema, ou seja:

- ✓ Simplificação nos fluxos da cadeia devido à diminuição do número de ligações;
- ✓ Aumento na taxa de saturação de carga no transporte (normalmente caminhões, carretas, *trucks*), gerando otimização dos custos de frete;
- ✓ Aumento na frequência de transporte, ou seja, possibilitando carregamentos com maior diversidade e menor quantidade (conforme tendência da Logística e da SCM).

Dentro do conceito de Gestão da Distribuição Física existe o conceito de Gestão de Armazenagem, uma atividade necessária de ser executada dentro dos depósitos (BALLOU, 2010). A seção 2.2 tratará com maiores detalhes desta atividade.

O *picking*, sendo uma das atividades realizadas a serem gerenciadas dentro dos depósitos (presente, portanto, na Gestão da Armazenagem), tem papel fundamental para a satisfação do cliente. É com ele que SKU's são retirados do depósito e combinados de forma a atender aos pedidos dos clientes. Uma vez que os clientes estão demandando cada vez mais diversos tipos de produtos em uma única ordem de venda, a atividade de *picking* se torna cada vez mais complexa e cada vez mais importante dentro dos depósitos.

A atividade de *picking* faz parte e pode ser considerada um processo dentro da Logística (BOZUTTI; COSTA, 2010) e esta pode ser considerada um subsistema dentro da SCM, como pode ser visto na Figura 12. Dessa forma, qualquer impacto negativo dentro do *picking* terá um efeito negativo na Logística que por sua vez terá um impacto negativo na SCM. Da mesma forma, qualquer impacto positivo no *picking*, terá impactos positivos na Logística e na SCM. Caso os impactos positivos ou negativos ocorram no nível da SCM ou da Logística, estes só interferirão no *picking* caso estes impactos tenham alguma relação com a atividade do *picking* em si.

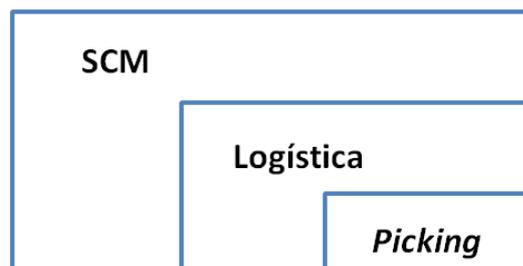


Figura 12 – Relação entre *Picking*, Logística e SCM (Fonte: BOZUTTI e COSTA, 2010)

Esta subseção mostrou a sua importância para o entendimento do ambiente competitivo no qual a empresa está inserida (e que será um dos macroprocessos do modelo a ser proposto para a configuração do *picking*). Ao analisar a atividade de *picking*, e entender que esta faz parte da Gestão da Armazenagem, que por sua vez faz parte da Gestão Física de Produtos, que é importante para atender aos objetivos da Logística e da SCM, as ações tomadas sobre o *picking* possuirão maior consistência com os objetivos da empresa no ambiente ao qual ela está inserida.

2.2 Gestão de Armazenagem

O *picking* é uma atividade que está dentro do escopo da Logística, mais especificamente da movimentação e armazenagem de materiais. A gestão de armazenagem interfere diretamente na atividade do *picking*, sendo necessário verificar com mais detalhes este conceito.

A armazenagem pode ocorrer em diversas etapas da cadeia produtiva. Normalmente os estoques se diferenciam a depender da função dele dentro do participante da cadeia de suprimentos, ou seja, pode se caracterizar como matéria-prima, material em processamento (também conhecido como *WIP - work in process*) ou produto acabado.

Ballou (2010) cita que a armazenagem de produtos é importante para absorver incertezas da demanda e também devido ao fato de que o tempo de transporte não pode ser considerado nulo. A previsão da demanda, normalmente, não é totalmente exata, ou seja, podem existir situações em que se vende mais que o planejado ou se vende menos que o planejado. O estoque é importante para manter o atendimento a um determinado nível de serviço, e como o tempo de transporte não é nulo, para o atendimento mais rápido do pedido do cliente, é necessário que já se tenham os produtos em estoque, assim diminuindo o *leadtime* total de atendimento (comparado se tivesse que produzir todo o produto, por exemplo).

Ballou (2010) cita quatro razões principais da necessidade de existir um local de armazenagem de produtos:

- ✓ **Reduzir custos de transporte e de produção:** sob a ótica dos custos totais, o estoque pode ser considerado como um pulmão entre a demanda e a produção, não exigindo que a produção tenha uma alta flexibilidade, e, portanto, na maioria dos casos, um maior custo;

- ✓ **Coordenação de suprimento e demanda:** como já visto no tópico anterior os estoques representam um pulmão entre a demanda e a produção e/ou o suprimento, desta forma, é possível atender ao pedido com o nível de serviço desejado;
- ✓ **Necessidades da produção:** algumas produções necessitam que os produtos sejam estocados como parte do processo produtivo para que ocorra o envelhecimento ou maturação dos mesmos, por exemplo, queijos, vinhos, cervejas artesanais, etc.;
- ✓ **Considerações de marketing:** em algumas ações promocionais ou em políticas de atendimento, é necessário que o produto esteja disponível o mais rápido possível para os clientes. Estoques estrategicamente localizados são essenciais para suportar essa necessidade.

Ferreira (1998) cita alguns cuidados que devem estar presentes na armazenagem de produtos:

- ✓ **Proteção contra furtos:** proteção contra a apropriação indébita de um item que deveria ser mantido em estoque;
- ✓ **Proteção contra perigos mecânicos:** riscos motivados pela ação de forças externas ou internas, que podem resultar em quebras, moissas, distorções, etc. Normalmente são causadas pelo manuseio e transporte indevidos e/ou estocagem de forma inadequada;
- ✓ **Ameaças climáticas:** variações de temperatura, poeira, chuva, maresia, umidade, etc.;
- ✓ **Animais daninhos:** alguns tipos de materiais podem ser contaminados caso não haja um controle efetivo contra a presença de roedores, insetos e pássaros;
- ✓ **Formas de estocagem:** alguns produtos não podem ter contato direto com o chão e produtos frágeis devem ter uma atenção especial;
- ✓ **Formas de acesso ao armazém:** portas e corredores devem estar localizados em locais que não prejudiquem o fluxo e as atividades do depósito. Os acessos devem estar sempre desobstruídos;
- ✓ **Riscos de Incêndios:** adotar equipamentos e práticas de segurança de forma que o armazém esteja protegido contra incêndios e caso ocorra um foco de incêndio esteja apto a reagir com agilidade, de forma a minimizar os danos.

Assim, com o exposto até o momento, percebe-se que a gestão de armazenagem não é apenas a definição de estanteiras ou de tecnologias. É uma atividade que não depende apenas de uma abordagem única e universal, devendo ser tratada de forma dinâmica (TOMPKINS, 1998).

Tompkins (1998) cita vinte fatores de sucesso para uma gestão de armazenagem de sucesso: (i) profissionalismo, (ii) foco no cliente, (iii) indicadores, (iv) planejamento das operações, (v) rede logística, (vi) terceirização, (vii) diminuição de *leadtime*, (viii) variedade, (ix) flexibilidade, (x) diminuição de incertezas, (xi) integração, (xii) gestão do estoque, (xiii) utilização do espaço, (xiv) organização (5S), (xv) *picking*, (xvi) melhoria contínua, (xvii) fluxo contínuo, (xviii) WMS, (xix) custo total da logística, (xx) liderança.

O *picking* é uma das atividades que devem ser consideradas na gestão da armazenagem. Para fins deste trabalho, o tipo de estoque a ser considerado é o de produtos acabados, sendo estes denominados como SKU's. Como visto no parágrafo anterior, o *picking* é um dos fatores críticos de sucesso da gestão da armazenagem.

As próximas subseções detalham os tipos de depósitos, os sistemas de armazenagem e os sistemas de movimentação. Tais tópicos são importantes detalhar, pois a depender do tipo de depósito e dos sistemas de armazenagem e movimentação disponíveis, diferentes configurações e decisões sobre o *picking* deverão ser adotadas (conforme será abordado no modelo proposto para a configuração de um sistema de *picking*).

2.2.1 Tipologia de depósitos

Os depósitos podem ter diferentes classificações a depender de sua participação na cadeia de suprimentos. Van den Berg e Zijm (1999) classificam os depósitos em três tipos principais:

- ✓ **Depósitos de distribuição:** são depósitos em que produtos de diferentes fornecedores são coletados (podendo passar ou não por um processo de montagem ou envase) para uma posterior distribuição para os clientes;
- ✓ **Depósitos de Fabricação:** são depósitos destinados a armazenar matérias-primas, produtos semi-acabados ou produtos acabados em uma unidade produtiva;
- ✓ **Depósitos de Contrato:** é uma unidade que realiza as operações de armazenagem com exclusividade para um ou mais clientes.

Ballou (2010) promove outro tipo de classificação para os depósitos:

- ✓ **Depósito próprio:** é um espaço físico próprio do fabricante, que pode estar localizado tanto internamente como externamente a unidade produtiva. Normalmente possibilitam um maior controle e possibilidade de utilização do local para outros fins, caso seja necessário;
- ✓ **Depósito alugado:** depósitos terceirizados que oferecem um espaço ou o depósito inteiro para a armazenagem temporária dos produtos. Podem ser oferecidos ainda outros serviços, como embalamento secundário, *picking*, etc;
- ✓ **Estocagem em trânsito:** não é um depósito em si, mas seriam produtos que ficam nos veículos durante o transporte. Representam também os custos, os riscos e os benefícios de um estoque, como aqueles localizados em depósitos físicos.

Para o caso do *picking*, a estocagem em trânsito não se aplica, pois não existe um depósito para realizar tal atividade. Os depósitos de fabricação também não se aplicam, pois para o *picking*, no escopo deste trabalho, estão sendo considerados apenas os produtos acabados (ou SKU's).

Reconhecer os depósitos é importante para o *picking*, pois é o local onde esta atividade será realizada. Restrições existem, seja de caráter operacional, físico ou gerencial, sendo que estas devem ser conhecidas e levadas em consideração para a configuração de um sistema de *picking*.

2.2.2 Sistemas de armazenagem

Os produtos podem ser armazenados de diversas formas. A escolha de um sistema ou outro, de uma estrutura ou outra, devem ser apoiados com base em fatores que sejam importantes e caracterizam a forma de armazenagem. Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) sugerem alguns fatores:

- ✓ Tipo de produtos;
- ✓ Tamanho dos produtos;
- ✓ Unidade movimentada (*pallets*, caixas, tipo de embalagem, etc.);
- ✓ *Mix* de materiais movimentados;
- ✓ Critérios de Operação (FIFO, LIFO, etc.);
- ✓ Giro de produtos;
- ✓ Veículos e tecnologias que serão utilizadas;

- ✓ Prédio, *layout* e orçamento disponível.

Tompkins e Smith (1998) fazem a divisão dos métodos de armazenagem com base na forma em que produto será armazenado. Com isso, tem-se a seguinte divisão:

- ✓ Produtos unitizados;
- ✓ Produtos individuais.

2.2.2.1 Armazenagem de produtos unitizados

Produtos unitizados podem ser considerados *pallets* (ou seja, o *pallet* inteiro seria uma SKU), contenedores, caixas, etc. (TOMPKINS; SMITH, 1998). Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) utilizam-se do mesmo conceito abordado por Tompkins e Smith (1998), ou seja, produtos unitizados e produtos de individuais (para Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) se aborda o conceito de UdC (Unidade de Carregamento), ou seja, UdC unitizadas e UdC de individuais). Estes autores citam alguns exemplos de como pode ser feita a estocagem para produtos de grandes dimensões:

- ✓ **Empilhamento sobre o piso:** é a forma de armazenagem mais simples que existe, ou seja, colocam-se os produtos sobre o chão (a Figura 13 ilustra este tipo de armazenagem). Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) citam algumas características desta forma de armazenagem:

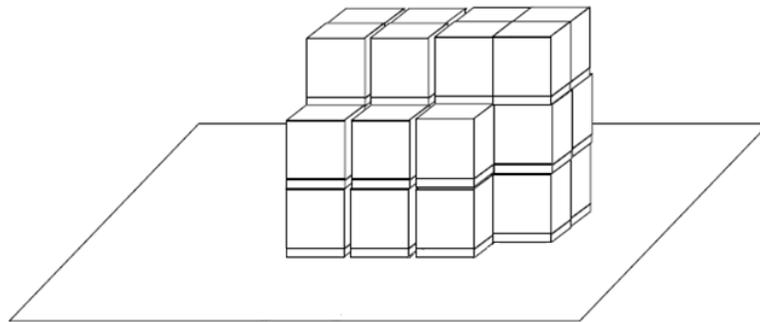


Figura 13 – Empilhamento sobre o solo (Adaptado de BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

- Não requer infraestrutura;
- O desenvolvimento da altura de um produto apoiado sobre o outro depende da resistência de cada produto (ou embalagem do produto) e da exigência de estabilidade;

- É caracterizada por uma seletividade muito baixa devido à dificuldade de alcance da mercadoria e impõe uma metodologia gerencial do tipo LIFO na maioria dos casos (*last in first out*);
 - Esse tipo de estoque é adotado para produtos com baixo nível de deterioração (uma vez que o método mais apropriado para produtos com possibilidade de deterioração o método mais apropriado é o FIFO, *first in first out*).
- ✓ **Estanteiras de simples** ou **dupla** profundidade, que podem ser:
- Fixas;
 - Deslizantes.

Constitui o tipo de estocagem que gera uma das maiores flexibilidades de estocagem para *pallets*. Quando utilizada a profundidade simples (ou seja, um *pallet* por boxe) gera uma seletividade de 100%, no entanto é comumente encontrada também com profundidade dupla (ou seja, dois *pallets* por boxe, um *pallet* atrás do outro). As tecnologias de *pushback rack*, *mechanical brakes*, *rubber wheel principle* e *air logic* podem ser aplicadas nesta modalidade de armazenagem. A Figura 14 ilustra o conceito explanado, para o caso das prateleiras fixas (BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010).

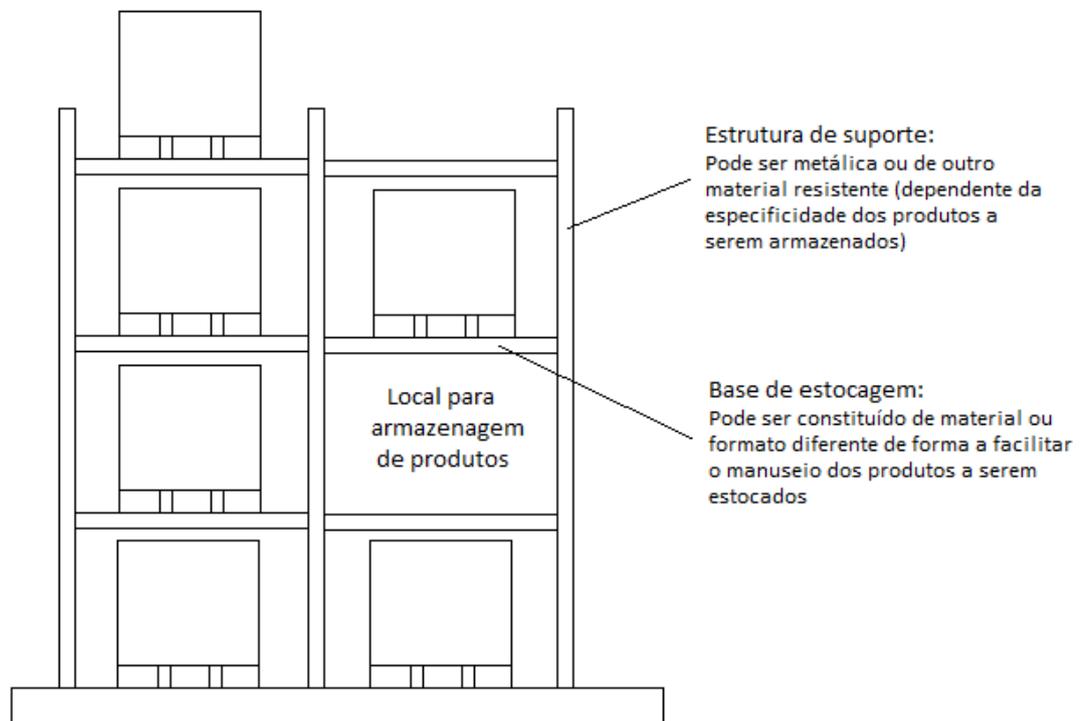


Figura 14 – Estrutura das Estanteiras (Adaptado de BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010)

As estanteiras do tipo deslizantes são estruturas dinâmicas, as quais facilitam o quanto se quer estocar, tratando-se de um sistema que utiliza somente um corredor para movimentação da empilhadeira, diminuindo a necessidade de grandes armazéns. A abertura de um outro corredor pode ser feita manualmente ou automaticamente conforme a necessidade (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010). As tecnologias de *pushback rack*, *mechanical brakes*, *rubber wheel principle* e *air logic*, podem também ser aplicadas nesta modalidade de estocagem. A Figura 15 ilustra os conceitos explanados.

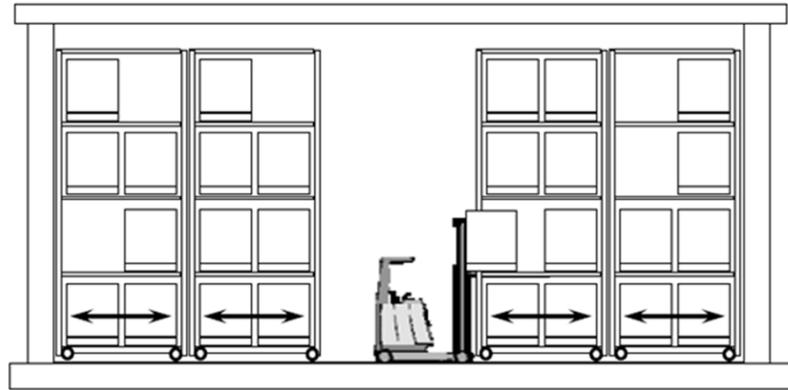


Figura 15 – Estanteiras Deslizantes (Adaptado de BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010)

✓ **Estocagens do tipo *Drive-in*, *Drive-through* e *Cantilever***

As estocagens do tipo *Drive-in* e *Drive-through* são sistemas constituídos por um contínuo de estruturas que não são separadas por corredores intermediários. As empilhadeiras movimentam-se dentro destas próprias estruturas (BOZUTTI et al., 2010).

O sistema *drive-in* (Figura 16), que é conceitualmente análogo ao empilhamento sobre o piso, possibilita o acesso ao corredor somente pela frente, enquanto que o sistema *Drive-through* (Figura 17) concede o acesso pela frente e por trás (BOZUTTI et al., 2010).



Figura 16 – Armazenagem tipo *Drive-in* (Adaptado de BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010)

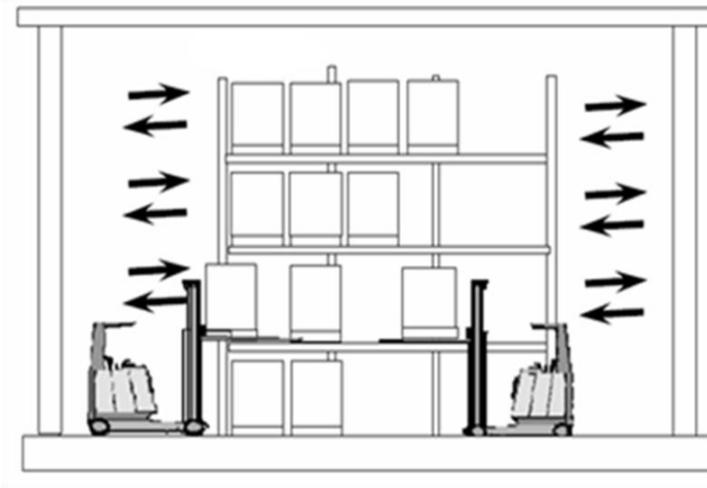


Figura 17 – Armazenagem tipo *Drive-through* (Adaptado de BOZUTTI; COSTA; RUGGERI., 2010)

A estocagem do tipo *cantilever* é um sistema em que “as prateleiras são suportadas por armações do tipo braço em balanço, que passa através da região central” (MOURA, 2006, p. 183). Como pode ser visto na Figura 18, esse tipo de sistema oferece prateleiras sem interrupções, com isso podem ser altamente aproveitadas.

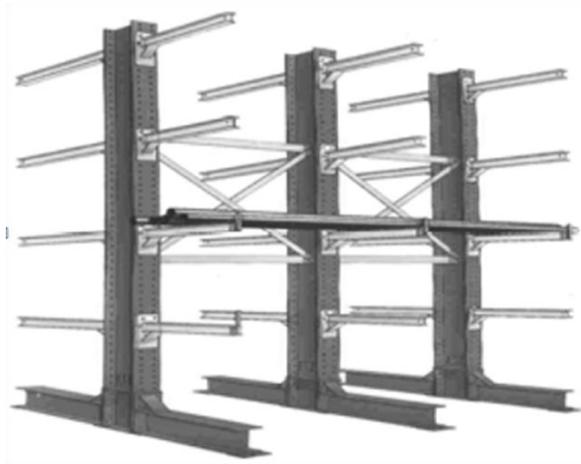


Figura 18 – Armazenagem tipo *Cantilever* (Adaptado de BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010)

✓ Estocagem em prateleiras com canais a gravidade

É constituído de uma estrutura metálica que possua resistência suficiente para suportar os canais à gravidade (tecnologia já vista anteriormente), devido ao sistema possuir inclinação na prateleira (de 3° a 5° , conforme pode ser visto na Figura 19). Normalmente um canal é dedicado para um único tipo de SKU ou a uma família específica de produtos. Neste caso é possível utilizar um sistema de gestão do tipo FIFO (*first-in-first-out*) (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010).

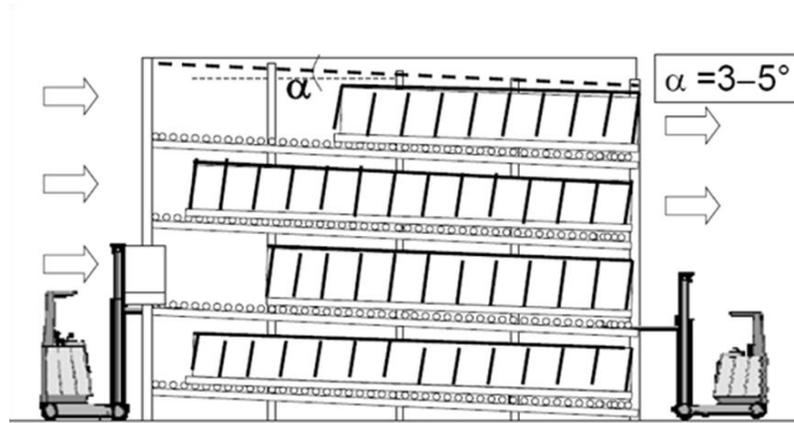


Figura 19 – Armazenagem tipo canais a gravidade (Adaptado de BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010)

Para este tipo de estocagem, Hammond e Davis (1998) consideram o conceito de HD/DS (*high density dynamic storage*). HD/DS é definido como "o conceito no qual múltiplas unidades de carregamento de um mesmo SKU são sequencialmente armazenadas com o mínimo de distância entre os carregamentos (por isto o termo HD - high density - alta densidade)" (HAMMOND; DAVIS, 1998, p. 448). O termo DS (*dynamic storage* - estocagem dinâmica) provém do fato de que "o sistema também tem a habilidade de automaticamente ou semi-automaticamente indexar ou levar do ponto de abastecimento para o ponto de carregamento" (HAMMOND; DAVIS, 1998, p. 448). Seria, para simplificar, um sistemas de *flow-through rack*. A Figura 20 ilustra tal conceito.

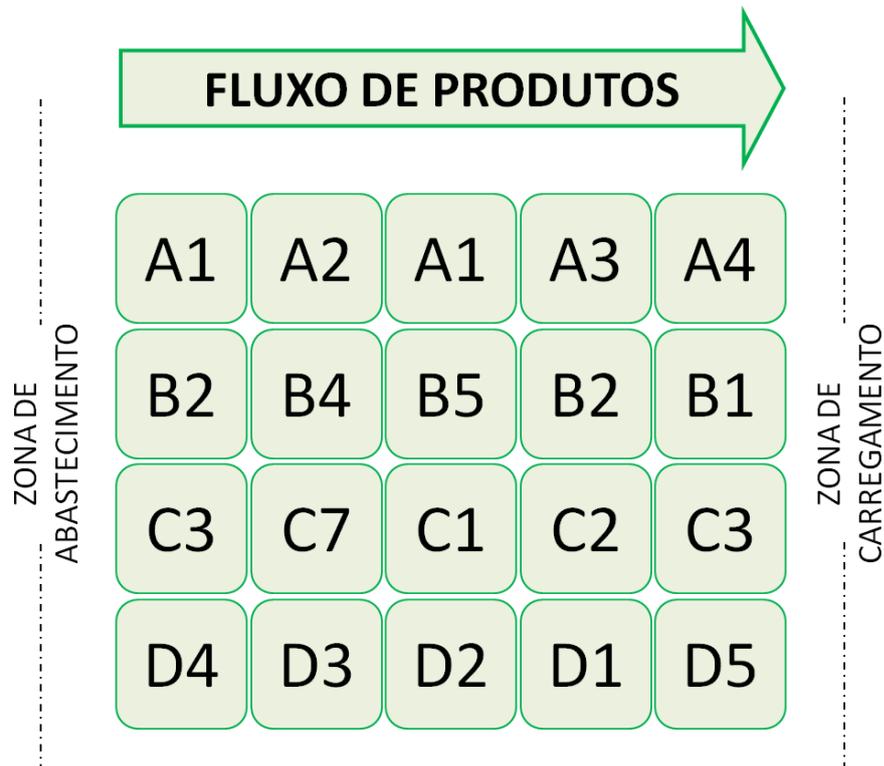


Figura 20 – Sistema HD/DS (Adaptado de: TOMPKINS; SMITH, 1998)

Hammond e Davis (1998) ainda citam alguns tipos de tecnologia de armazenagem que podem ser utilizados de forma a suportar o conceito de HD/DS:

- ✓ **Pushback rack:** este sistema permite que o operador não tenha a necessidade de entrar nos corredores. Pequenos carrinhos de metal, dimensionados para receber a base do SKU, são interligados em um caminho comum, formando uma prateleira modular. O caminho é ligeiramente inclinado de forma a permitir a ação da gravidade para o ponto de abastecimento e carregamento (que é o mesmo ponto). Este tipo de tecnologia necessariamente trabalha com o tipo de controle LIFO (*last-in-first-out*). A Figura 21 ilustra esta tecnologia.

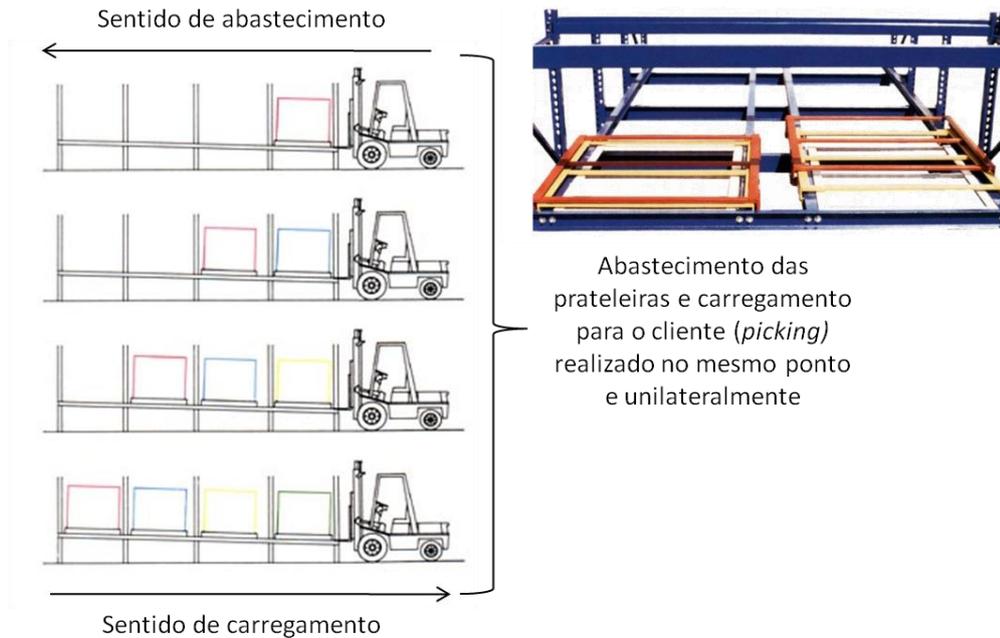


Figura 21 – Sistema *Pushback Rack*⁸

- ✓ ***Mechanical Brake***: este tipo de tecnologia utiliza canais por gravidade providos por canais deslizantes (com "rodas" ou "*rollers*") para transportar o produto do ponto de abastecimento para o ponto de carregamento. É necessário que exista pelo menos um freio por posição de estocagem. O freio é acionado automaticamente, utilizando da força centrífuga para aplicar resistência na parede externa dos *rollers* adjacentes. Neste tipo de sistema se trabalha com o tipo de controle FIFO (*first-in-first-out*). A Figura 22 ilustra este conceito.

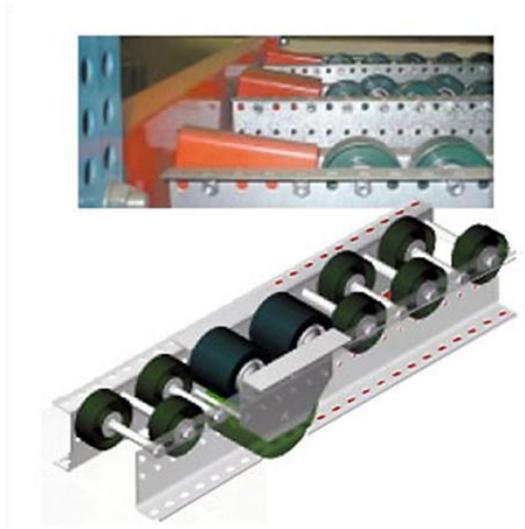


Figura 22 – *Mechanical Brake*⁹

⁸ Adaptado de: <http://www.sheelyassoc.com/products/lmt/push-back.html> (acesso em: 22/12/2010)

- ✓ **Rubber Wheel Principle:** este sistema utiliza pneus de borrachas macias, possuindo uma estrutura similar ao conceito do *mechanical brake*. O material macio se modifica para uma forma retangular conforme os materiais são carregados na estrutura, fazendo com que a carga pare na posição desejada. Neste tipo de sistema se trabalha com o tipo de controle FIFO (*first-in-first-out*).
- ✓ **AS/RS:** AS/RS ou *automated storage and retrieval systems* fazem o uso de veículos dedicados por corredor para que ocorra o abastecimento e o carregamento de produtos na área de armazenagem. Todos os comandos são disparados por computador. Neste tipo de sistema se trabalha com o tipo de controle FIFO (*first-in-first-out*). A Figura 23 ilustra este sistema.

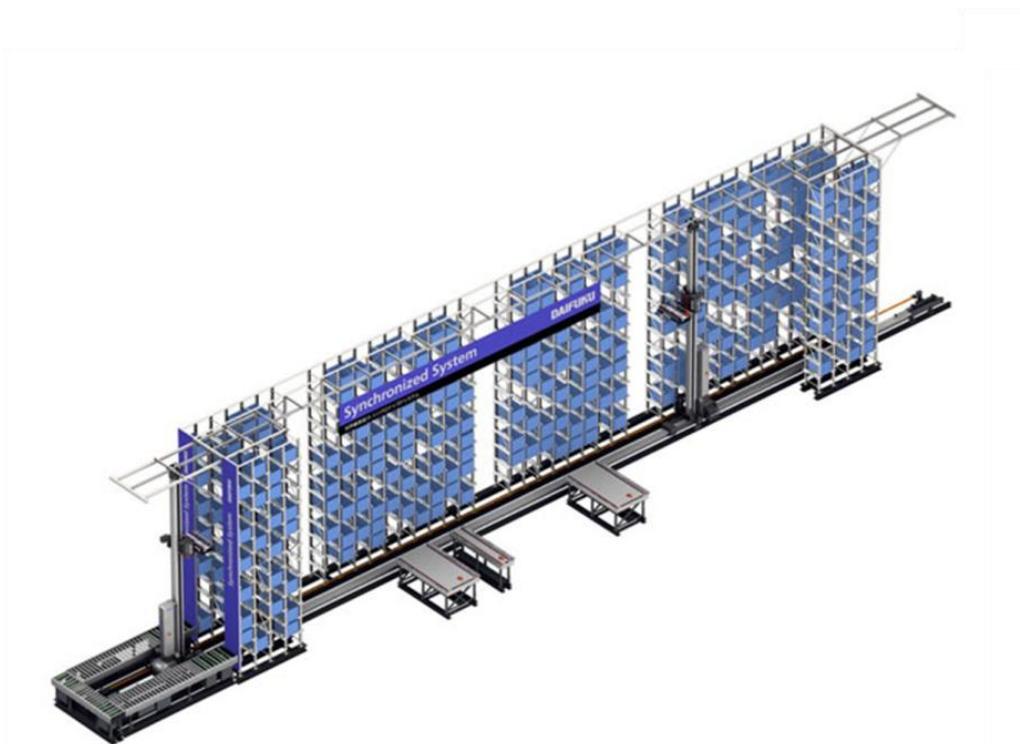


Figura 23 – Sistema AS/RS¹⁰

- ✓ **Car-in-lane ou Satellite:** é um sistema similar ao AS/RS configurado para locais de múltipla estocagem. Neste caso é utilizado um sistema de transporte para mover os produtos para o fim de cada linha de estocagem. Neste caso, o carrinho ou o

⁹ Disponível em: <http://www.cisco-eagle.com/catalog/c-3043-pallet-flow-racks.aspx> (acesso em: 22/12/2010)

¹⁰ Disponível em: <http://www.daifukuamerica.com/products/3/12/32/Manufacturing-Distribution/Automated-Storage-Retrieval-System-AS-RS/Synchronized-System-AS-RS> (acesso em: 22/12/2010)

transportador fica na linha de estocagem e em cada corredor fica localizado outro transportador, o então *car-in-lane*. Neste tipo de sistema se trabalha com o tipo de controle FIFO (*first-in-first-out*).

- ✓ **Air Logic:** este sistema faz o uso de canais por gravidade para facilitar a retirada/carregamento de produtos e se utiliza de ar comprimido para controlar a velocidade e distância do transporte do SKU no canal de armazenamento. Neste tipo de sistema se trabalha com o tipo de controle FIFO (*first-in-first-out*).
- ✓ **Level Gravity:** esta tecnologia utiliza-se do conceito do sistema *air logic* em conjunto com carrinhos pivôs que correm nas seções de canais por gravidade. Neste caso, o trilho pelos quais os carrinhos se movimentam são nivelados. Neste tipo de sistema se trabalha com o tipo de controle FIFO (*first-in-first-out*).

2.2.2.2 Armazenagem de produtos individuais

A parte do armazém dedicada à armazenagem de produtos de individuais normalmente ocupa uma seção bem menor do que a dedicada para produtos unitizados, no entanto, o custo por volume de estocagem pode ser muito maior. Por isso, normalmente, a estocagem de produtos individuais é agregada à própria linha de produção (WEISS; FRYE, 1998). Weiss e Frye (1998) ainda citam que o *picking* para esta modalidade de produtos é crítico e impacta diretamente na quantidade de estoque, dimensionamento de funcionários e até o preço do produto final para o consumidor.

A estocagem de produtos individuais pode ser dividida em dois grupos principais (WEISS; FRYE, 1998) e que por sua vez são definidas pela forma que o *picking* será realizado:

- ✓ **Estático:** neste caso, para o abastecimento e carregamento da mercadoria é necessário que o operador se dirija até a posição de estocagem;
- ✓ **Dinâmico:** neste caso, para o abastecimento e carregamento da mercadoria não é necessário que o operador se dirija até a posição de estocagem, uma vez que o produto é carregado automaticamente até o um local pré-definido.

Weiss e Frye (1998) dividem a **estocagem estática** de produtos individuais em duas subcategorias, ou seja, prateleira e gavetas:

- ✓ **Prateleiras**

É um método bem simples de estocagem que possui uma grande flexibilidade de opções de tamanhos e pesos de mercadorias a serem estocadas e a um baixo custo. Um exemplo típico de prateleiras é mostrado na Figura 24.

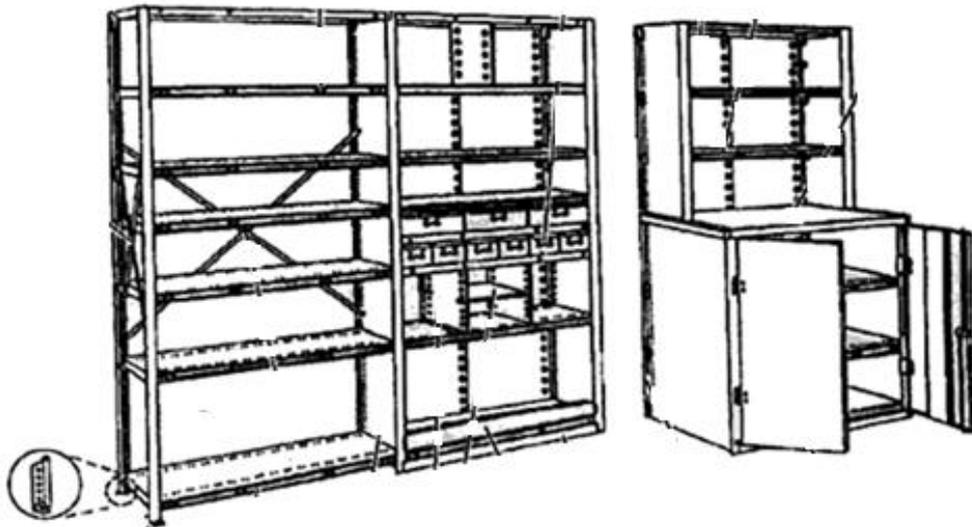


Figura 24 – Prateleira para estocagem de produtos de pequenas dimensões (Fonte: Adaptado de WEISS e FRYE,1998)

As prateleiras podem possuir diversas configurações. A Figura 25 mostra as prateleiras com a configuração tipo mezanino. A Figura 26 mostra uma configuração automatizada com utilização de um sistema S/R (*storage and retrieval* - abastecimento e carregamento), adquirindo uma maior automatização para o processo.

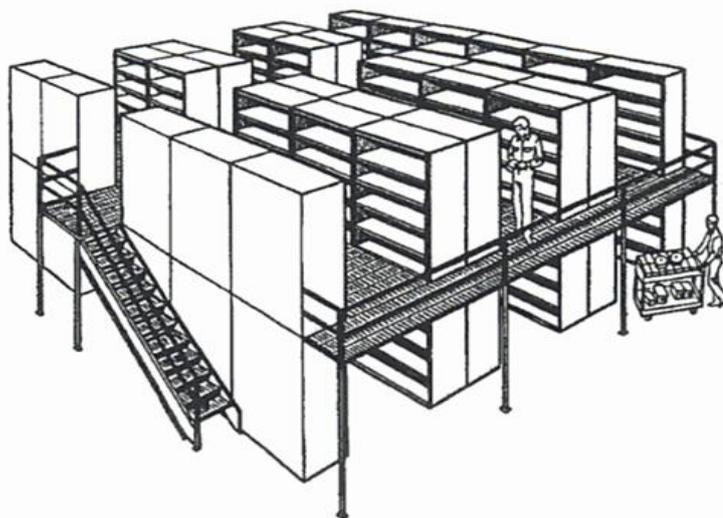


Figura 25 – Prateleiras tipo mezanino (Fonte: WEISS e FRYE,1998)

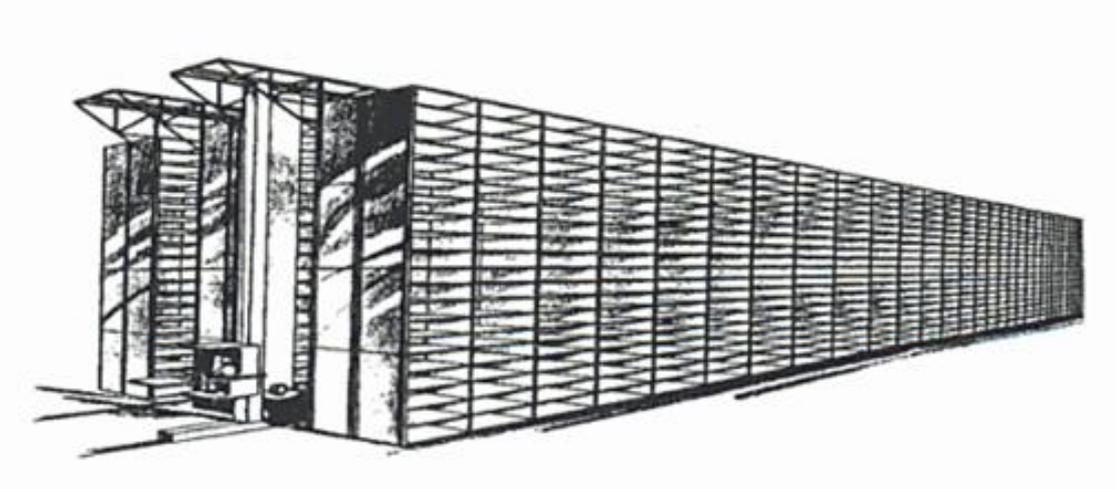


Figura 26 – Prateleiras com configuração S/R (Fonte: WEISS e FRYE, 1998)

✓ Gavetas

Este tipo de estocagem consiste em gabinetes de metal nos quais as gavetas de metais são colocadas. Este tipo de armazenagem também é conhecido como gavetas modulares. O tamanho e tipo das gavetas podem ser alterados conforme necessidade para a situação de armazenagem. Este tipo de armazenagem confere algumas vantagens, pois cada gaveta pode ser dividida em vários compartimentos conforme necessidade e os módulos de gavetas promovem um bom aproveitamento de espaço. A Figura 27 ilustra este tipo de armazenagem.

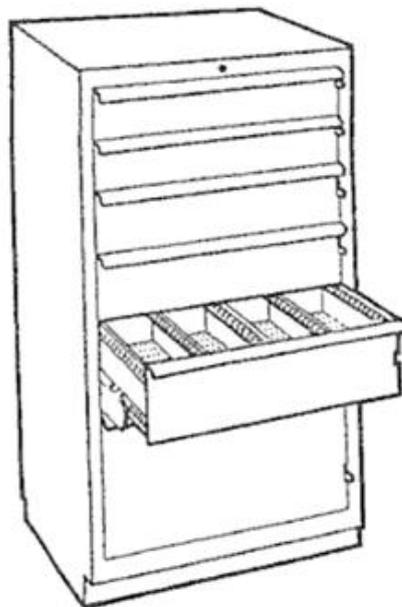


Figura 27 – Gavetas Modulares (Fonte: WEISS e FRYE, 1998)

Bozutti, Costa e Ruggeri (2010), citam, ainda, um terceiro tipo de armazenagem estática de produtos de pequenas dimensões:

✓ **Caixas e Minicontenedores**

Algumas características:

- ✓ São empregadas principalmente para estocagem de peças e outros tipos de componentes soltos;
- ✓ As caixas podem ser apoiadas umas sobre as outras ou estarem presentes em estantes;
- ✓ Existe limite de peso das cargas colocadas nessas caixas em torno de 40kg;
- ✓ Gera seletividade das cargas,
- ✓ Acesso à mercadoria geralmente é rápido.

Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) citam alguns exemplos de **estocagem dinâmica** de produtos de pequenas dimensões:

✓ **Mini-depósitos automatizados (*mini-loads*)**

Um mini-depósito automatizado (*mini-load*, Figura 28) é abastecido e carrega os produtos em situações que existam corredores de acessos curtos, ou seja, no tamanho suficiente para que ocorra a passagem de um robô que insere e retira as mercadorias. *Mini-loads* podem ser configurados para trabalhar com um próximo item, enquanto o operador está trabalhando com um produto atual.

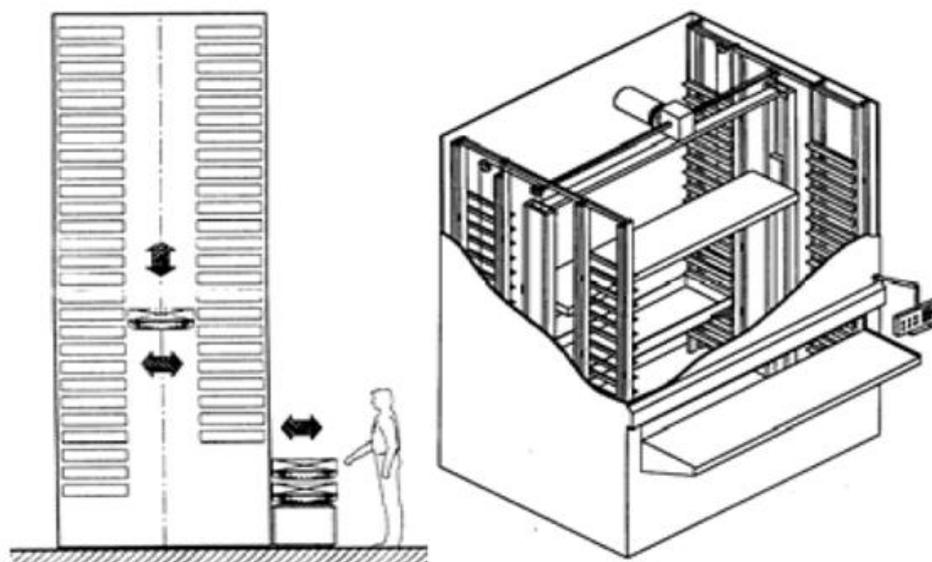


Figura 28 – *Mini Loads* (Adpatado de BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

✓ Carrosséis (verticais e horizontais)

Os carrosséis são equipamentos rotacionais, que podem ser horizontais ou verticais (Figuras 29 e 30, respectivamente). Com os produtos acondicionados em um carrossel, o operador não precisa ir até o produto, pois ele trás o produto até o operador, diminuindo os tempos de retirada de mercadoria. A principal vantagem deste sistema é permitir alocar e retirar uma grande variedade de itens.

O carrossel vertical tem a vantagem de permitir um bom aproveitamento de espaço do edifício. A sua principal desvantagem está relacionada com a velocidade de operação, que é relativamente lenta comparada ao horizontal.

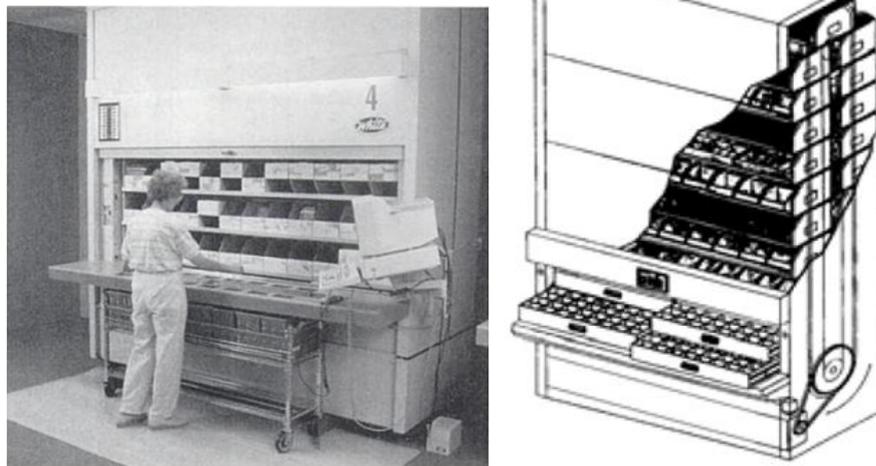


Figura 29 – Carrossel Vertical (Fonte: WEISS e FRYE, 1998 e BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

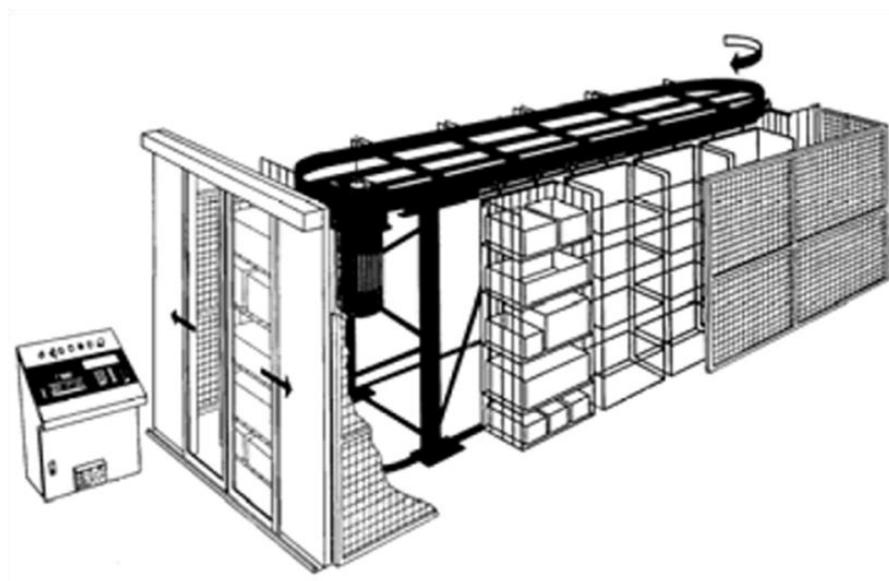


Figura 30 – Carrossel Horizontal (Adaptado de: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

Com esta subseção percebe-se que diferentes tipos de produtos podem ser armazenados de diferentes formas. Existem diferenças no grau de automação dos sistemas de armazenagem e isto impacta na forma pela qual o *picking* será realizado, bem como nos tempos de ciclo que será necessário para atender um pedido de um cliente.

2.2.3 Sistemas de movimentação

Os equipamentos de movimentação podem ser divididos nos seguintes grupos (MOURA, 2004):

- ✓ Veículos industriais;
- ✓ Equipamento para elevação e transferência;
- ✓ Transportadores contínuos.

Serão apresentados os principais equipamentos presentes em cada categoria.

2.2.3.1. Veículos industriais

Moura (2004) define veículos industriais como:

“Equipamentos, que podem ser motorizados ou não, usados para movimentar cargas intermitentes, em percursos variáveis com superfícies e espaços apropriados, onde a função primária é transportar e/ou manobrar”.

Podem ser classificados basicamente por três tipos (MOURA, 2004):

- ✓ **Quanto à fonte de energia que ele utiliza:** manual, elétrica ou combustão interna;
- ✓ **Quanto à maneira de controle:** por operador (de pé ou sentado), por pedestre, sem operador (indução magnética, controle remoto, etc.);
- ✓ **Quanto à maneira de deslocamento e repuxo:** unidirecional, bidirecional, multidirecional, deslocamento dirigido, repuxo lateral ou repuxo frontal e lateral.

As vantagens na utilização desse tipo de transporte são:

- ✓ Flexibilidade quanto ao percurso e/ou ponto de carga/descarga;
- ✓ Os produtos a serem transportados, dentro de certos limites, podem ter peso e formas variáveis; e
- ✓ Facilidade em manobras.

As desvantagens na utilização desse tipo de transporte são:

- ✓ Requerem corredores e espaços para manobras;

- ✓ Geralmente as superfícies de deslocamento precisam estar adequadas (niveladas); e
- ✓ Perdem eficiência em áreas congestionadas.

✓ **Tipos de Veículos Industriais**

O Quadro 1 descreve os tipos mais comuns de veículos industriais (MOURA, 2004):

Quadro 1 – Veículos Industriais

Tipo de Veículo	Descrição
Carretas industriais	Veículos que possuem uma plataforma ou uma estrutura específica de acordo com o material a ser transportado, apoiado sobre um conjunto rodante (esse conjunto rodante pode ter características específicas de acordo com a necessidade de transporte, ou seja, direção simples ou bidirecional, com rodagem em borracha maciça ou mesmo pneu, por exemplo)
Carrinhos com escada e plataforma	Carrinhos constituídos de uma escada, construída sobre um conjunto rodante (rodas), que pode estar conjugada com uma plataforma para deposição de materiais
Carrinhos elétricos porta-pallets	Veículos industriais autopropelidos utilizados para o transporte horizontal de cargas em <i>pallets</i>
Carrinhos hidráulicos porta-pallets	Carrinhos elevadores manuais, de patolas e garfos, utilizados para o transporte de <i>pallets</i> ou podem ser adaptados para o transporte de materiais com geometrias específicas
Carrinhos industriais	Veículos não motorizados (carrinho porta bujão de gás, “carrinho de pedreiro”, por exemplo). Possuem uma estrutura para transportar a carga (que pode ter ou não grades de proteção)
Carrinhos manuais com guincho	Carrinhos que são deslocados manualmente, possuindo um guincho em sua estrutura
Carrinhos porta-bandejas	Carrinhos que são deslocados manualmente, possuem quatro rodas e suportes verticais que permitem o encaixe de bandejas, cestas ou prateleiras
Colchão de ar ou filme d’água	Dispositivos que, quando aplicados sobre uma carga, elevam-na por meio de uma “almofada de ar (ou de água)”, facilitando sua movimentação horizontal (diminuindo o atrito no deslocamento)
Dumpers	Veículos autopropelidos equipados com uma caçamba basculante, que pode estar na frente ou atrás, e são dedicados ao transporte de granéis
Empilhadeiras	Veículos autopropelidos (possuem pelo menos três rodas) que elevam, transportam e posicionam os materiais transportados
Empilhadeiras elétricas de operador a pé	Movimentam-se sem o esforço manual para empurrar, no entanto o operador deve andar a pé para direcioná-las
Empilhadeiras elétricas de patolas	Semelhantes às empilhadeiras elétricas de operador a pé, no entanto, possuem uma estabilidade proporcionada por patolas sobre rodas, que se projetam à frente do mastro

Tipo de Veículo	Descrição
Empilhadeiras frontais a contrapeso	Veículos industriais autopropeidos, equipados com garfos, que posicionam a carga a uma posição externa ao polígono gerado pelas rodas. O contrapeso fornece estabilidade
Empilhadeiras laterais	Veículos autopropeidos dotados de mecanismos de carregamento e movimentação da carga perpendicular ao sentido do seu deslocamento
Empilhadeiras manuais	Empilhadeiras empurradas pelo operador. A sua capacidade, em função disso, fica reduzida
Empilhadeiras de mastro retrátil	Empilhadeiras de patola, nas quais o mastro se desloca com a carga
Empilhadeiras pantográficas	Empilhadeiras de patola equipadas com uma mecanismo de avanço de carga no mastro de elevação
Empilhadeiras selecionadoras de pedido	Veículos industriais autocarregadores, que possuem uma plataforma de carga, permitindo que o operador se mova junto com a carga, dessa forma, o operador pode selecionar os materiais a serem carregados
Empilhadeiras trilaterais	Empilhadeiras nas quais os garfos podem ser movimentados tanto para frente, quanto para os lados na atividade de se retirar as cargas do sistema de estocagem
Guindastes autopropeidos	Veículos utilizados na elevação e na movimentação de materiais. Possuem um guincho como parte integrante
Guindastes móveis “reach stackers”	Veículos autopropeidos que possuem lança telescópica, <i>spreader</i> , sistemas de giro e <i>side shift</i> que permitem a movimentação, transporte e empilhamento de contêineres
Multicarregadores	Veículos industriais equipados com caçamba (parecido com tratores) destinados para o trabalho com carga em granéis
Poliguindastes	Dispositivos montados sobre o chassi de caminhões, formado por duas lanças e destinados a carregar, descarregar e movimentar caçambas (semelhantes àquelas de entulho)
Pórticos autopropeidos	Pórticos apoiados sobre rodas, permitindo levantar o material com garras e deslocar sobre ele. São veículos autopropeidos
Rebocadores industriais	Veículos industriais motorizados que são utilizados para rebocar um ou mais veículos não motorizados ou reboque de outras cargas
Tricicletas para cargas	Semelhantes a uma bicicleta com caçamba, apoiada sobre três rodas
Veículos automaticamente guiados (AGV)	Veículos motorizados que operam automaticamente, sem a necessidade de um operador (para cumprir a função de movimentação)
Veículos automotores com plataforma fixa	Possuem um eixo fixo a uma certa altura (nível) sobre a qual são transportados materiais
Veículos com lança de acesso	Veículos motorizados que possuem uma plataforma de carga que pode se elevar até a uma altura na qual se deseja carregar ou descarregar
Veículos porta-contêiner	Veículos motorizados de autocarregamento compostos por um par de pórticos metálicos, sendo destinados ao transporte de contêineres

2.2.3.2. Equipamento para elevação e transferência

Moura (2004) define equipamentos para elevação e transferência como:

“Equipamentos utilizados para a elevação e transferência destinados a mover cargas variadas intermitentemente para qualquer ponto dentro de uma área fixa, onde a função principal é transferir”.

Podem ser classificados basicamente por três tipos (MOURA, 2004):

- ✓ **Talhas:** a principal função é elevar a carga;
- ✓ **Guindastes fixos:** se assemelham aos guindastes autopropelidos, realizando somente a elevação;
- ✓ **Pontes rolantes, pórticos e semi-pórticos:** formados basicamente por uma viga elevada, que desloca-se sobre trilhos elevados ou sobre estruturas verticais apoiadas sobre trilhos.

As vantagens na utilização desse tipo de transporte são:

- ✓ Possuem geralmente grande capacidade;
- ✓ Ocupam pouco espaço sobre o piso;
- ✓ Grande fluxo (desde que a carga unitária seja de grande volume e peso).

As desvantagens na utilização desse tipo de transporte são:

- ✓ Geralmente são equipamentos caros;
- ✓ Têm um raio de ação limitado;
- ✓ Quanto maior a capacidade do equipamento, mais reforçada deverá ser a estrutura que suporta tal equipamento.

✓ Tipos de Equipamentos para elevação e transferência

O Quadro 2 discrimina os tipos mais comuns de equipamentos para elevação e transferência (MOURA, 2004):

Quadro 2 – Equipamentos para elevação e transferência

Tipo de Equipamentos	Descrição
Eletroímãs	São constituídos por bobinas que quando percorridas por uma corrente produzem um campo magnético capaz de atrair materiais ferrosos, com isso pode-se efetuar o transporte através da atração do material que se quer transportar

Tipo de Equipamentos	Descrição
Elevadores de carga	Movidos por motores de corrente contínuas, elevam uma caixa que pode ter uma abertura ou duas aberturas, elevando os materiais até a altura (ou andar) desejada
Guindastes fixos (gruas)	São equipamentos constituídos por uma torre na qual é acoplado um guincho
Guindastes hidráulicos para veículos	Acessórios montados sobre o chassi de caminhões com braços articulados e de acionamento hidráulico
Guindastes/Lanças giratórias	Estruturas que são fixas e montadas em paredes ou colunas, permitindo um giro de até 360° da lança
Guindastes sobre cavaletes	Estruturas montadas em cavaletes do tipo pórtico, utilizados para elevar materiais pesados
Guindastes de transferência	São utilizados para a movimentação e transferência de cargas, constituídos por vigas ou treliças
Manipuladores industriais	Guindastes que podem ser de acionamento hidráulico ou pneumático, com possibilidade de movimentação nos três eixos ortogonais ao mesmo tempo
Monta-cargas	Equipamentos providos de plataforma que permitem a movimentação de materiais entre dois níveis
Plataformas basculantes	Plataformas que se elevam e são basculantes, permitindo a inclinação da mesa
Plataforma em hidráulica veicular	São instaladas na traseira do veículo (por exemplo, caminhões), sendo construídas em chapas e perfis dobrados em aço de alta resistência. Facilitam o carregamento/descarregamento do caminhão
Plataformas/Mesas elevadoras de carga	São utilizadas para a transferência de materiais entre desníveis. Composta por uma plataforma que pode ser elevada a abaixada
Plataformas niveladoras para docas	Plataformas instaladas para compensar a altura da caçamba do caminhão e a altura do prédio ou da doca
Pontes rolantes	Equipamentos constituídos por uma viga apoiada sobre trilhos paralelo, colocados acima do piso e instalados nas colunas do edifício
Pontes rolantes empilhadeiras	É uma ponte rolante com mastro vertical rígido ou telescópico
Pórticos rolantes	Semelhante às pontes rolantes, no entanto a viga de sustentação se acopla a um trole com talha
Robôs de manipulação/transferência	É reprogramável e multifuncional, autocontrolado eletronicamente ou por computadores
Semi-pórticos rolantes	Dispositivos de elevação e translação de cargas. Um lado se apóia e movimenta sobre trilhos em uma estrutura montada no prédio, a outra parte se apóia sobre um estrutura que se movimenta sobre trilhos no chão
Talhas	Dispositivos com mecanismo de acionamento provido de correntes ou cabos elevadores destinados à elevação de materiais em equipamentos suspensos em monovias
Talhas elétricas	São talhas cujo acionamento é executado por motores elétricos
Talhas manuais	A elevação se dá por força humana
Talhas pneumáticas	O acionamento é executado por motores pneumáticos (que são alimentados por dutos de ar comprimido)
Troles	Dispositivos com pelo menos duas rodas que podem se mover sobre trilhos ou calhas, suportando materiais, talhas ou ganchos

2.2.3.3 Transportadores contínuos

Moura (2004) define veículos industriais como:

“São mecanismos destinados ao transporte contínuo de granéis e volumes em percursos inclinados, horizontais ou verticais, fazendo curvas no plano vertical e/ou horizontal (dependendo do tipo) e com posição de operação fixa. São formados por um leito por onde o material desliza sobre elementos rolantes ou base inclinada, por sistemas baseados em correias ou correntes sem fim acionadas por tambores e/ou polias ou outros sistemas.”

Podem ser classificados basicamente por quatro tipos (MOURA, 2004):

- ✓ De correias planas ou côncavas;
- ✓ De elementos rolantes;
- ✓ De correntes;
- ✓ De taliscas, plataformas ou de arraste;
- ✓ Elevador de caçamba contínuo.

As vantagens na utilização desse tipo de transporte são:

- ✓ Alto fluxo e baixo custo por unidade de material transportado;
- ✓ Não dependem da habilidade do operador;
- ✓ Podem ser instalados acima do nível do piso.

As desvantagens na utilização desse tipo de transporte são:

- ✓ Costumam ocupar locais fixos com difícil modificação de percurso;
- ✓ Não são adequados para cargas variáveis;
- ✓ Capacidade fixa de carga.

✓ Tipos de Transportadores Contínuos

O Quadro 3 discrimina os tipos mais comuns de transportadores contínuos (MOURA, 2004):

Quadro 3 – Transportadores contínuos

Tipo de Transportadores	Descrição
Empilhadeiras/Retomadores para materiais a granel	Mecanismos (que podem possuir diversas configurações) que são destinados à coleta ou deposição de materiais a granel

Tipo de Transportadores	Descrição
Monovias	Trilhos ou calhas aéreas que sustentam troles e elevam e transportam cargas
Teleféricos	Cabos sustentados por torres os quais carregam caçambas para o transporte de materiais
Transportadores de acumulação controlada	São transportadores de rolos motorizados projetados de forma a permitir a acumulação de carga (minimizando a pressão entre cargas adjacentes)
Transportadores aéreos de corrente	Série de troles com rodas, apoiados na aba inferior de uma calha
Transportadores aéreos eletrificados - <i>Electric Overhead Monorail (EOM)</i>	Troles motorizados com controle e endereçamento automáticos
Transportadores aéreos – “<i>Power and Free</i>”	Transportadores aéreos de corrente e transportador livre do tipo monovia. No trilho superior desliza a corrente do transportador de acionamento, e no trilho inferior os troles (que se engatam de modo manual ou automático)
Transportadores de arraste (<i>redler</i>)	Mecanismos constituídos por correntes em fim providas de pás que correm sobre o fundo da calha, arrastando o material a granel em toda sua seção
Transportadores/Elevadores contínuos de volumes	Tem um caminho determinado, possuindo parte horizontal com seções articuladas, formando uma plataforma rígida para a movimentação horizontal em fluxo contínuo. Essas plataformas são fixadas em duas correntes e apoiadas em outras duas
Transportadores de correias, cintas ou telas	Arranjos mecânicos, elétricos e de estruturas metálicas, destinados à movimentação de materiais através de uma correia contínua
Transportadores de correias côncavas	Transportadores com concavidade na seção transversal
Transportadores de correias planas	Transportadores cuja correia se movimenta sobre superfícies planas. É utilizado para peças de volume pequeno ou médio
Transportadores de correntes	Mecanismos formados por correntes sem fim, as quais transportam os materiais. Podem ser configurados dispositivos sobre essas correntes, afim de gerar maior segurança para o transporte
Transportadores de correntes com barras de impulsão	Podem possuir uma ou mais correntes sem fio (se duas ou mais, configuradas paralelamente), às quais são fixadas barras transversais para o transporte de materiais
Transportadores/Elevadores de canecas ou caçambas	Destinados a carga a granel em caminhos verticais, inclinados ou na horizontal, consiste em um par de correntes sem fim, nas quais são fixadas canecas ou caçambas (com liberdade de movimento) para o transporte de materiais
Transportadores de esteiras metálicas	Podem ser feitos por fitas ou telas metálicas que deslizam sobre uma chapa metálica
Transportadores extensíveis/telescópicos	Transportadores nos quais seções deslizam uma sobre as outras, permitindo regular o seu comprimento
Transportadores fluidizados	Consiste em um conduto dividido em duas seções longitudinais, sendo dividido por uma parede permeável ao ar. Na parte superior vai o produto a granel e no inferior a injeção de ar, fluidizando o material (o ar pode ser injetado por ventiladores ou compressores a baixa pressão)
Transportadores helicoidais	Podem ser constituídos por rolos ou rodízios, motorizados ou não, estando disposto em forma de hélice, para o transporte de cargas, em declives acentuados

Tipo de Transportadores	Descrição
Transportadores magnéticos	São construídos por duas caixas de ferro, magnetizadas por ímã permanente. O material ferroso é conduzido por atração
Transportadores móveis/Empilhadeiras/Elevadores de sacarias	Transportadores móveis, que podem ser configurado de diferentes formas dentro de um limite, usados para empilhar ou desempilhar sacarias
Transportadores de piso	Transportadores montados próximo ao nível do piso, facilitando as operações e inspeções no material durante o transporte
Transportadores de plano inclinado – tipo calha	Constituídos por uma rampa, utilizados para guiar objetos ou materiais
Transportadores de plataformas – tipo carrossel	Configurados com uma série de plataformas, que correm sobre trilhos, montadas sobre uma corrente sem fio de tração (no plano horizontal)
Transportadores pneumáticos	Mecanismos nos quais o movimento de materiais sólidos em fase dispersa se faz por ação da gravidade, ajudado por ar comprimido ou de uma diferença de pressão
Transportadores de rosca sem-fim	Lâminas contínuas sem fim, desenvolvendo em espiral ao longo de um eixo, encerradas dentro de um conduto
Transportadores de rolos, rodízios ou esferas	Leitos compostos de elementos rolantes, sendo que a força motriz pode ser humana, gravidade ou motorizada
Transportadores de rodízios	Mecanismos nos quais elementos rolantes são rodízios de comprimento menor que o diâmetro, montados espaçadamente em eixos, dispostos em um leito sobre o qual a carga se move
Transportadores de rolos livres	Mecanismos cujo leito é formado por rolo apoiados em rolamentos, colocados transversalmente ao sentido de deslocamento da carga
Transportadores de rolos motorizados	Mecanismos nos quais os rolos são acionados por motores (seja interno ou externo)
Transportadores/Mesas com esfera de apoio	Os elementos rolantes são esferas agrupadas sobre mesas, estrados ou pilares
Transportadores sortidores	Sistemas baseados no uso de transportadores, que carregam tipos variados de cargas, em pontos diferentes ou não, sendo descarregados em espaços segregados
Transportadores de taliscas	Mecanismos impulsionados por uma ou mais correntes sem fim, sobre as quais são instaladas placas (podendo ser espaçadas ou contínuas)
Transportadores vibratórios	Constituídas por bandejas, calhas ou tubos, que vibrado por sistema motorizado de frequência relativamente alta e de pequena amplitude, produz micro-saltos que movem o material

2.2.4 Sistema de gestão armazenagem (WMS)

O ambiente operacional nos armazéns está em constante evolução e necessita cada vez mais de informação rápida e correta. Um sistema de informação de armazenagem (*Warehouse Management System –WMS*) disponibiliza, armazena e reporta a informação necessária para gerenciar o fluxo de produtos dentro de um armazém ou depósito, desde o recebimento da mercadoria até a sua expedição (FABER, KOSTER e VELDE, 2002).

A utilização de um sistema de informação para controlar as atividades de um depósito ajuda a enfrentar a complexidade e a utilizar melhor os recursos disponíveis para a execução das atividades (sejam equipamentos, pessoas, infraestrutura ou mercadorias) (REED, 1998). Assim, com o uso do WMS, existe a possibilidade de ter impactos positivos na redução de custos e aumento do nível de serviço de um depósito (BARBOSA, MUSETTI, 2010).

Com um WMS implantado e efetivo, alguns benefícios surgem para o sistema de armazenagem como um todo (REED, 1998):

- ✓ Diminuição de reclamação dos clientes;
- ✓ Diminuição de realização de inventários físicos para ajuste de estoque;
- ✓ Diminuição de devoluções;
- ✓ Diminuição de erros de estocagem;
- ✓ Diminuição erros de *picking*;
- ✓ Diminuição de utilização pobre do espaço;
- ✓ Diminuição de produtividade baixa.

O WMS pode estar integrado com outras tecnologias, a citar (REED,1998):

- ✓ RFID;
- ✓ Tecnologia magnética (a mesma utilizada em cartões de crédito, por exemplo);
- ✓ OCR (*Optical Character Recognition*) – reconhecimento ótico de caracteres;
- ✓ Reconhecimento por voz;
- ✓ Código de barra.

As funcionalidades do WMS podem ser divididas em quatro categorias principais e estão coerentes com as atividades previstas nos depósitos, conforme visto em subseção anterior (REED, 1998):

- ✓ **Recebimento do produto:** produtos comprados, produtos acabados de terceiros, produtos produzidos pela própria empresa e retorno dos clientes;
- ✓ **Estocagem do produto:** inspeção de qualidade, armazenagem, localização de produtos e controle de lotes;

- ✓ **Picking:** *picking* de matéria-prima, produtos intermediários (WIP) e produtos acabados;
- ✓ **Transporte dos produtos:** transporte interno (dentro dos depósitos) e externo (distribuição para clientes externos) dos produtos.

Os WMS's podem ser classificados em três tipos principais (DUSSELDORP¹¹, 1996 apud FABER; KOSTER; VELDE, 2002):

- ✓ **WMS básico:** sistema simples que controla apenas o estoque e a localização dos itens no estoque. Informações de *picking* são fornecidas e podem ser disponibilizadas em um terminal RFID;
- ✓ **WMS avançado:** adicionalmente ao WMS básico, este sistema planeja recursos e atividades relacionadas à sincronização do fluxo de materiais no depósito;
- ✓ **WMS complexo:** neste sistema é possível ocorrer a integração entre vários depósitos. É possível rastrear e aperfeiçoar o fluxo de bens e recursos nos diversos depósitos atendidos por este sistema.

Para o desenvolvimento e implementação de um WMS, os seguintes aspectos devem ser levados em consideração (FABER; KOSTER; VELDE, 2002):

- ✓ Tipo do estoque (privado, público ou dedicado);
- ✓ O *layout* e o tamanho do depósito;
- ✓ Os sistemas e tecnologias disponíveis no depósito (traselevadores, RFID, código de barra, etc.);
- ✓ As combinações produto / mercado;
- ✓ Os processos internos ao depósito e os processos que influenciam as atividades dos depósitos (fiscal, segurança, contábil, etc.).

Os WMS's podem auxiliar na atividade de *picking*, sendo que todas as informações do depósito estarão nele centralizadas. No WMS poderão estar presentes as heurísticas ou algoritmos de otimização que ajudarão a definir as rotas do *picking*, pontos de reabastecimento do estoque de *picking*, impressão de *picking list* e atuar como central de comando para o *picking-by-light* e para o *picking-by-voice*.

¹¹ DUSSELDOPOR, T. Inventarisatie van warehouse management system en cross-docking-system. *International Report*, 1996.

Uma vez que as informações estão nele centralizadas é possível verificar quais são os impactos da atividade de *picking* nas outras atividades presentes nos depósitos. Relatórios de análise podem ser configurados com o objetivo de fornecer a informação correta na hora necessária.

Como qualquer outro sistema de informação é necessário que os dados que são inseridos sejam confiáveis, ou seja, caso os *inputs* do sistema não sejam confiáveis ou seus *outputs* também não o serão.

2.3 *Picking*

Esta subseção visa explicar teoricamente sobre o *picking*, mostrando suas tendências, tipologia, tecnologia e aspectos operacionais, ou seja, definição de rotas, *layout* e indicadores.

2.3.1 O *picking* e suas tendências

O *picking* é uma atividade realizada nos depósitos e armazéns que influencia diretamente no atendimento do pedido do cliente. Como já visto em seções anteriores, as empresas estão inseridas em um ambiente competitivo em que não podem mais ser consideradas como entidades isoladas. Isto criou um interesse para a gestão e configuração de centros de distribuição, depósitos e o canal de distribuição em si (MANZINI et al., 2007).

Witt¹² (1987) apud Gray, Karmarkar e Seidmann et al. (1992) cita que a seleção correta do tipo de *picking* a ser realizado pode ser um fator de alta significância para diminuição de custos, uma vez que o *picking* é responsável por grande parte dos custos presentes na atividade de armazenagem (KOENIG¹³, 1989 e OGBURN¹⁴, 1984 apud GRAY; KARMARKAR; SEIDMANN, 1992).

A complexidade do ambiente, que por sua vez reflete na complexidade da gestão e execução da atividade de *picking*, pode ser sinalizada pelas seguintes características (MANZINI et al. 2007):

- ✓ Mudanças globais e mercados expandidos;

¹² WITT, C. E. Auto parts supplier uses consolidation to save distribution dilemma. **Material Handling Engineer**, v. 42, p. 83-88, 1987.

¹³ KOENIG, J. Planning and justifying a material distribution center. **Proceedings of Spring Annual IEE Conference**, Dallas, TX, 1989.

¹⁴ OGBURN, J. E. Order Picking economy: Batch vs individual. **Proceedings of the International Material Handling Forum**, Houston, TX, 1984.

- ✓ Necessidade de gestão de produtos diferenciados e com ciclos de vida mais curtos;
- ✓ Menores volumes e quantidades de produtos por pedido;
- ✓ Menores tempos de entrega do pedido;
- ✓ Crescimento do *e-commerce*, trazendo um novo foco para as atividades das unidades produtivas e dos depósitos.

Koster, Le-Duc, e Roodbergen (2007) citam mais algumas características:

- ✓ Diminuição no tamanho dos lotes de produção;
- ✓ Entrega direta para o ponto final de utilização/comercialização;
- ✓ Customização de produtos;
- ✓ Necessidade de gestão e atendimento de ordens momentos antes da sua entrega e diminuição do *lead time* de distribuição;
- ✓ Pequenos depósitos sendo atendidos por grandes centros de distribuição, gerando um grande volume da atividade de *picking* nesses grandes centros de distribuição;
- ✓ Estratégias de *postponement* de forma a atender de forma mais ágil e responsiva as necessidades dos clientes (VAN HOEK¹⁵, 2001 apud KOSTER; Le-DUC; ROODBERGEN, 2007), por meio de formação de *kits*, rotulagem especial, montagem final de produtos e empacotamento ou paletização personalizada.

Petersen (2002) cita que uma grande dificuldade nas atividades dos depósitos e armazéns, e, por conseguinte, uma maior complexidade para o *picking*, advém do aumento de quantidades de diferentes SKU's, que geram, por sua vez, uma maior necessidade de espaço para o armazenamento, podendo resultar em um aumento do *leadtime* de atendimento do pedido, caso não se tenha uma boa gestão das atividades.

Halsey (1998) cita que os profissionais de Logística consideram a atividade do *picking* como uma das mais críticas presentes na atividade de distribuição. O mesmo autor ainda diz que o *picking* pode ser considerado como o elo que faz a ligação dos produtos entre os fornecedores e os clientes.

Uma vez destacada a importância do *picking*, foram apresentadas as definições encontradas na literatura sobre esta atividade.

¹⁵ VAN HOEK, R. I. The rediscovery of postponement a literature review and directions of research. *Journal of Operations Management*, v. 19, p. 161-284, 2001.

Segundo Koster, Le-Duc, e Roodbergen (2007) a atividade de *picking* se refere ao processo de retirada de produtos de um local de estocagem (ou pulmões) para atender um pedido ou requisição específica de um cliente.

Petersen e Aase (2004) citam uma definição muito parecida com a de Koster, Le-Duc, e Roodbergen (2007) e complementam dizendo que o *picking* é a retirada de *stock keeping units* (SKU's) de um depósito para o atendimento dos clientes. Esta atividade é um componente vital da cadeia de suprimentos de muitas companhias, sendo a responsável pelo maior custo para o atendimento das ordens.

Daniels, Rummel e Schantz (1998) definem a atividade de *picking* como a determinação de uma sequência de visitas a localizações específicas dentro do depósito, onde os produtos estão armazenados, para a retirada dos mesmos. Segundo os mesmos autores, normalmente este problema é modelado conforme o problema do caixeiro viajante, que consiste em visitar um conjunto de locais, passando uma única vez em cada um deles, com a menor rota possível.

Caron, Marchet e Perego (2000a) definem o *picking* como sendo uma viagem de múltiplas paradas para a retirada de produtos, conforme determinado por uma lista de separação (*picking list*), para o atendimento do pedido do cliente.

Van den Berg e Zijm (1999) definem que a atividade de *picking* é uma operação na qual itens únicos são retirados da posição de estocagem.

A definição a ser utilizada neste trabalho é a elaborada por Bozutti e Costa (2010), que visa sintetizar as definições anteriormente apresentadas:

“Picking é uma atividade presente na Logística (que por sua vez têm influência na SCM) que consiste em regras de visitas em locais específicos de um layout pré-determinado da zona de estocagem para o atendimento do pedido do cliente, de forma a satisfazê-lo com um nível de serviço estipulado que gere lucratividade para a organização”.

Esta definição sugere alguns pontos de atenção e que estão de acordo com os propósitos deste trabalho:

- ✓ O *picking* é uma atividade presente na Logística, portanto qualquer influência positiva na atividade de *picking* influenciará positivamente nos resultados da Logística. O contrário também é válido. Como a Logística faz parte da SCM, ganhos ou perdas presentes na atividade do *picking* também influenciarão a SCM;

- ✓ As visitas a locais específicos podem ser por parte do operador (ou robô) ou dos produtos para um local específico para a sua retirada;
- ✓ O local de estocagem pode estar dividido em uma única zona ou em várias zonas de estocagem. Em cada zona pode ser atribuída uma estratégia de armazenagem, movimentação de materiais e a estratégia de *picking*;
- ✓ É importante que o *picking* atenda ao nível de serviço estipulado para a organização. O nível de serviço pode ser único para todos os produtos ou pode ser específico para uma determinada família de produto e/ou cliente. Este tipo de definição influencia nas atribuições necessárias para o desenvolvimento do processo de *picking*.

2.3.2 O *picking* nos depósitos

Os depósitos e armazéns têm um papel importante tanto para a Logística como para a SCM, sendo o local onde produtos podem ser estocados temporariamente para o atendimento de uma ordem do cliente, através da retirada dos produtos do estoque, ou seja, através da realização do *picking* (PETERSEN, 2002).

Gray, Karmarkar e Seidmann et al. (1992) consideram que depósitos e armazéns são instalações responsáveis pela geração de serviços. A gestão eficaz dessas instalações tem influência sobre o *leadtime* de atendimento e a confiabilidade na taxa de atendimento (ou *fill rate*). Citam ainda que, estas operações possuem uma maior complexidade quando se trata de consolidação e embalamento customizados de múltiplos itens. Como pode ser visto na Figura 31, estas duas atividades são posteriores ao *picking*, sendo que este influencia diretamente nessas atividades.

Van den Berg e Zijm (1999) dividem as atividades dentro de um depósito em quatro processos principais:

- ✓ Recebimento;
- ✓ Armazenagem;
- ✓ *Picking*; e
- ✓ Expedição.

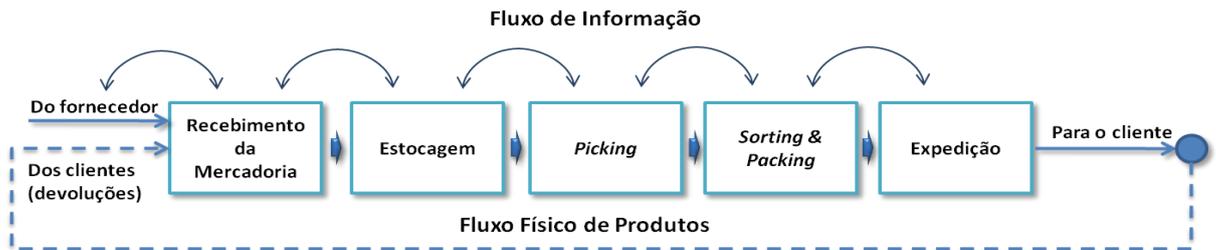


Figura 31 – Atividades nos depósitos (Fonte: BOZUTTI e COSTA, 2010)

Bozutti e Costa (2010) possuem uma abordagem muito semelhante a adotada por Van den Berg e Zijm (1999), acrescentado o fluxo de informação, fluxo de materiais e o *sorting/packing* logo após a atividade do *picking*. A abordagem de Bozutti e Costa (2010) está sintetizada na Figura 31.

O fornecedor pode ser tanto interno como externo à companhia. Para exemplificar, um fornecedor interno pode atender o depósito central de uma empresa, ou seja, é realizada uma transferência interna dos locais de produção para o depósito central. No caso de um fornecedor externo, pode ser, por exemplo, um distribuidor terceirizado que entrega seus produtos à empresa cliente, respeitando seu pedido de compra.

A atividade de recebimento tem o papel de atualizar o sistema de informação da companhia com os dados necessários, seja de custo, estoque, disponibilidade, ou outro qualquer. Também faz conferências de qualidade e gera conformidade do produto para a companhia, por exemplo, etiquetar o produto ou colocá-lo em uma embalagem ou outra forma de estocagem que facilite ou mesmo viabilize o trabalho na empresa.

Ackerman (1998) descreve que caso ocorra algum erro na atividade de recebimento de uma mercadoria em um depósito, esta falha pode levar a futuros problemas nas atividades posteriores, ou seja, *picking*, *sorting/packing* e expedição. O mesmo autor reconhece onze passos a serem seguidos para executar a atividade de recebimento de mercadorias:

1. Agendar o descarregamento;
2. Receber documentação fiscal e formalizar no sistema de informação a entrada do veículo dentro do armazém;
3. Informar ao transportador do veículo o local de descarregamento (em empresas com sistemas ERP implementados, normalmente é emitido um documento de descarregamento e este deve andar em conjunto com o veículo dentro da organização);

4. Verificar as condições de segurança do veículo em sua entrada;
5. Dirigir o veículo até o local de recebimento e verificar a sua documentação;
6. Procurar a existência de avarias, divergência de produtos, etc. (os produtos poderão ser aceitos ou recusados) no carregamento;
7. Descarregar produtos no local determinado;
8. Retirar embalagem secundária, caso necessário;
9. Realizar inspeção fina nos produtos descarregados, caso necessário;
10. Realizar descarte de produtos avariados;
11. Disponibilizar produtos para a estocagem no local determinado.

Caso o recebimento seja da produção interna da empresa, alguns passos podem ser eliminados. Este caso normalmente ocorre quando o depósito fica dentro da própria unidade produtiva, não necessitando, muitas vezes, de documentos legais de transporte (nota fiscal), pois o produto não sairá da empresa.

A atividade de estocagem se define pela disposição dos produtos (reabastecimento) no depósito onde o produto ficará armazenado e posteriormente poderá passar pelo *picking*. Esta atividade pode se diferenciar de empresa para empresa dependendo da estratégia de posicionamento do estoque de *picking* adotada. Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) identificam duas estratégias principais de posicionamento do estoque de *picking*:

- ✓ Estoque de *picking* localizado em uma zona separada no estoque geral;
- ✓ Estoque de *picking* localizado nas mesmas prateleiras do estoque geral.

Quando o *picking* é realizado em local separado do estoque geral, normalmente o espaço de trabalho é mais compacto, otimizando o percurso do operador. No entanto, será necessário ter espaço reservado para fazer o reabastecimento do estoque e para a programação de transporte (capacidade e frequência) de produtos do estoque geral para o estoque de *picking* (também conhecido por reabastecimento do estoque de *picking*) (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010).

Com o *picking* sendo realizado no mesmo espaço onde está presente o estoque geral, será necessário ter uma gestão física efetiva do estoque para obedecer às regras de atendimento (FIFO, LIFO, ou outro) e posicionamento dos materiais (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010).

Percebe-se que as atividades que precedem ao *picking* impactam no sucesso ou não desta atividade. Caso a atividade de recebimento não seja bem executada, impactos surgirão no *picking*, ou seja, produtos podem não estar no formato desejado ou ainda produtos podem estar fora da qualidade necessária. O mesmo acontece para a estocagem, na qual danos podem acontecer, e também, se não for bem gerenciada, dificultar a localização dos produtos (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010).

Outro ponto de atenção é a forma na qual estão organizados os produtos no estoque de *picking* (independentemente da posição dele em relação ao estoque geral). Diferentes abordagens podem ser adotadas para definir o local de estocagem dos produtos. Koster, Le-Duc, e Roodbergen (2007) apresentam cinco tipos principais:

- ✓ Estocagem randômica;
- ✓ Estocagem *closest open location*;
- ✓ Estocagem dedicada;
- ✓ Estocagem *full turnover*;
- ✓ Estocagem baseada em classes.

A **estocagem randômica** é quando o produto tem igual probabilidade de ser estocado em qualquer localidade do depósito (PETERSEN, 1997). Esse tipo de estocagem é muito utilizado nos depósitos devido à simplicidade do seu uso (PETERSEN; AASE, 2004) e leva a uma alta utilização do espaço disponível no estoque (CHOE; SHARP, 1991). No caso de armazéns em que a quantidade de SKU's armazenados seja muito grande, é necessário utilizar de sistemas de informação computadorizados para que se possa localizar facilmente o local onde o produto foi estocado (APICS, 2006b).

A estocagem ***closest open location*** é quando o operador estoca a mercadoria na primeira localidade livre para estocagem. Quando se pretende usar a estocagem randômica sem o uso de computadores, ou seja, o próprio operador escolhe a localidade, a estocagem randômica tenderá para a estocagem *closest open location* (KOSTER; Le-DUC; ROODBERGEN, 2007). Neste caso também, como previsto pela APICS (2006b), caso existam grandes quantidades de produtos e SKU se faz necessário a utilização de sistemas de informação computadorizados para uma rápida localização dos produtos no local em que foram armazenados.

A **estocagem dedicada** é quando o produto tem a sua localidade fixa e dedicada (MARTIN et al., 1998). Para esse tipo de estocagem é necessário um depósito com mais espaço disponível e a utilização do espaço é menor, se comparada aos outros métodos de estocagem comentados. No entanto, um ponto positivo é que o operador se habitua e aprende rapidamente a localidade dos produtos nos estoques (KOSTER; Le-DUC; ROODBERGEN, 2007 e APICS, 2006b).

A **estocagem do tipo *full turnover*** aloca os produtos de acordo com o seu *turnover*, ou seja, produtos com alto nível de venda são estocados em locais de fácil acesso, enquanto produtos com baixo nível de venda são estocados em locais de mais difícil acesso (a facilidade de acesso normalmente é definida pela distância do ponto de *input/output* do estoque de *picking*). Pode ser aplicada, neste caso, a regra de Pareto, dividindo os produtos entre A, B e C, nos quais os produtos classificados como A estejam em uma localidade de mais fácil acesso e os produtos com classificação C estejam em uma localização com menor prioridade para o acesso rápido (APICS, 2006b).

A **estocagem baseada em classes** é de certa forma uma miscelânea dos métodos anteriores. Esse tipo de estocagem prevê a divisão dos produtos em diferentes classes e reserva uma porção do estoque de *picking* para cada classe (MANZINI et al., 2007). Dentro de cada classe é possível utilizar a estocagem randômica, *closest open location* ou *full turnover*.

Dekker et al. (2004) mostram que a política de estocagem adotada em conjunto com a formulação de rotas do *picking* (*routing*, como será visto em seção adiante) quando analisadas e executadas da forma correta para o caso em estudo, podem trazer grandes ganhos para o *picking*. Cita ainda algumas restrições que podem estar presentes no processo de estocagem:

- ✓ A depender do tipo de produtos e de suas características, estes devem ser estocados separadamente;
- ✓ Produtos frágeis devem ser estocados posteriormente dos produtos não frágeis;
- ✓ Deve-se deixar algumas localidades de estocagem vazias, para, por ventura, estocar um novo produto ou absorver um desequilíbrio entre fornecimento e demanda.

A depender da característica do pedido e do cliente, pode ser necessário que seja realizado um processo de *sorting*. Este processo é responsável pela separação de produtos após o *picking* para um atendimento específico para o cliente, tendo como base alguma

característica, por exemplo, local de entrega (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010). O *packing* é uma atividade que pode ser posterior ao *sorting* ou mesmo ao *picking*, na qual é inserida uma nova embalagem no produto (embalagem secundária), com o principal objetivo de proteção do mesmo (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010).

Além do fluxo de informação é apresentado o fluxo de materiais. Este fluxo dentro do processo apresenta uma característica linear, ou seja, qualquer refluxo interno é devido a falhas na execução ou no planejamento. O único refluxo previsto é o do cliente por meio de devolução, por exemplo. Este é um caso de refluxo externo. Nesse caso, a atividade de recebimento de mercadoria tem um papel fundamental para verificar se esse produto foi devolvido em condições e pode ser reutilizado para o atendimento de outros pedidos.

2.3.3 Tipologia do *picking*

Nesta subseção é apresentado um estudo sobre os tipos e/ou formas (classificação) da atividade de *picking*.

2.3.3.1 *Picking* manual ou automatizado

Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) consideram que uma primeira divisão para o sistema de *picking* é quanto à sua automatização, ou seja, se é manual ou automatizado. Caso seja manual, existem ainda outros dois tipos de divisão: operador para SKU (o operador se desloca até o local no qual está localizado o produto e retira o SKU) e SKU para operador (a mercadoria chega até o operador, por meio de esteiras, por exemplo, e, então, o operador retira o SKU conforme pedido do cliente). Maiores detalhes podem ser vistos na Figura 32.

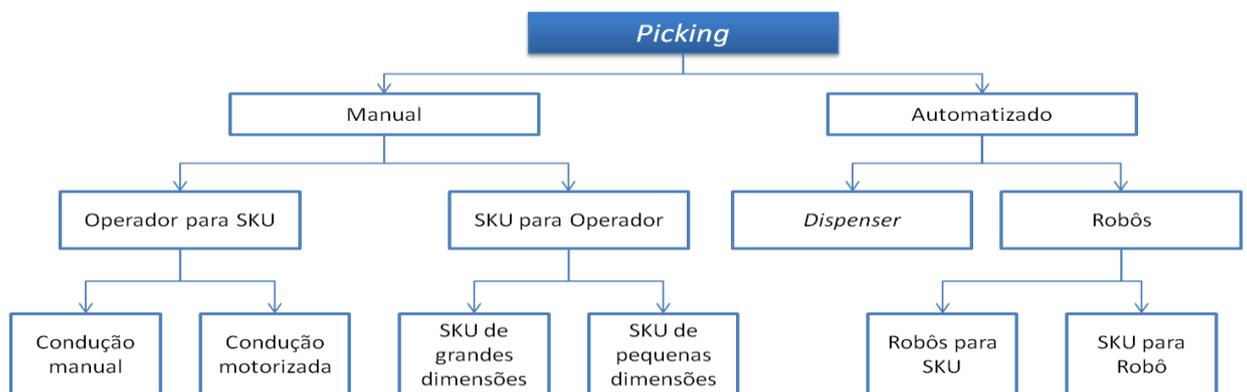


Figura 32 – Classificação do sistema de *picking* (Fonte: BOZUTTI e COSTA, 2010)

No caso do *picking* manual, operador para SKU, o fator tomado como referência para a classificação é quanto ao tipo de transporte adotado, ou seja, se o operador irá

conduzir os recipientes que comportarão os produtos retirados de forma manual, com um porta-*pallet* não motorizado, por exemplo. Caso o operador venha a utilizar um porta-*pallet* motorizado, seria classificado como um transporte motorizado. Esse tipo de classificação mostra que um fator importante a ser considerado na configuração do *picking* é como o operador chegará ao SKU, ou seja, a forma que ele irá se conduzir até o SKU.

No caso de SKU para operador, o fator considerado como referência é como o produto chega até o operador, sendo assim a dimensão do produto é um fator de importância para a classificação. Assim, esta classificação se subdivide em duas alternativas, sendo em SKU's de grandes dimensões e SKU's de pequenas dimensões.

Outra categoria considerada nessa classificação é o *picking* do tipo automatizado. O *picking* automatizado se divide em *dispenser* e robôs.

Os *dispensers*, também conhecidos por *A-frames*, são máquinas que automatizam o processo de *picking* e fazem com que o processo não necessite de uma *picking list* impressa em papel (WEISS; FRYE, 1998). É um tipo de máquina destinada para itens de pequenas dimensões, conforme classificação proposta por Tompkins (1998) Segundo Weiss e Frye (1998) esse tipo de equipamento pode gerar taxas de *picking* de até mil e quinhentos produtos sendo retirados por hora.

Outro tipo de automatização apresentado na classificação se refere ao uso de robôs. Da mesma forma que apresentado no *picking* manual, têm-se dois tipos de classificação, o robô para SKU e o SKU para robô. No caso de robô para SKU, o robô se desloca até o local de armazenagem do SKU e retira o produto conforme o pedido do cliente. No caso de SKU para robô, o SKU vem para o robô (por esteiras, por exemplo) e o robô retira o produto conforme o pedido do cliente.

Qualquer tipo de automação de um sistema só deve ser adotado se houver retornos financeiros que compensem o investimento. Dessa forma, só é necessário automatizar o sistema de *picking* caso a velocidade de separação e o índice de movimentação (SKU's retirados por jornada de trabalho) compensem o investimento.

2.2.3.2 Picking por zonas

Zoning, ou divisão do estoque de *picking* em zonas, é o processo de divisão do estoque em regiões (ou zonas) nas quais um operador ou um conjunto de operadores só deve retirar os SKU's (realizar o *picking*) em sua zona que já foi pré-definida (PETERSEN, 2002). Desta forma, o operador é responsável somente pelo *picking* dos produtos que estão em sua zona. A Figura 33 representa a divisão por zonas.

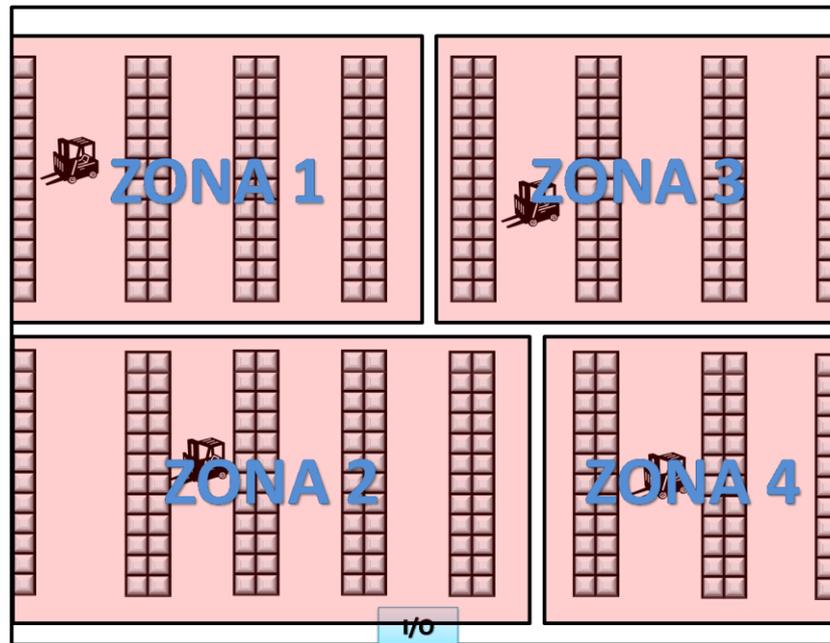


Figura 33 – Divisão do estoque por zonas de *picking* (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) descrevem que o aspecto positivo da divisão do estoque em zonas é que o operador se especializa na zona em que está trabalhando, enquanto que o aspecto negativo é que pode existir uma dificuldade de balanceamento de atividades, podendo alguns operadores possuírem ociosidade.

Halsey (1998) divide o *picking* por zonas em 2 categorias:

- ✓ ***Picking* por zona sequencial:** nesta situação, caso existam itens dentro de uma ordem de venda que façam parte de mais de uma zona, cada zona será visitada sequencialmente, ou seja, primeiro em uma zona são retirados todos os itens da ordem que estejam lá presentes, e, somente após a conclusão desta parte, a próxima zona será visitada;
- ✓ ***Picking* por zona simultâneo:** neste caso se faz o *picking* paralelamente dos itens da ordem em cada zona em que eles estiverem presentes e, após a conclusão, os itens são consolidados para entrega do cliente.

Petersen (2000) cita que a utilização de *picking* por zonas tem sido utilizada na prática e tem mostrado que reduz a distância que o operador tem que percorrer para atender os pedidos. A diminuição da distância que o operador deverá percorrer certamente diminuirá o tempo necessário para o atendimento do pedido.

A zona dourada é uma zona na qual existem performances exclusivas para o atendimento prioritário de SKU's estratégicos para o negócio. Normalmente, em uma zona dourada, o percurso (distância) que o operador deverá percorrer é menor, bem como o tempo para a atividade do *picking* também é menor. No caso do trabalho publicado por Petersen, Siu e Heiser (2005) foi considerada outra abordagem, em que a zona dourada é a altura entre a cintura e o ombro do operador, ou seja, em uma posição privilegiada para a retirada de produtos do local de armazenagem.

2.3.3.3 *Picking low level e high level*

A classificação *picking low-level* e *picking high-level* é citada e utilizada por diversos autores, a citar: Bozutti, Costa e Ruggeri (2010), Koster, Le-Duc, e Roodbergen (2007), Petersen, Siu e Heiser (2005), Caron, Marchet e Perego (2000a), Manzini et al. (2005) e Rubrico et al. (2008).

O *picking low-level* pode ser definido quando a soma dos tempos de movimentação (transferência) vertical do operador entre cada posição de atividade e a posição sucessiva é, na média, **insignificante** em relação à soma dos tempos de movimentação (transferência) horizontal entre as mesmas posições (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010 e KOSTER; Le-DUC; ROODBERGEN, 2007). A Figura 34 ilustra tal classificação.

O *picking high-level* pode ser definido quando a soma dos tempos de movimentação (transferência) vertical do operador entre cada posição de atividade e a posição sucessiva é, na média, **significante** em relação à soma dos tempos de movimentação (transferência) horizontal entre as mesmas posições (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010 e KOSTER; Le-DUC; ROODBERGEN, 2007). A Figura 35 ilustra o *picking high-level*.

✓ *Band Heuristic*

Esse algoritmo tem como início a divisão das prateleiras em duas bandas (duas bandas verticais ou duas bandas horizontais). A Figura 36 indica o primeiro passo desse algoritmo:

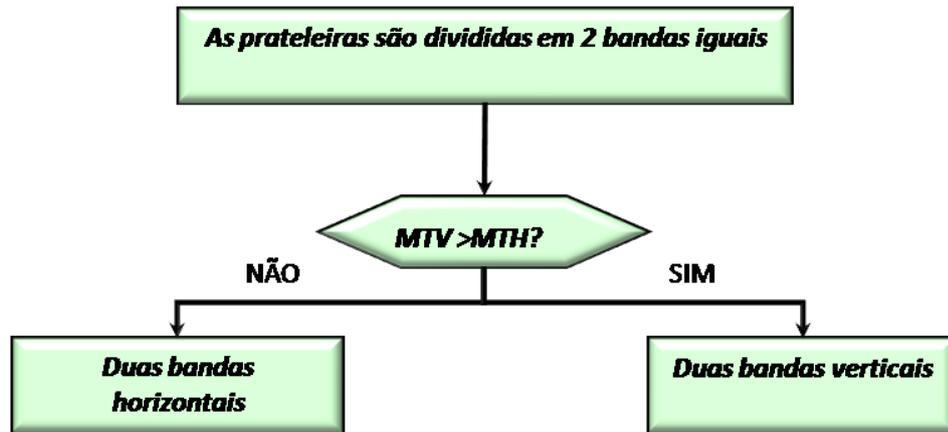


Figura 36 – *Band Heuristic* (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

Se a dimensão horizontal (MTH) for maior que a dimensão vertical (MTV), a prateleira deverá ser dividida em duas bandas horizontais, caso contrário divide-se a prateleira em duas bandas verticais.

Para evoluir no entendimento, considera-se $MTH > MTV$, portanto, duas bandas horizontais, conforme a Figura 37.

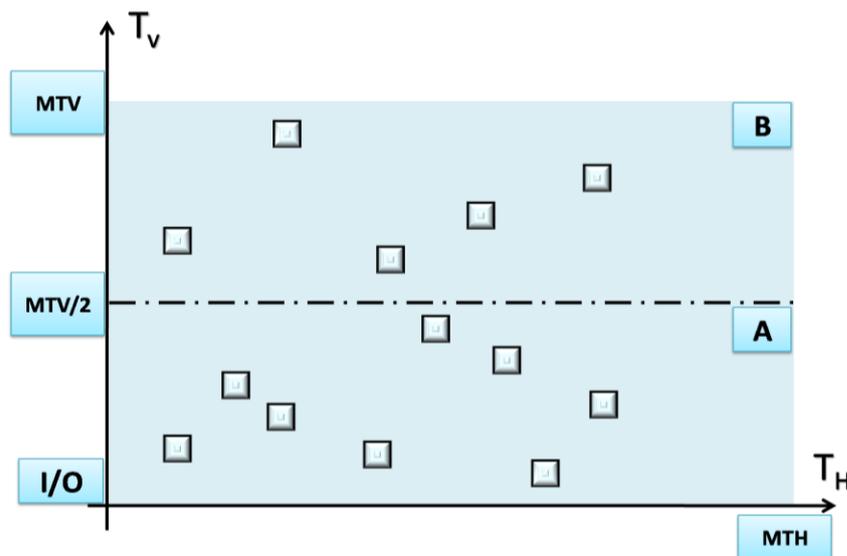


Figura 37 – Duas bandas horizontais (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

Os lugares a visitar são representados pelos pequenos quadrados na Figura 15. É nesses lugares que se efetuará a atividade do operador.

Os “LVA”, lugares a visitar na banda A, são ordenados em ordem crescente pela coordenada horizontal, conforme Expressão 1:

$$x(A_1), x(A_2), x(A_3), \dots, x(A_{LVA}) \quad (1)$$

A banda A é percorrida da esquerda para a direita.

Os “LVB”, lugares a visitar na banda B, são ordenados em ordem decrescente na coordenada horizontal, conforme Expressão 2:

$$x(B_1), x(B_2), x(B_3), \dots, x(B_{LVB}) \quad (2)$$

A banda B é percorrida da direita para a esquerda.

A solução final, ou seja, a ordem pela qual o operador efetuará a sua atividade está representada pela Figura 38.

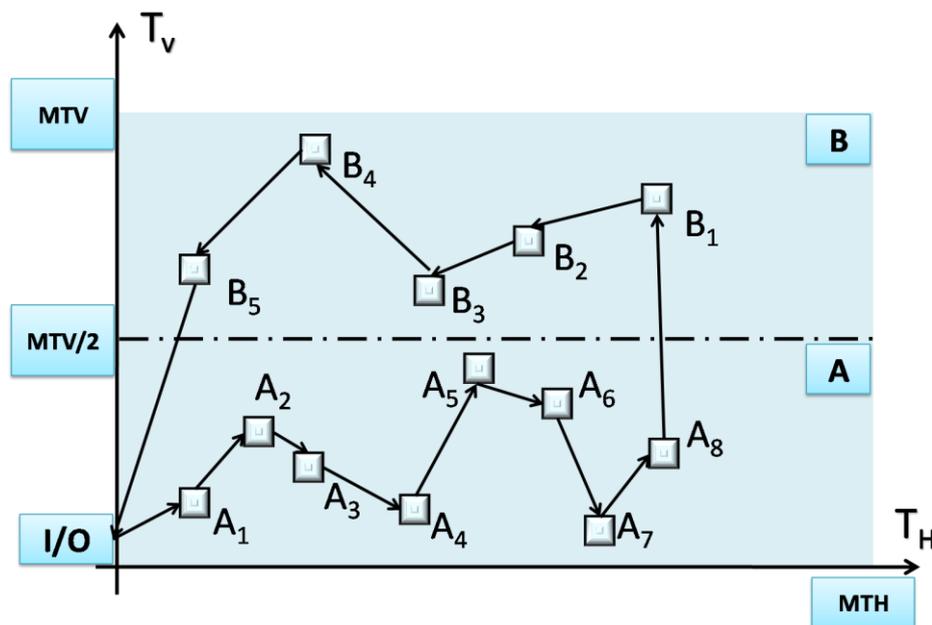


Figura 38 – Solução final do *Band Heuristic*. (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI ,2010)

✓ *Band Insertion Heuristic*

Como o próprio nome do algoritmo sugere, nesse método uma banda a mais será inserida, de modo a gerar a sequência para a atividade do operador.

- ✓ 3 bandas iguais (1/3 BIH);
- ✓ Banda A: $0 \leq Y(P_i) \leq MTV/3$;
- ✓ Banda B: $MTV/3 \leq Y(P_i) \leq 2MTV/3$;
- ✓ Banda C: $2MTV/3 \leq Y(P_i) \leq MTV$.

Depois dessa divisão se determina um percurso “provisório” aplicando o procedimento BH (visto anteriormente) com relação às bandas A e B.

Os “LVC”, lugares a visitar na banda C, são ordenados na abscissa decrescente, conforme Expressão 3:

$$x(C_1) > x(C_2) > \dots > x(C_{NLVC}) \quad (LVA + LVB + LVC = NLV) \quad (3)$$

O próximo passo é tentar alocar os elementos da banda C na banda A ou na banda B, isto é, os lugares a visitar em C que estiverem entre os lugares a visitar em A e os lugares a visitar em B, segundo o eixo x, e que poderão modificar a sequência de A ou de B, conforme o menor percurso extra, conforme Expressão 4 e 5, respectivamente:

$$[x(A_j) < x(C_m) < x(A_{j+1})] \rightarrow A_j, A_{j+1} \quad (4)$$

$$[x(B_j) > x(C_m) > x(B_{j+1})] \rightarrow B_j, B_{j+1} \quad (5)$$

Dessa forma, esses genéricos A_j , A_{j+1} e B_j , B_{j+1} deverão ser analisados (pelo percurso extra) de modo que poderão ser modificados, ou seja, um ponto C pode ser inserido entre eles.

Determinando o percurso extra (PE)

O percurso extra é determinado conforme as Expressões 6 e 7, respectivamente:

$$PE(A_j \rightarrow C_m \rightarrow A_{j+1}) = D(A_j \rightarrow C_m) + D(C_m \rightarrow A_{j+1}) - D(A_j \rightarrow A_{j+1}) \quad (6)$$

Em que,

$$D(A_j \rightarrow C_m) = \max [(x(C_m) - x(A_j), Y(C_m) - Y(C_j))] \quad (7)$$

Posteriormente, deve-se fazer o mesmo para os pontos B, e por fim, escolher o percurso que tiver PE menor.

As Figuras 41, 42, 43, 44, 45 e 46 ilustram as etapas descritas:

- a) Dividir em duas bandas segundo o algoritmo BH (*Band Heuristic*).

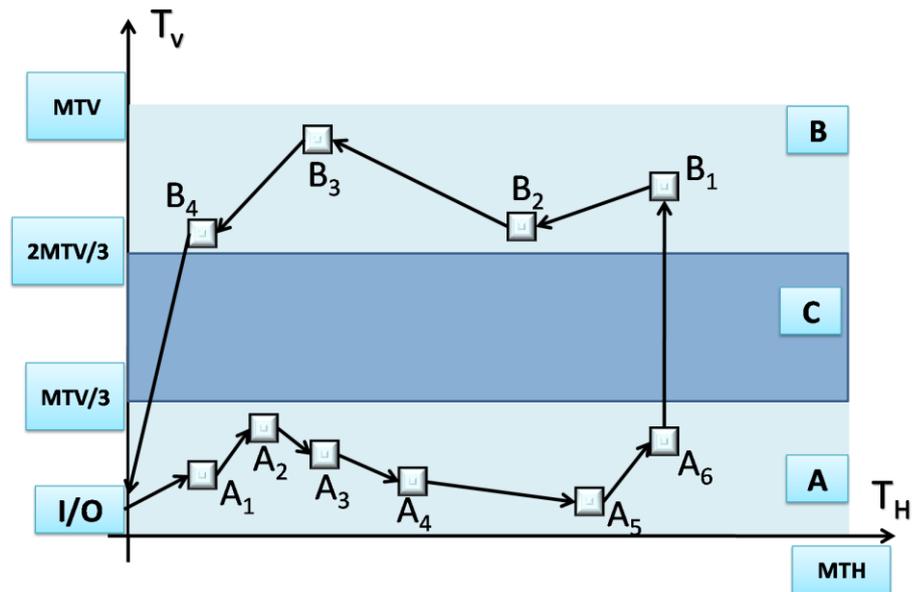


Figura 41 – Etapa 1 do BIH (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

b) Determinar os pontos que deverão ser analisados segundo o critério detalhado nas Expressões 8 e 9, respectivamente:

$$[x(A_j) < x(C_m) < x(A_{j+1})] \rightarrow A_j, A_{j+1} \quad (8)$$

$$[x(B_j) > x(C_m) > x(B_{j+1})] \rightarrow B_j, B_{j+1} \quad (9)$$

Na Figura 42 esses pontos a serem analisado estão ligados por linhas pontilhadas.

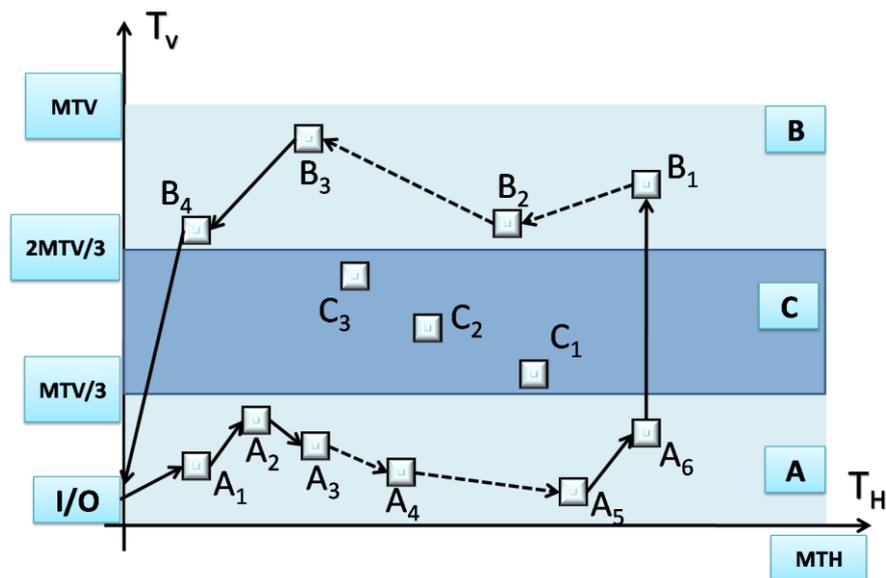


Figura 42 – Etapa 2 do BIH (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

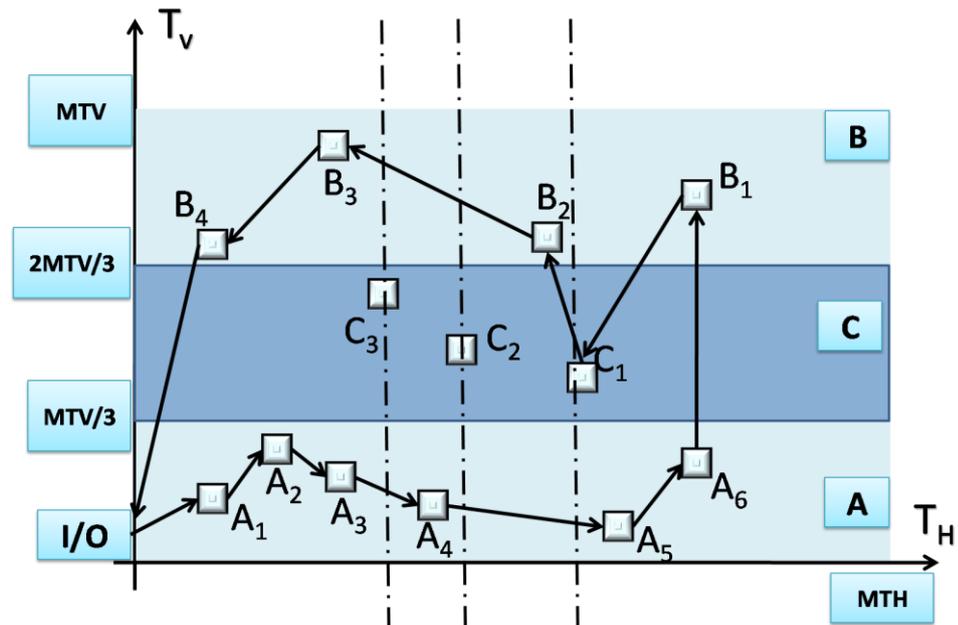


Figura 45 – Etapa 5 do BIH (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

f) Por fim, finalizar o percurso a ser seguido:

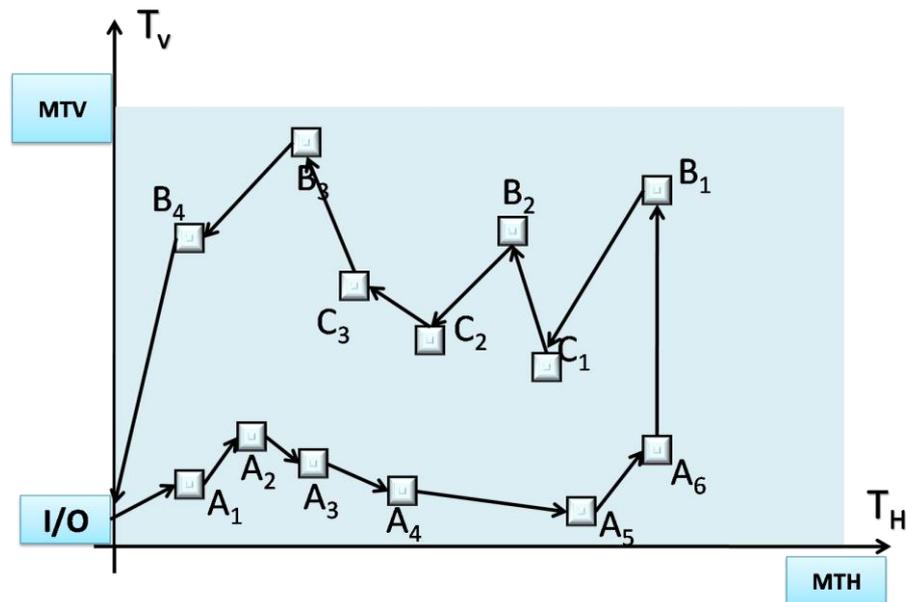


Figura 46 – Etapa 6 do BIH (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

2.3.3.4 Picking por lotes

Koster, Le-Duc, e Roodbergen (2007) consideram o *picking* por lote (ou, *batch picking*) como um *picking* por artigo, ou seja, é separado um lote de ordens que possuam um artigo em comum e este artigo é retirado das prateleiras e posteriormente consolidado ao final do processo para o atendimento completo do pedido do cliente. O tamanho do lote

é determinado com base no tempo necessário para realizar o *picking* do lote inteiro, que normalmente está entre meia hora e duas horas (PETERSEN, 2000).

Choe e Sharp (1991) reportam duas categorias de divisão do *picking* por lote:

- ✓ **Lote por proximidade:** a ordem fará parte de um lote com base na localização dos seus itens no depósito, ou seja, ordens que possuam itens que estejam localizados próximos uns aos outros no depósito farão parte de um mesmo lote para a realização do *picking*;
- ✓ **Lote por janela temporal:** a ordem fará parte de um mesmo lote com base no horário de recebimento do pedido, ou seja, ordens que chegaram em uma mesma janela temporal pré-definida farão parte de um mesmo lote para a realização do *picking*.

2.3.3.5 *Wave picking*

As políticas de *wave picking* normalmente são utilizadas quando as ordens são agrupadas dependendo do seu destino. A APICS (2005) cita que o *wave picking* é um método de selecionar e sequenciar *picking lists* de forma a minimizar o tempo de espera do material entregue. As ordens, dessa forma, podem ser agrupadas considerando algum critério em comum, por exemplo, uma mesma transportadora ou um mesmo local de entrega.

Segundo Marchet, Melancini e Perotti (2011), no *wave picking* as ordens que definem os produtos que serão retirados para atender a solicitação do cliente fazem parte de um lote, de forma a aumentar o desempenho do sistema. Esses lotes podem estar distribuídos em diversas zonas, sendo que são coletados simultaneamente (nas zonas pertinentes) pelos operadores.

Assim, o *wave picking* é uma combinação entre o *zoning* e o *batching* na atividade de *picking*, como forma de organizar as atividades a serem realizadas para a retirada do produto para atender ao pedido do cliente (PETERSEN; AASE, 2004).

2.3.3.6 *Bucket brigade picking*

Outra forma de realizar o *picking* é através da técnica de *bucket brigade*. Este tipo de *picking* deve respeitar a seguinte regra: o operador deve fazer o *picking* até que o outro operador continue o trabalho (entregando o produto para este outro operador), então

o operador que entregou o produto volta ao seu ponto de origem (BARTHOLDI; EISENSTEIN, 1996).

Nesta forma, o operador não está restrito a atuar em zonas, então qualquer operador pode retirar o produto de qualquer lugar. Apesar de não existirem pulmões (o estoque em processo está na mão dos operadores), os operadores devem manter sua sequência, ou seja, não passado o espaço delimitado a ele, sendo, dessa forma, delimitado pelo espaço do outro operador (BARTHOLDI; EISENSTEIN, 1996).

As vantagens dessa modalidade é que não existem grandes custos, não necessita de equipamentos especiais, autobalanceamento do *picking*, fácil de ajuste e fácil controle (BARTHOLDI; EISENSTEIN, 1996).

Koo (2009) considera que, da mesma forma que Bartholdi e Eisensten (1996), o *bucket brigade picking* é uma forma de balancear o trabalho entre as zonas definidas para o *picking*, coordenando os trabalhadores a realizarem suas atividades em sequência, como em uma brigada de baldes.

2.3.4 Tecnologia para o *picking*

Nesta subseção são detalhadas as tecnologias que podem ser aplicadas para realizar a atividade de *picking*, ou seja, *picking-by-light*, *picking-by-voice*, *picking list*, *bar code* e RFID.

2.3.4.1 *Picking list* (lista para o *picking*)

Uma *picking list*, ou lista para o *picking*, é uma relação dos itens que deverão ser retirados dos depósitos para o atendimento do pedido do cliente. Esta lista é uma ferramenta que visa auxiliar na atividade do *picking*, de forma a retirar o SKU correto para o atendimento (ilustrado na Figura 47).

PICK LIST NUMBER		RELEASED DATE		CUSTOMER NAME AND ADDRESS				
8170SH0033		02/26/97		REUPHOLSTERY PLANT 8170				
KITCH KITCHEN STAGING AREA				NC DEPARTMENT OF CORRECTION				
				RALEIGH, NC 27610				
ITEM NUMBER	STOCK	ITEM DESCRIPTION	PICK					
AREA	EXP DATE	ORDER NBR	SUFF	LINE	SUFF	NEED DATE	QUANTITY	U/M
0002301	/ /	TOILET TISSUE, 1000		SINGLE		PLY SHEETS/ROLL, 96/CS	3	CS
B001	/ /	8170SH0033		003	000	02/24/97		
		B001:0003						
0002309	/ /	PAPER TONEL, INTERFOLDED, 9-3/8"		X10-3/4"		4000/CS	3	CS
B004	/ /	8170SH0033		002	000	02/24/97		
		B004:0003						
0002364	/ /	8 OZ. STYROFOAM DRINK CUP W/D LID AND HANDLES					2	CS
B006	/ /	8170SH0033		001	000	02/24/97		
		B006:0002						
0009251	/ /	PLASTIC LINERS, SMALL, 15" X 9" X 23", 250/CS					2	CS
K002	/ /	8170SH0033		005	000	02/24/97		
		27C2:0002						

Figura 47 – Exemplo de *Picking List*¹⁶

Um conjunto de informações pode estar presente na *picking list*, a citar (não esgotando as possibilidades) (BOZUTTI; COSTA; RUGGERI, 2010):

- ✓ Data para realização do *picking*;
- ✓ Nome e código do depósito em que será realizado o *picking*;
- ✓ Corredor do depósito em que deverá ser realizado o *picking*;
- ✓ Nome do responsável pelo *picking*;
- ✓ Lista com o código, descrição e quantidades dos SKU's a serem retirados do local de armazenagem;
- ✓ Unidade das quantidades dos SKU's, ou seja, se é *pallet*, embalagem, unidade, etc.
- ✓ Possível código de barra para interação automática com o sistema;
- ✓ Nome e detalhes do cliente que receberá os produtos.

2.3.4.2 *Picking-by-light* (*picking por luz*)

Esta modalidade de *picking* faz referência à utilização de luzes para sinalizar a localização dos produtos a serem retirados das estanteiras (como pode ser visto na Figura 48). Desta forma, a localização do produto se torna mais rápida, aumentando a eficiência do sistema de *picking*. Com este sistema, a utilização da *picking list* se torna desnecessária,

¹⁶ Disponível em:

http://www.ncosc.net/sigdocs/sig_docs/documentation/policies_procedures/sigPrinting_Pick_Lists.html
(acesso em: 14/01/2011)

uma vez que a sinalização dos artigos e a quantidade necessária podem ser disponibilizadas em frente ao local de armazenagem da mercadoria (LIMA, 2002). Lima (2002) cita que a difusão desta tecnologia no Brasil é grande.



Figura 48 – *Picking by light*¹⁷

O *picking by light* é uma automação e para a sua funcionalidade completa é necessário estar integrado com um sistema de informação da companhia, normalmente o ERP. Por ser uma automação se faz necessário investimento de capital, Gray, Karmarkar e Seidmann et al. (1992) citam que normalmente a automação não é economicamente viável para pequenas e médias empresas, uma vez que não se faz necessária frente a frequência de movimentação existente.

Lima (2002) cita algumas características a serem respeitadas caso este sistema seja utilizado:

- ✓ Para maximizar a performance é necessário que a carga de trabalho esteja balanceada;
- ✓ É importante que os produtos que possuam maior índice de movimentação estejam localizados em regiões de mais fácil acesso;
- ✓ A verificação das características físicas dos SKU's (peso, dimensão, etc.) *versus* sua posição no estoque deve ser efetuada, de forma a não dificultar a atividade (principalmente no *picking* manual).

¹⁷ Figura adaptada. Disponível em: <http://www.lightningpick.com/InTheNews/RoleOfPTL.html>. Acesso em: 11/01/2011.

Halsey (1998) identifica alguns sistemas em que é utilizada a tecnologia de *picking by light*:

- ✓ **Carrossel equipado com *light trees***: o sistema carrossel fica equipado com uma coluna de luzes, possuindo um *display* por boxe de armazenagem;
- ✓ **Carrossel com o sistema *pick-to-tote***: no caso de um *picking* por lote um *display* é disponibilizado em cada uma das diversas posições de carregamento, indicando o SKU e a quantidade a ser carregada no container em específico;
- ✓ ***Flow Rack Pick to Light***: um *display* é localizado em cada baia de forma a indicar as quantidades necessárias do SKU para a realização do *picking*;
- ✓ ***AS/RS Display***: uma representação gráfica é disponibilizada mostrando o *layout* do *miniload* indicando as posições que serão visitadas para o atendimento dos pedidos referidos.

2.3.4.3 *Picking-by-voice* (*picking por voz*)

O comando por voz permite que o operador se comunique diretamente com o WMS (*Warehouse Management System*) de forma a realizar o *picking* rapidamente e eficientemente, sem precisar carregar equipamentos em suas mãos ou uma lista para o *picking*. Como o operador carrega consigo um microfone preso ao rosto e um pequeno dispositivo de emissão/recepção de sinal que fica preso ao seu cinto ou roupa, ele fica com as mãos e olhos livres para retirar os produtos e movimentá-los (MILLER, 2004).

As principais vantagens obtidas com o *picking por voz* são (MILLER, 2004):

- ✓ **Direcionamento ativo e em tempo real do operador**: quando se utiliza uma lista para o *picking* ou tecnologias de código de barra, o operador pode determinar o seu ritmo e prioridades. O comando por voz aumenta a produtividade, pois define o ritmo do operador;
- ✓ **Precisão e rapidez no *picking***: através de lógicas definidas para evitar erros, nas quais o operador faz, via voz, conferências com o sistema, permite maior eficácia em sua atividade;
- ✓ **Visibilidade real do estoque**: o comando por voz permite que o operador tenha a visibilidade de quantidades, disponibilidade e características, em tempo real, do estoque. Da mesma forma, quando se retira um produto do estoque, o sistema

central é atualizado automaticamente para que todos os operadores tenham sempre informações atualizadas.

A Figura 49 ilustra o *picking* por voz.



Figura 49 – *Picking* por voz (fonte: http://www.kbs-gmbh.de/en/beleglose_kommissionierung/#pick_by_voice)

2.3.4.4 Código de barras (*bar code*)

No escopo de utilização de tecnologias para auxiliar na execução do *picking*, o código de barras é uma alternativa que pode ser adotada.

A tecnologia de código de barras consiste na utilização de um código que pode ser lido por computador em itens, caixas, containers e até em vagões. É uma tecnologia que se tornou indispensável para a melhoria de eficiência e acurácia na gestão da logística (BARBOSA; MUSETTI, 2010).

A utilização do código de barras exige que uma linha direta de luz atinja o código, ou seja, é necessária uma “ação de leitura”. Essa é uma desvantagem frente ao RFID (será visto na próxima subseção) em que a leitura é automática através de ondas de rádio (TWIST, 2005).

O desenvolvimento e implementação de um sistema de código de barras afeta a empresa como um todo. No entanto, irá fornecer a empresa uma vantagem comercial definitiva (MANTHOU; VLACHOPOULOU, 2001).

Os códigos de barra podem ser simples (com uma única dimensão) ou 2D (bidimensionais). A diferença entre os dois tipos é a capacidade de armazenar informações, ou seja, os códigos de barra bidimensionais possuem uma maior capacidade de armazenagem de dados, muitas vezes necessários para alguns tipos de negócios. A Figura

50 mostra um exemplo de código de barra simples e a Figura 51 mostra um exemplo de código de barra bidimensional.



Figura 50 – Exemplo de Código de Barra Simples



Figura 51 – Exemplo de Código de Barras 2D

Para a identificação dos produtos através dos códigos de barras pode-se fazer o uso da tecnologia de rádio frequência. Um exemplo é o leitor de código de barras, como no exemplo da Figura 52. Esses leitores podem utilizar de tecnologia sem fio, estando livres para movimentação dentro do depósito para a realização do *picking*. Ainda, é possível que a comunicação seja feita diretamente com o sistema de informação da companhia (ERP, por exemplo) de forma a já estar integrado ao ambiente informacional.



Figura 52 – Leitor de Código de Barras

Para a atividade de *picking* o código de barras é fundamental nos dias atuais. A identificação por código de barras pode ajudar o operador a identificar os SKU's de forma correta, conforme previsto e requeridos por uma *picking list*. Ao identificar um determinado produto, informações podem aparecer automaticamente para o operador,

como por exemplo, se a validade de um produto é apta para um determinado cliente, se está na quantidade correta, se está na forma correta para carregamento, auxiliando, dessa forma, a atividade do *picking* (possibilitando a adoção de *poka-yokes*, evitando falhas e atendimento o cliente da forma solicitada).

Outra interface com a atividade de *picking* é a possibilidade de integração com o ERP da empresa. Toda vez que se retira um SKU do estoque para atender um determinado pedido, este já é baixado automaticamente do sistema, gerando uma necessidade de produto para reposição do estoque.

O código de barra por sua vez pode ser lido pelo sistema de informação do cliente, se tornando um meio de comunicação e de transferência único entre fornecedor e cliente.

2.3.4.5 Identificação por rádio frequência (RFID – *Radio Frequency Identification*)

A tecnologia por identificação por rádio frequência (RFID – *Radio Frequency Identification*) pode ser aplicada na atividade de *picking*. Como qualquer outra tecnologia, a aplicabilidade e necessidade do seu uso deve ser previamente estudada e aprovada. Segundo Mehrjerdi (2011), as companhias tem buscado adotar o RFID como forma de melhorar a eficiência de suas operações e, por conseguinte, ganhar competitividade. No âmbito da SCM, a utilização do RFID pode resultar em uma melhor satisfação do cliente, através de uma logística acurada, ordens *just-in-time* e diminuição das incertezas (CANNON¹⁸ et al., 2008 apud ZELBST, 2012).

Com o uso de RFID existe a troca de informações sem o contato direto entre as bases e os *tags*. Os *tags*, por sua vez, podem armazenar mais informações do que os códigos de barras simples e bidimensionais (CHAO, YANG e JEN, 2007). Existem quatro tipos principais de *tags* (CHAO; YANG; JEN, 2007):

- (i) *Tags* passivos;
- (ii) *Tags* ativos;
- (iii) *Tags* semi-passivos; e
- (iv) *Tags* semi-ativos.

¹⁸ CANNON, A. REYES, P.M., FRAZIER, G. V., PRATER, E. RFID in the contemporary supply chains: multiple perspectives on its benefits and risks. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 28, n. 5, p. 433-454, 2008.

Os *tags* passivos não são energizados e necessitam de uma base remota de leitura para que eles tenham energia e transmitam as informações. Os *tags* ativos possuem baterias e energia própria, transmitindo informações independentemente da base remota de leitura. No caso dos *tags* semi-passivos e semi-ativos, existem uma bateria pequena de forma apenas a ligar o dispositivo (POTTER¹⁹, 2007 apud MEHRJERDI, 2011).

As principais vantagens de se utilizar a tecnologia de RFID são (MEHRJERDI, 2011):

- ✓ Melhor gestão dos estoques na *Supply Chain*;
- ✓ Melhor controle a falsificação e fraudes;
- ✓ Rastreabilidade do estoque em trânsito;
- ✓ Redução de erros administrativos;
- ✓ Redução de retrabalhos;
- ✓ Melhor gestão dos pedidos de garantia;
- ✓ Melhor gestão dos custos.

Em ambientes onde investimento permit

2.3.5 Definição de *layout* para o *picking*

O *layout* no caso de interesse deste trabalho, ou seja, de depósitos e armazéns para a realização do *picking*, se refere à disposição das estanteiras ou qualquer alternativa de armazenagem no espaço destinado para a estocagem de produtos. Bowersox, Closs e Cooper (2007) dizem que o *layout* das áreas de estocagem tem uma grande influência no fluxo de materiais, tendo que ser desenhado de forma a facilitar os seus fluxos.

Hassan (2002) identifica algumas dificuldades no desenho do *layout* dos depósitos e armazéns:

- ✓ O número de possíveis combinações é grande, resultando em problemas complexos de se resolver de forma ótima;
- ✓ Muitas operações (*picking*, *cross docking*, etc.) e fatores (demanda, característica física dos produtos, mercados globais, *just-in-time*, etc.) influenciam diretamente

¹⁹POTTER, B. RFID: misunderstood or untrustworthy?. **Network Security**. n. 4, p. 17-18, 2007.

no tempo de viagem do operador e no custo de manuseio dos materiais (ou seja, o *handling*);

- ✓ As já citadas operações e fatores interagem entre si, e esta interação deve ser levada em consideração no desenho do *layout*.

Hassan (2002) define quatro passos para o projeto e definição do *layout* de depósitos e armazéns:

1. **Especificar o tipo e o propósito do depósito:** especificar se o depósito é um depósito de fábrica, ou um centro de distribuição, ou um depósito periférico, o público alvo, os objetivos e as prioridades. Este passo tem impacto direto nos próximos passos. Caso seja mal definido, os próximos passos também o serão;
2. **Previsão e análise da demanda esperada:** é importante para determinar a capacidade necessária para a estocagem, com o objetivo de preparar as informações de níveis de estoques e necessidade de equipamentos;
3. **Estabelecer as políticas operacionais:** a operação que está em regime no depósito impacta diretamente no desenho do *layout*. As atividades, a sequência de procedimentos e as políticas ajudam e interferem no desenvolvimento do *layout*. Uma alternativa é a alocação dos itens em grupos ou classes. As políticas operacionais estão intimamente relacionadas com as políticas de rotas estudadas na seção 2.1.7 e com as políticas e decisões de *picking* de uma forma geral;
4. **Determinar os níveis de estoque:** a determinação de níveis de estoque é importante para determinar o tamanho necessário do depósito. Os níveis de estoque estão intimamente ligados com a maturidade do processo de previsão de demanda, com o SLA (*Service Level Agreement*) e com o tipo de demanda (considerar a possível presença de sazonalidade).

2.3.6 Definição de rotas para o *picking*

O processo de determinação de rotas (*routing*) ou sequenciamento do *picking* determina a sequência na qual o *picking* ou reabastecimento do estoque de *picking* é executado (MANZINI et al., 2007).

Petersen (1997) conclui, segundo os resultados de sua pesquisa sobre *routing*, que a política de rotas em conjunto com o *layout* do depósito e o ponto de *input/output* impactam diretamente no tempo de *picking*. Segundo o mesmo autor, devido à complexidade

presentes em situações práticas, a utilização de modelos com solução ótimas não se tornam exequíveis para estes casos, sendo que o uso heurísticas se torna viável.

O operador pode executar diferentes tipos de percurso para a execução de sua atividade. Petersen (1997) e Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) identificam seis tipos diferentes de percursos:

- ✓ **Transversal:** o operador entra no corredor por um lado e sai pelo outro até terminar o atendimento da ordem (ou seja, a realização do *picking* propriamente dito). Este percurso é válido para número de corredores pares a serem visitados. A Figura 53 representa este tipo de percurso.

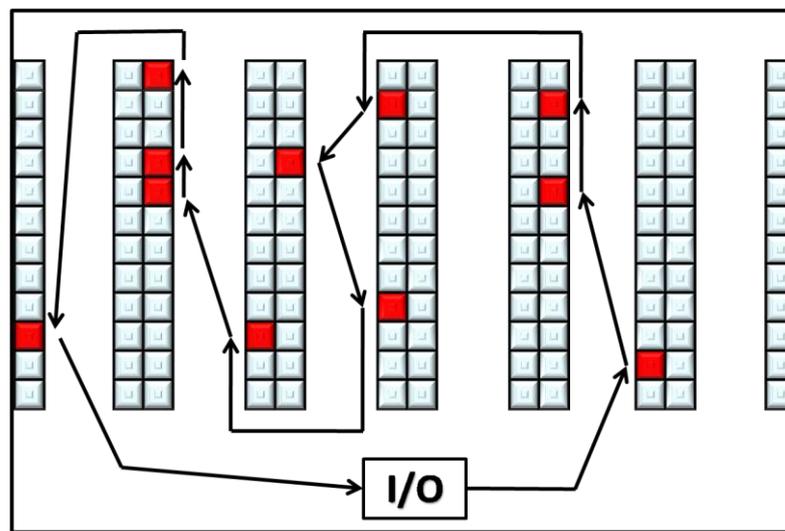


Figura 53 – Percurso Transversal (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

- ✓ **Minimum travel:** o operador percorre inteiramente todos os corredores, similar ao tipo *transversal*, com exceção do corredor ao qual é atribuído o *minimum travel*. O *minimum travel* é obtido quando se obtém a menor distância a ser percorrida dentro de um corredor, comparativamente com os outros corredores. É aplicável para número de corredores ímpares a visitar. A Figura 54 representa o método de obtenção do *minimum travel* e a Figura 54 representa o percurso completo do operador

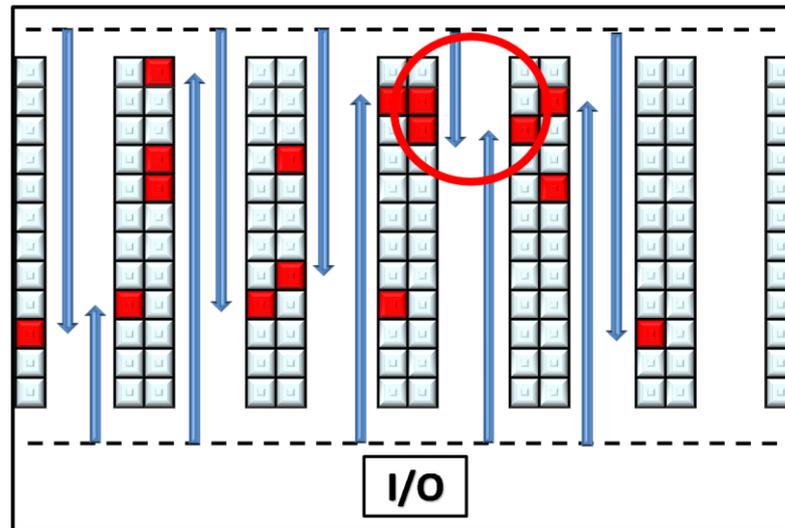


Figura 54 – Obtenção do *Minimum Travel* (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

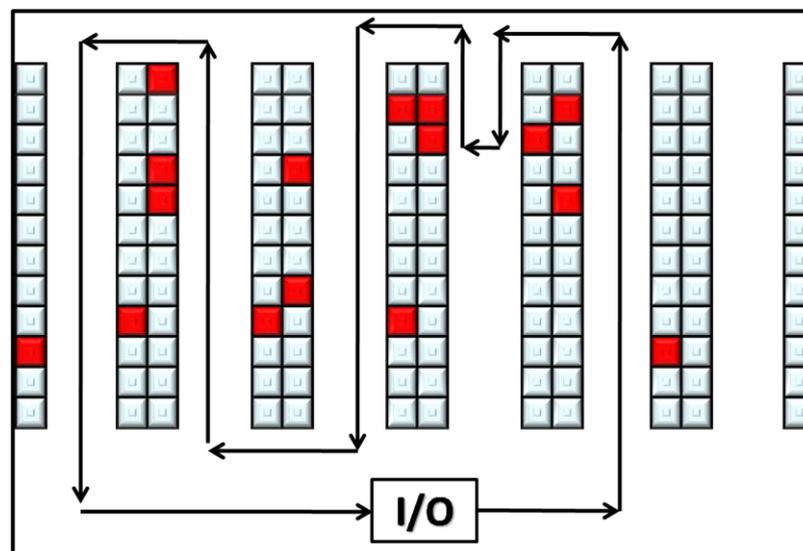


Figura 55 – Percurso completo pelo método do *Minimum Travel* (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

- ✓ **Return:** o operador entra no corredor por um lado, atinge o ponto mais distante dentro do mesmo corredor e sai pelo mesmo lado que ele entrou. Tal procedimento é repetido em todos os corredores necessários para que o *picking* seja completamente efetuado conforme estabelecido. A Figura 56 representa este tipo de percurso.

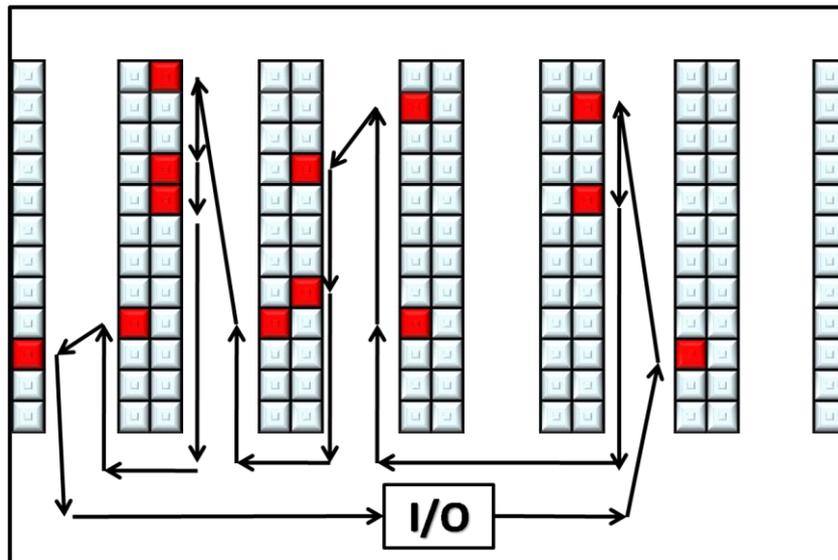


Figura 56 – Percurso *Return* (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

- ✓ ***Midpoint return***: A zona de *picking* é dividida longitudinalmente em duas partes iguais. Em cada parte o operador efetua o carregamento através da técnica *return*, percorrendo o corredor até o ponto determinado pela divisão estabelecida. A tarefa se completa com dois percursos nos extremos do tipo *transversal*. A Figura 57 representa este tipo de percurso.

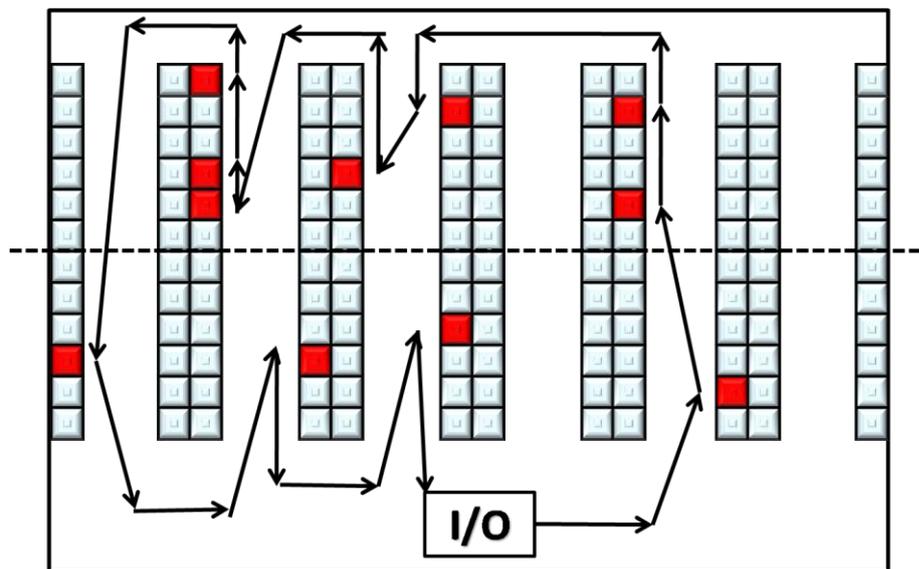


Figura 57 – Percurso do tipo *Midpoint Return* (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

- ✓ ***Largest gap***: para cada corredor determina-se a máxima distância a ser percorrida, ou seja, o *largest gap* (conforme pode ser visto pela Figura 58). A intenção é evitar percorrer esse *largest gap*, para isso faz-se um percurso do tipo *return*. A tarefa se

completa com dois percursos do tipo *transversal* nas extremidades. A Figura 59 representa este tipo de percurso.

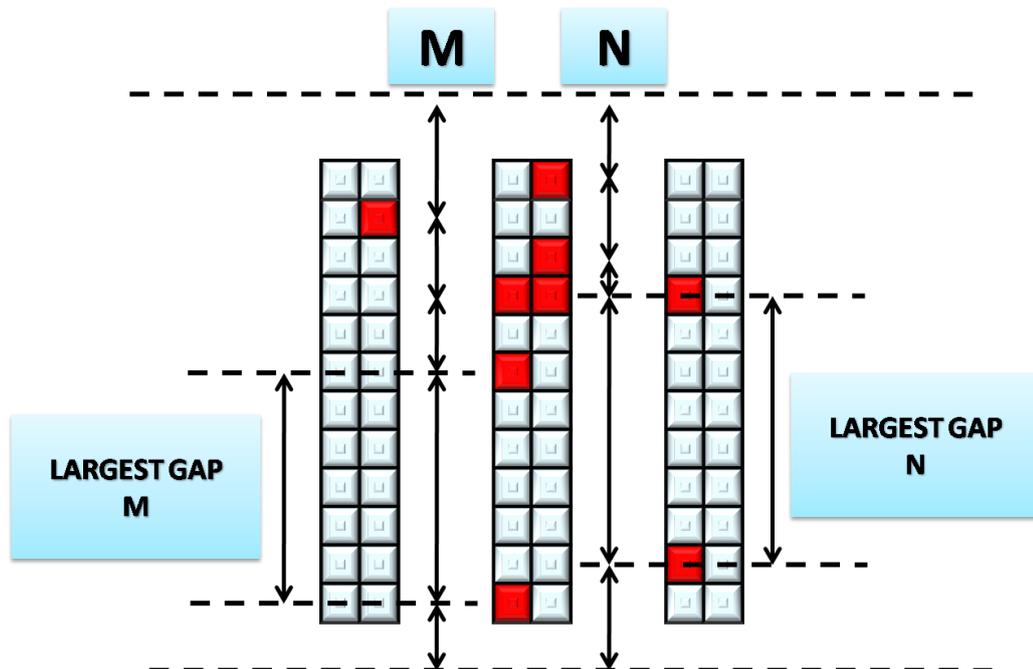


Figura 58 – Obtenção do *Largest Gap* do corredor a ser visitado (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

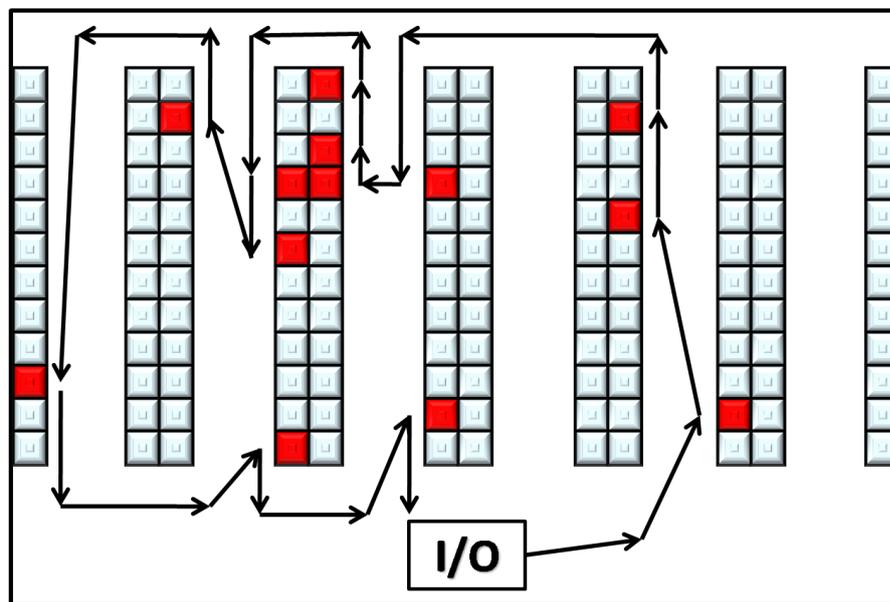


Figura 59 – Percurso o tipo *Largest Gap* (Fonte: BOZUTTI, COSTA e RUGGERI, 2010)

- ✓ **Composite:** esse tipo de percurso combina as melhores características do tipo *transversal* e *return*. Essa estratégia minimiza a distância percorrida entre os pontos

de retirada mais distantes em dois corredores adjacentes. A Figura 60 representa este percurso.

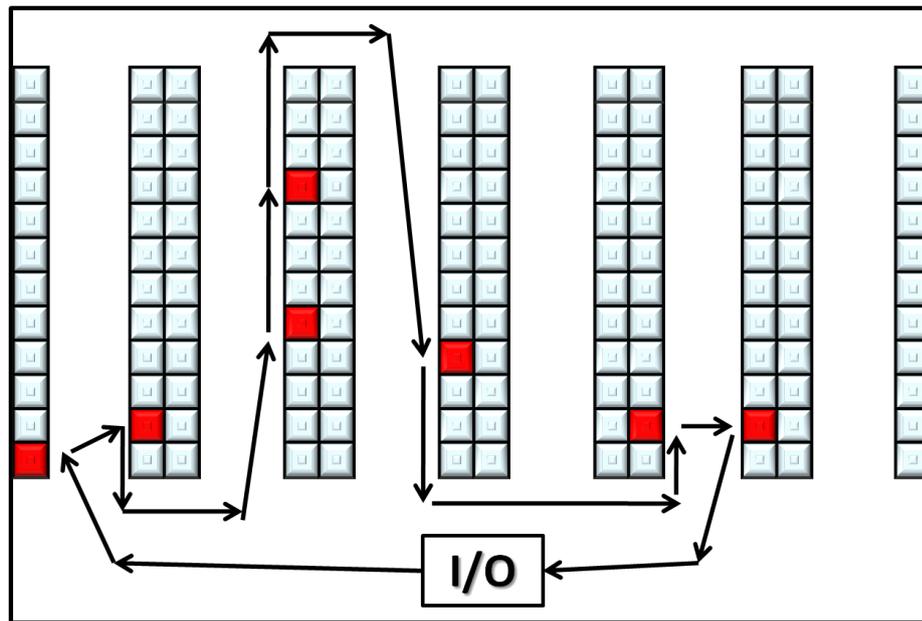


Figura 60 – Percurso do tipo *composite* (Adaptado de: BOZUTTI e COSTA, 2010)

Caron, Marchet e Perego (2000b) explicam que o percurso entre os pontos em que será executada a atividade do *picking* pode representar a maior parcela temporal desta atividade, com isso, diminuindo o percurso em que o operador deverá percorrer certamente diminuirá o tempo total da atividade, uma vez que a velocidade do operador pode ser considerada como constante.

A combinação do tipo de *layout* do depósito a ser adotado (distribuição das prateleiras no depósito e dos itens nas prateleiras, por exemplo) com o tipo do percurso do operador a ser adotado é de grande importância para o tempo de execução da atividade. Técnicas de simulação podem ser utilizadas para adequar o melhor tipo de percurso às necessidades da empresa. Não se pode perder de vista que a simplicidade do modelo a ser adotado é crucial para o sucesso de uma atividade, ou seja, uma solução ótima pode ser muito complexa e muitas vezes proibitiva.

2.3.7 Indicadores para o *picking*

A definição de qualquer indicador para medir um processo deve estar alinhada com os objetivos do processo em si. Se o processo exige flexibilidade, os indicadores devem medir a flexibilidade. Se o processo exige pontualidade e rapidez, os indicadores devem medir pontualidade e rapidez.

Os indicadores devem ter:

- ✓ Responsável pela sua atualização;
- ✓ Fórmula para cálculo padronizada e divulgada;
- ✓ Frequência de atualização padronizada e divulgada.

Petersen, Siu e Heiser (2005) cita alguns indicadores que podem ser utilizados para medir o desempenho da atividade de *picking*:

- ✓ **Popularidade:** o número de requisições para um dado SKU. Este indicador pode ser entendido como o número de vezes que o operador se desloca para o local de estocagem de um determinado SKU;
- ✓ **Turnover:** a quantidade total de um SKU expedido durante um determinado período. Pode ser entendido como a demanda do SKU;
- ✓ **Volume:** a demanda do SKU multiplicada pela volume do SKU;
- ✓ **Densidade do *picking*:** a razão da popularidade do *picking* pelo seu volume.

Bozutti, Costa e Ruggeri (2010) destaca outros indicadores em seu livro texto:

- ✓ **Indicador de precisão:** indicador que mostra a confiabilidade do sistema de *picking*. Mede-se a quantidade de erros do operador e atribui-se um peso ao referido erro. Esse peso pode ser em função dos danos causados pelo erro cometido, ou seja, quanto maior o dano maior o peso relacionado ao erro. O objetivo é deixar o indicador o mais baixo possível e sempre percebendo quedas no seu valor. Isso mostrará que o sistema melhora continuamente, aumentando o seu nível de confiabilidade. A Fórmula 10 indica como é feito este cálculo.

$$IP = \left(1 - \frac{\sum_{k=1}^{NEC} NEP_{J,K} \cdot P_K}{NLD_J} \right) \cdot 100 \quad (10)$$

Em que,

IP = indicador de precisão

NEC = número de erros classificados encontrados pelo controle interno;

$NEP_{j,k}$ = número de erros do tipo k-ésimo do operador j-ésimo;

P_k = peso do erro do tipo k-ésimo²⁰;

NLD_j = número de linhas de ordem pegadas pelo operador.

- ✓ **Indicador de utilização:** mostra a porcentagem da atividade desenvolvida em toda a tarefa. Cabe definir o que é a atividade e o que é a tarefa. Por exemplo, a tarefa pode ser retirar o produto da prateleira e colocá-la na caixa de despacho, dessa forma deve-se medir o tempo de retirar o produto e colocá-lo na caixa resultando na duração da atividade. O tempo de deslocamento, posicionamento, olhar na lista de ordens para confirmar o pedido, completam o tempo total da tarefa. O objetivo é que o indicador fique o mais próximo possível da unidade, ou seja, diminuindo os tempos de deslocamento até a posição do *picking*, tempo de posicionamento até a posição de *picking*, tempo de conferir a o pedido na lista de ordens, etc. A Fórmula 11 indica de como é feito o cálculo deste indicador.

$$UPC_j = \frac{\sum_{i=1}^{NTP} DAT_{j,i}}{\sum_{i=1}^{NTP} DTT_j} \quad (11)$$

Em que,

UPC_j = indicador de utilização do operador j-ésimo por atividade desenvolvida;

$DAT_{j,i}$ = duração da atividade desenvolvida na tarefa i-ésima;

DTT_j = duração total da tarefa i-ésima;

NTP = número de tarefas do operador.

- ✓ **Indicadores de custos:** são dois indicadores descritos, ou seja, um referente ao custo de se fazer o *picking* de uma linha de ordem (Fórmula 12) e outro referente ao custo de se fazer o *picking* do produto (Fórmula 13).

$$CMLD = CP / NLD \quad (12)$$

Em que,

²⁰ A soma dos pesos deve obrigatoriamente ser igual a 1.

CMLD = custo médio da linha de ordem pega pelo operador;

CP = custo do operador;

NLD = número de linhas de ordens pegadas pelo operador.

$$\boxed{CMPD = CP / NPD} \quad (13)$$

Em que,

CMPD = custo médio por produto pego pelo operador;

CP = custo do operador;

NDP = número de produtos pegos pelo operador.

O modelo SCOR 10.0 cita dois indicadores principais para o *picking*, sendo um relacionado ao custo (que é soma de todos os custos envolvidos para o *picking* de uma ordem) e o tempo de ciclo para o *picking* (tempo necessário para realizar o *picking*). Os detalhes de determinação do indicador devem ser determinados por quem está aplicando o modelo.

Hsieh e Tsai (2006) consideraram indicadores de planejamento para o *picking*, conforme descrito:

- ✓ Aderência da política de estocagem conforme o planejado, como forma de verificar erros de planejamento e erros de operação do *picking*;
- ✓ Densidade de atividade de *picking* por corredor, como forma de verificar possíveis conflitos entre os operadores durante a execução da atividade (levando em consideração limites físicos, não podendo ter mais que um determinado número de operadores por corredor);
- ✓ Erros na *picking list*, determinando a quantidade de erros e a necessidade de retrabalhos para o atendimento do pedido conforme solicitado pelo cliente;
- ✓ Performances por zonas, determinando qual são os atributos de uma zona em específico, verificando a possibilidade de mudança na política de distribuição de produtos no estoque ou na própria política de *picking*.

3 Modelo de referência para o *picking*

As empresas não atuam de forma isolada no ambiente competitivo, sendo que existe uma relação de dependência entre elas para que ocorra o atendimento do cliente final, conforme evidenciado no capítulo de revisão bibliográfica.

A atividade de *picking* interfere diretamente nessa relação entre as empresas em uma cadeia de suprimentos, pois se não retirar o SKU do estoque para atender ao cliente seguinte da cadeia, o fluxo físico de materiais fica comprometido.

Assim, é importante que um modelo para a configuração do *picking* tenha a ligação com abordagens de caráter mais macro, ou seja, a visão da *Supply Chain Management* (SCM) e a visão da Logística. A relação entre esses níveis de gestão (ou seja, SCM, Logística e *Picking*) possui uma natureza biunívoca (ou seja, um nível interfere no outro), dessa forma, cada nível recebe *inputs* do nível superior e fornece *outputs*, apresentando uma característica viva e cíclica de evolução. A Figura 61 visa ilustrar essas relações entre os níveis de gestão.

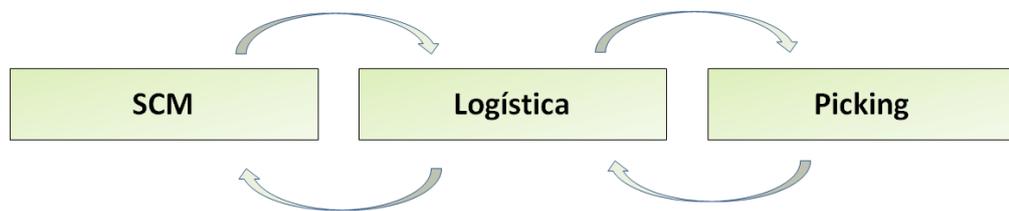


Figura 61 – Relação biunívoca entre os níveis de gestão

Essa dinâmica de relacionamento entre os níveis de gestão deve ser considerada nas decisões a serem tomadas no âmbito do modelo de referência que será apresentado.

Este capítulo está estruturado em duas subseções principais:

- ✓ Apresentação do modelo de referência para a configuração do *picking*;
- ✓ Orientações para utilização do modelo conforme variação do volume (quantidade) e variedade de SKU's.

3.1 Modelo de referência para a configuração do *picking*

As exigências do mercado, solicitando maiores diversidades de SKUs, lotes menores e *picking list* com SKU's mais diversificados (Koster, Le-Duc, e Roodbergen, 2007), aumenta a complexidade do sistema de *picking*, sendo que um modelo de referência para a sua configuração se torna pertinente (Manzini, 2007).

Para executar a configuração do *picking*, com base na pesquisa bibliográfica previamente executada, foram considerados três macroprocessos principais, ou seja:

- ✓ **Macroprocesso 1:** Gerar visibilidade da cadeia de suprimentos da empresa;
- ✓ **Macroprocesso 2:** Estabelecer processos e atividades nos depósitos; e
- ✓ **Macroprocesso 3:** Configurar o *picking*.

A Figura 62 mostra os processos que fazem parte do modelo proposto para a configuração do *picking*.

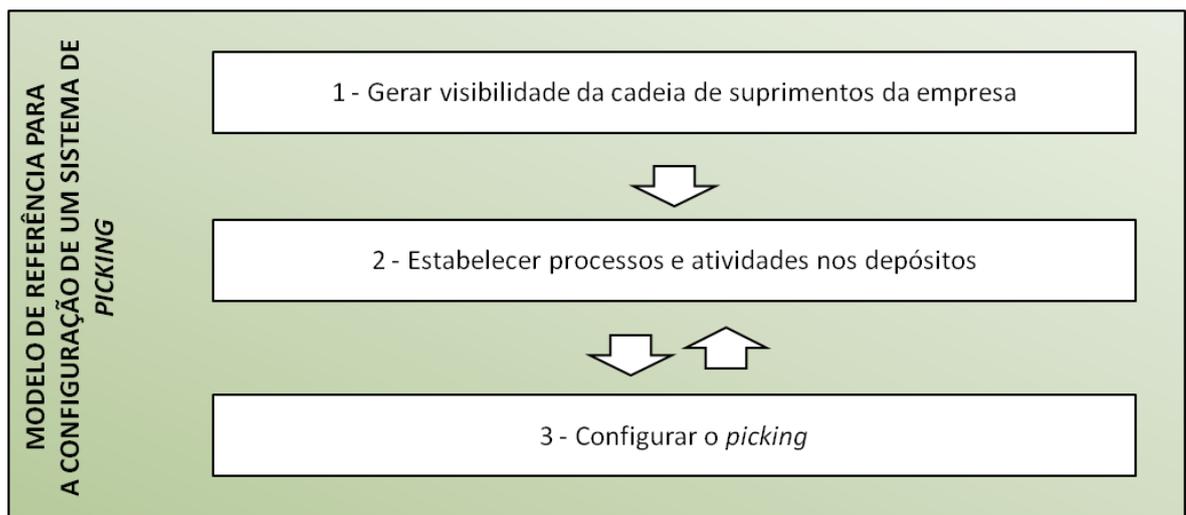


Figura 62 – Modelo de referência para a configuração do *picking*

O Macroprocesso 1 possui o objetivo de gerar os dados de contorno para a configuração do sistema de *picking*, gerando visibilidade do ambiente no qual o depósito ou armazém atua. Devido a isso, percebe-se na Figura 62 uma única seta unidirecional para os próximos macroprocessos.

Os Macroprocessos 2 e 3 possuem uma grande interface entre si, dessa forma, existem duas setas, uma em cada sentido. Com isso, enfatiza o fato de que as decisões tomadas em qualquer um desses dois macroprocessos podem gerar uma interferência direta no outro macroprocesso.

3.1.1 Gerar visibilidade da cadeia de suprimentos da empresa

Este macroprocesso (1) se destaca pela importância de obter informações do ambiente em que a empresa está inserida. Para que a configuração de um sistema de *picking* possua sucesso, sendo eficiente e atendendo aos requisitos logísticos, ela precisa estar coerente com os objetivos e metas da empresa e casada com o ambiente competitivo na qual está inserida.

O macroprocesso de gerar visibilidade da cadeia de suprimentos da empresa se divide em três processos. Estes processos estão ilustrados na Figura 63 e detalhados nas subseções que seguem.

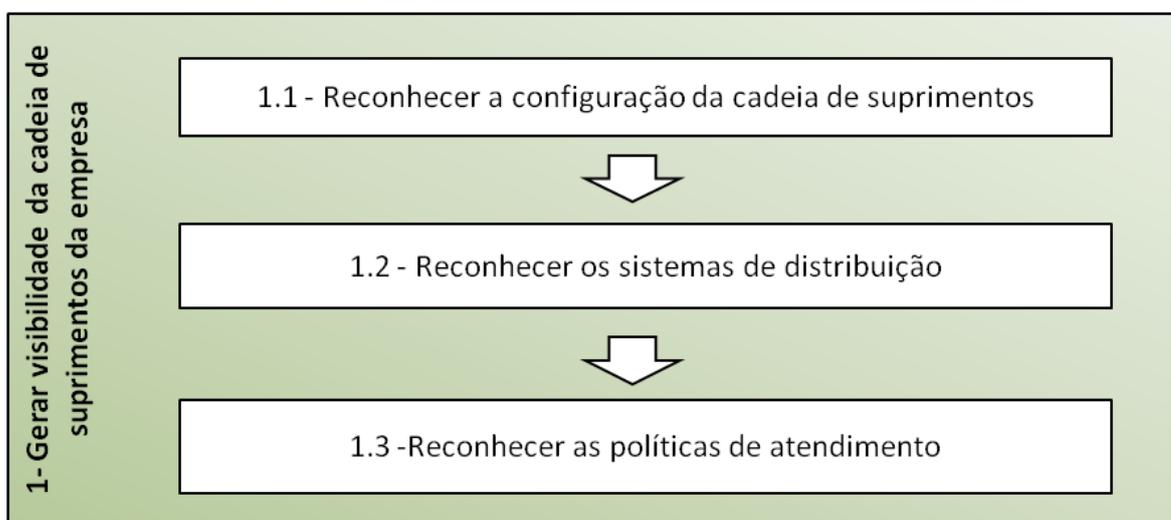


Figura 63 – Gerar visibilidade da cadeia de suprimentos da empresa

3.1.1.1 Reconhecer a configuração da cadeia de suprimentos

Com esse processo (1.1) serão conhecidos os clientes, os fornecedores e as empresas que interferem na atividade da empresa foco. É o primeiro passo para entender as necessidades do sistema de *picking* e deixá-lo coerente com o ambiente competitivo da empresa.

A primeira atividade (1.1.1) para conhecer a configuração da cadeia de suprimentos é reconhecer quais são os clientes que a empresa foco atende. Com essa definição serão entendidas as necessidades de atendimento e, com isso, as exigências de pontualidade e / ou flexibilidade que o depósito deverá possuir.

A segunda atividade (1.1.2) é reconhecer quais são as principais empresas da cadeia de suprimentos e como essas interferem na empresa foco. Com essa atividade, a empresa entenderá os seus fornecedores e as empresas que interferem em sua atuação. Assim, será

gerada a condição de contorno que mostrará as necessidades de estoque e de possíveis planos de contingência para atendimento do pedido, a depender das empresas que participam da cadeia.

A Figura 64 ilustra as duas atividades necessárias para o reconhecimento da configuração da cadeia de suprimentos.

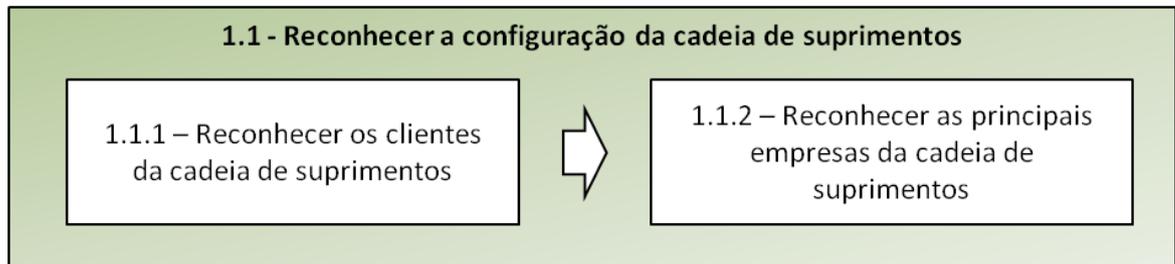


Figura 64 – Reconhecer a configuração da cadeia de suprimentos

3.1.1.2 Reconhecer sistemas de distribuição

Uma vez conhecida a configuração da cadeia de suprimentos, o próximo processo (1.2), e que está detalhado neste tópico, é o reconhecimento dos sistemas de distribuição da empresa foco.

A primeira atividade (1.2.1) é verificar a quantidade de depósitos que a empresa atende e suas restrições. Este processo só pode ser realizado após a determinação do subprocesso anterior de reconhecimento dos clientes da empresa foco.

Quanto maior a quantidade de depósitos que uma empresa atende, existe a tendência de maior ser a complexidade para a realização do *picking*, pois aumenta a possibilidade de diferentes restrições. As restrições dos depósitos, e que devem ser levantadas neste primeiro passo, são:

- (i) Quantidade de SKU's que o depósito pode receber;
- (ii) Tipo de transporte que pode ser utilizado;
- (iii) Restrições de embalagens;
- (iv) Restrição de conformação de carga;
- (v) Documentação necessária; e
- (vi) Horário disponível para o recebimento de mercadoria.

A segunda atividade (1.2.2) é verificar os modais de transporte que a empresa utiliza. Quatro tipos de modais podem ser utilizados:

- (i) Rodoviário;
- (ii) Ferroviário;
- (iii) Fluvial; e/ou
- (iv) Aéreo.

Cada tipo de modal possui as suas restrições e estas também devem ser levantadas. As restrições, que fazem parte da definição da utilização do tipo de modal a ser utilizado, são (ARNOLD; CHAPMAN, 2004):

- (i) Volume de entrega;
- (ii) Flexibilidade de carga;
- (iii) Custo de capital;
- (iv) Flexibilidade de destino; e
- (v) Frequência de expedição.

A terceira atividade (1.2.3) é a verificação do tipo de embalagens e a quantidade de diferentes embalagens que o *picking* poderá trabalhar. Quanto maior a quantidade de diferentes embalagens, maior será a complexidade do *picking*, pois pode existir uma maior necessidade de diferentes composições de cargas.

O tipo de embalagem também interfere em como o *picking* deverá ser realizado. Quanto menor a quantidade de SKU's por embalagens, menor quantidade de SKU's deverá estar na *picking list* e, portanto, uma maior quantidade de *picking lists* deverá ser emitida.

A quarta atividade (1.2.4) é o reconhecimento da rede logística. Ao reconhecer a rede logística devem-se considerar o tipo de transporte, a quantidade de depósitos e os tipos de depósitos, vistos como os pontos críticos para o *picking*, frente ao modelo proposto.

A Figura 65 sintetiza as etapas do processo de reconhecimento do sistema de distribuição.

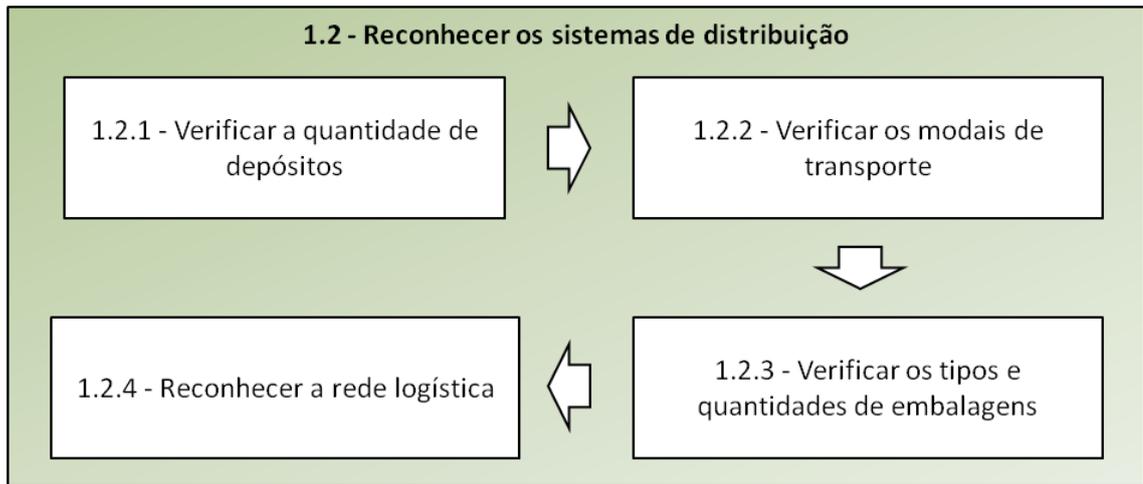


Figura 65 – Processo de reconhecer os sistemas de distribuição

3.1.1.3 Reconhecer as políticas de atendimento

O objetivo desse processo (1.3) é definir como a política de atendimento interfere na configuração do *picking*, gerando subsídios para que o foco seja em flexibilidade ou em pontualidade. Em um ambiente voltado para a produção para estoque, a tendência é que o sistema de *picking* possua pontualidade e rapidez em sua operação. Ao contrário, em ambientes voltados para a produção contra o pedido, a tendência é que o *picking* possua flexibilidade para o atendimento.

A primeira atividade (1.3.1) é verificar qual o tipo de política de atendimento que a empresa atua, ou seja:

- (i) MTS (*make-to-stock*);
- (ii) ATO (*assembly-to-order*);
- (iii) MTO (*make-to-order*);
- (iv) RTO (*resource-to-order*); ou
- (v) ETO (*engineering-to-order*).

A segunda atividade (1.3.2) é verificar o volume de ordens que o sistema do *picking* irá trabalhar. Normalmente, quanto mais ordens o sistema de *picking* opera (independentemente se são de um único tipo ou de diferentes tipos, não obedecendo a um padrão), uma maior tendência à automação se torna viável. Quanto menos ordens o sistema de *picking* opera, a automação não se torna viável (devido aos custos de operação e investimento de implantação).

A Figura 66 mostra os dois passos que estão no escopo do processo de reconhecer as políticas de atendimento.

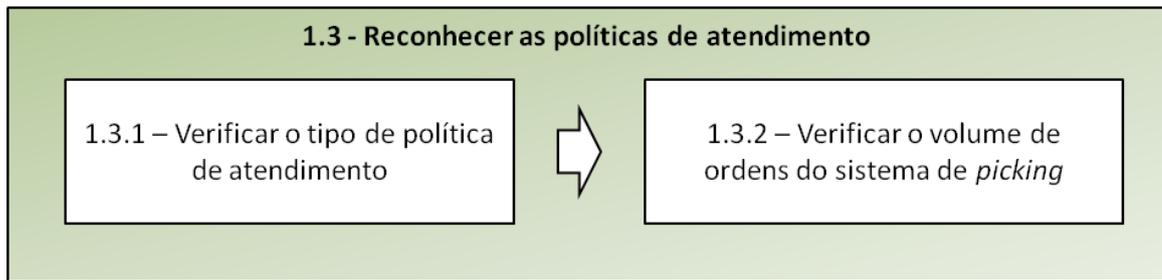


Figura 66 – Processo de definir as políticas de atendimento

3.1.1.4 Resumo do processo de gerar visibilidade da cadeia de suprimentos da empresa

A Figura 67 mostra os passos definidos para gerar a visibilidade da cadeia de suprimentos, com o objetivo de auxiliar na configuração de um sistema de *picking*.

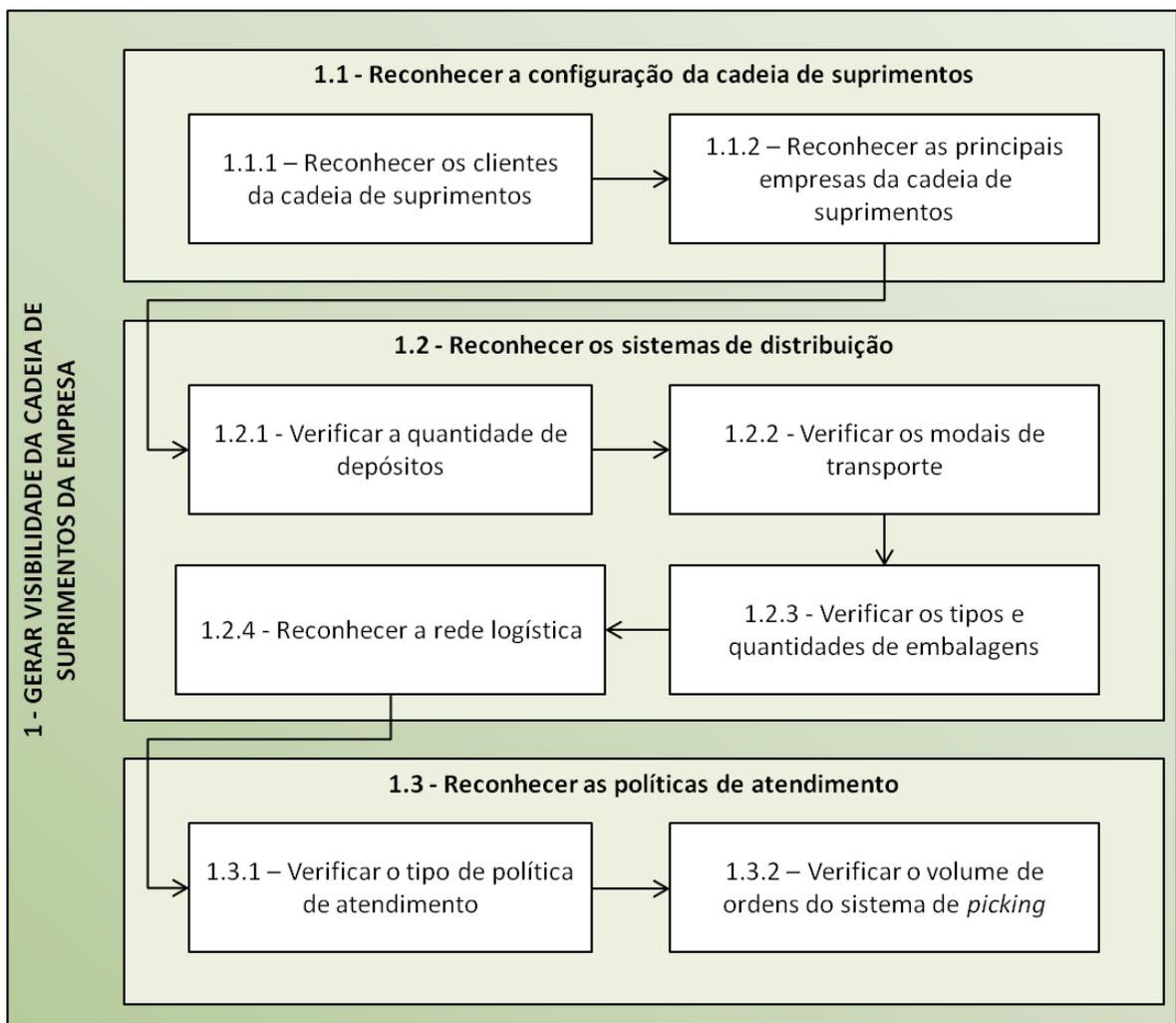


Figura 67 – Processo de gerar visibilidade da cadeia de suprimentos

3.1.2 Estabelecer processos e atividades nos depósitos

O *picking* é uma das atividades presentes nos depósitos. Existem, além dela, outras atividades que precisam estar coerentes com todo o processo logístico de atendimento do pedido do cliente, para que este flua corretamente. O estabelecimento dos processos e atividades nos depósitos (macroprocesso 2), e a sua interface com a atividade de *picking*, dessa forma, se torna relevante.

Conforme abordado no esquema da Figura 31, as atividades dentro de um depósito se dividem em cinco etapas:

- (i) recebimento de mercadoria;
- (ii) estocagem;
- (iii) *picking*;
- (iv) *sorting & packing*; e
- (v) expedição.

Para fins deste trabalho, as atividades serão divididas em dois blocos, sendo as atividades de *picking* e as atividades de que precedem e procedem ao *picking* (sendo intituladas como atividades de fronteira). As atividades de fronteira são: recebimento de mercadoria, estocagem, *sorting & packing* e expedição.

A Figura 68 mostra os passos desse processo, cujo objetivo é a definição das atividades de fronteira como forma de gerar subsídios para a configuração do *picking*.

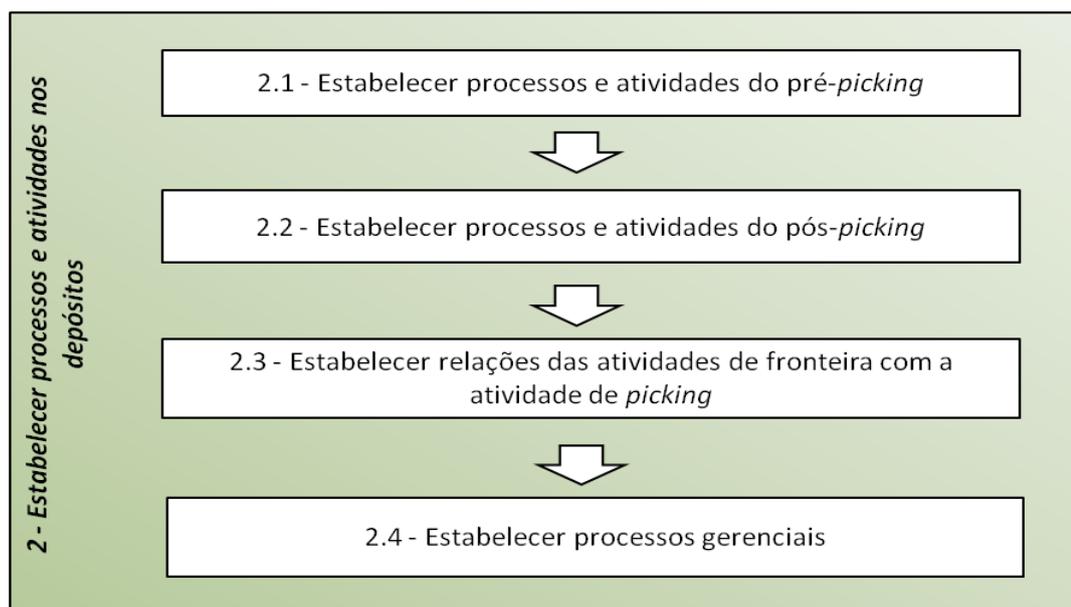


Figura 68 – Processo de estabelecer processos e atividades nos depósitos

3.1.2.1 Estabelecer processos e atividades do pré-picking

Este processo (2.1) possui o objetivo de entender e configurar (ou adequar) as atividades que antecedem ao *picking*. Assim, a primeira atividade (2.1.1) é estabelecer o processo de recebimento de mercadorias. Alguns pontos de relevância nesta etapa (ACKERMAN, 1998):

- ✓ Agenda de recebimento da mercadoria e formalização junto ao fornecedor da data, horário e local para o descarregamento;
- ✓ Determinar condições e documentos fiscais para o recebimento da mercadoria;
- ✓ Verificação da documentação, de avarias no SKUs e das condições de segurança exigida pela empresa;
- ✓ Adequação dos SKU's para poder alimentar o estoque da empresa.

Para chegar ao local de descarregamento de mercadorias, é necessário que o caminho que o veículo irá realizar dentro da empresa ou do depósito esteja claramente sinalizado, de forma que não existam erros e acidentes. As condições de segurança (placas com velocidade máxima que o veículo pode transitar dentro da empresa, bem como dos locais de estacionamento) devem estar explícitas para que os riscos de avarias e acidentes sejam mitigados.

A depender de acordos junto com os fornecedores (bem como a maturidade destes), podem ser realizados procedimentos de qualidade para verificar se os SKU's chegaram conforme acordado em um contrato.

No ato do recebimento, o transportador pode receber alguns documentos (tais documentos podem variar a depender das exigências da empresa):

- ✓ Documento de transporte interno à empresa, indicando o local e condições para o descarregamento;
- ✓ Documento de entrega das notas fiscais;
- ✓ Documento de autorização de entrada na empresa;
- ✓ Notas fiscais de devolução, caso seja aplicável.

No final deste processo, as mercadorias devem estar no local determinado para descarregamento, da forma acordada (qualidade, tipo de embalagem, etc.) e com toda a

documentação pertinente válida. Caso seja necessário descartar algum SKU, que este seja feito da forma correta, considerando a política de descarte da empresa.

A segunda atividade (2.1.2) se refere à estocagem das mercadorias. Esta pode ser dividida em duas opções:

- ✓ Armazenar em um estoque geral com posterior reabastecimento do estoque de *picking*;
- ✓ Reabastecimento direto do estoque de *picking*.

As vantagens e desvantagens de cada tipo de estocagem podem ser encontradas na seção 2.1.3.

Conforme previsto na seção teórica, as seguintes políticas de reabastecimento podem ser seguidas (KOSTER, Le-DUC, e ROODBERGEN, 2007):

- ✓ Estocagem randômica;
- ✓ Estocagem *closest open location*;
- ✓ Estocagem dedicada;
- ✓ Estocagem *full turnover*;
- ✓ Estocagem baseada em classes.

Existe grande interface deste passo com o *picking* em si. A depender do tipo de *picking* que será realizado, a forma pela qual o reabastecimento irá ocorrer poderá mudar, ou seja, deve ser considerada a janela de reabastecimento, a relação com a melhor rota e a acessibilidade dos SKU's. Assim, as decisões dessa etapa devem estar coerentes com as decisões do *picking*.

Durante o processo de reabastecimento dos estoques podem ser necessárias, ainda, algumas outras ações, como por exemplo: trabalhar com a carga de forma que esteja de acordo com os sistemas de armazenagem, inserir uma embalagem secundária e / ou inserir etiquetas ou *tags* de RFID para a identificação dos SKU's. Esta etapa possui relação direta com o estabelecimento dos sistemas de armazenagem previamente estabelecidos na empresa.

A Figura 69 ilustra os passos deste processo.

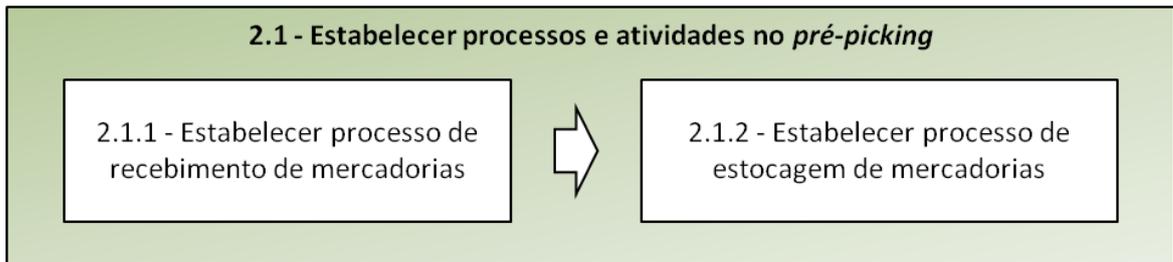


Figura 69 – Definir processos e atividades no *pré-picking*

3.1.2.2 Estabelecer processos e atividades do *pós-picking*

Este processo (2.2) possui o objetivo de listar os processos e atividades que procedem à atividade do *picking*. Assim, após o *picking*, a primeira atividade (2.2.1) é o processo de *sorting & packing*.

O *sorting* e o *packing* são etapas complementares que podem existir caso seja necessária alguma mudança específica nos SKU's para um determinado cliente. Estas atividades contemplam a segregação física de determinados SKU's para atender regiões geográficas específicas ou inserir embalagens secundárias (complementares) para que, durante o transporte, não ocorram avarias. Assim, devem ser definidas, padronizadas e divulgadas tais exigências.

Após a atividade 2.2.1, os SKU's estão prontos para serem expedidos (considerando o modal de transporte que a empresa está trabalhando), entrando na segunda atividade (2.2.2), que é a expedição. Nesta etapa, os SKU's deverão ser carregados no veículo de transporte nas condições exigidas. Todos os documentos necessários devem estar disponibilizados para o transporte e o fluxo do veículo para o carregamento e transporte dentro da organização deve estar padronizado e divulgado. Um ponto crítico na expedição é a emissão da nota fiscal e do documento de transporte, sendo que estes devem estar prontos e de acordo com a legislação, de forma que não ocorram atrasos de entrega dos SKU's junto ao cliente, nem riscos judiciais para empresa.

A Figura 70 ilustra os passos desse processo.

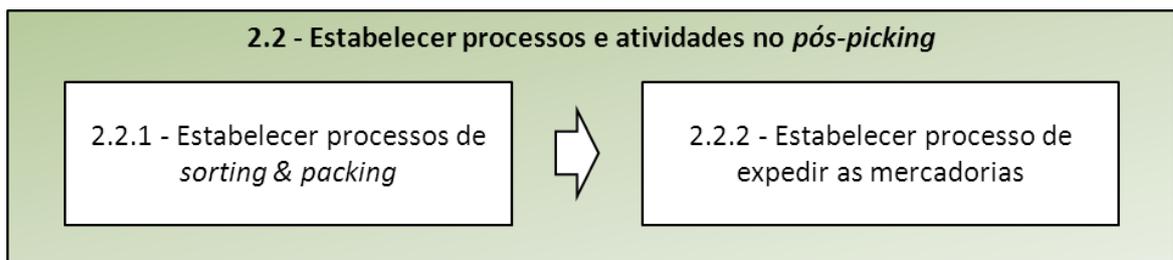


Figura 70 – Definir processos e atividades no *pós-picking*

3.1.2.3 Estabelecer relações das atividades de fronteira com a atividade de *picking*

Este processo visa verificar as influências que as atividades de fronteira, previamente definidas, geram sobre a atividade de *picking*.

Para essa análise deverá ser entendido cada subprocesso das atividades de fronteira, com o objetivo de obter diretrizes para a realização do *picking* em si.

A primeira atividade (2.3.1) é analisar como o processo de recebimento de mercadorias pode interferir no *picking*. As seguintes considerações devem ser levadas em consideração nesta análise:

- ✓ Existem atrasos no recebimento de mercadorias?
- ✓ A verificação de qualidade foi executada corretamente?
- ✓ Alguma documentação deve estar em conjunto com a embalagem?
- ✓ A agenda de recebimento de mercadorias está coerente com a disponibilidade / demanda de SKU's no estoque de *picking*?

A questão de atrasos e agenda de recebimento se torna pertinente, pois interfere na programação do *picking*, seja para priorizar um atendimento, seja para repor estoque de segurança (se aplicável). Caso falem SKU's, o pedido do cliente não será atendido corretamente e a *picking list* não poderá conter estes itens. Caso a *picking list* tenha SKU's que não estão disponíveis no estoque, viagens não produtivas para o *picking* serão realizadas pelo operador.

Caso o SKU apresente avarias, e isso por ventura venha a ser identificado durante o *picking*, retrabalhos virão a existir, sendo necessária a execução de outra viagem para o *picking*.

A existência ou de necessidade de documentação anexa à embalagem (muitas vezes exigida pelo próprio cliente) geram restrições de como configurar o *picking*, pois nenhum tipo de documentação pode ser perdida durante a operação nos depósitos.

A segunda atividade (2.3.2) é analisar como o processo de estocagem de mercadorias interfere na atividade de *picking*. Neste passo é importante identificar se a estocagem será realizada diretamente no estoque de *picking* ou em um estoque segregado.

Caso a estocagem seja realizada diretamente no estoque de *picking*, esta deve respeitar a política de reabastecimento deste estoque (que será definida em processos

posteriores). Caso seja reabastecido em um estoque segregado, é necessário garantir o reabastecimento de forma que não falem SKU's durante a execução do *picking* em si.

A terceira atividade (2.3.3) se refere à análise da atividade de *sorting & packing*. Os pontos que devem ser levados em consideração nessa análise são:

- (i) O ponto de *output* será o mesmo para SKU's que não precisam passar por essa etapa?
- (ii) Caso o ponto de *output* seja o mesmo, existe alguma política de segregação de SKU's de forma a mitigar riscos de erros de enviar SKU's para o *packing & sorting* que não deveriam passar por esse processo?
- (iii) Existe alguma ordem específica de retirada de SKU's de forma que atenda a requisitos físicos (sobreposição de SKU's, segurança quanto à avarias, etc.) deste processo?

A quarta atividade (2.3.4) se refere à análise de como o processo de expedição interfere no *picking* (ou seja, quais decisões devem ser tomadas para a realização do *picking* com base nas restrições específicas a cada tipo de transporte). Os pontos de atenção são:

- (i) Qual o tipo de transporte que será utilizado e suas restrições quanto à formação de carga (quando a combinação entre o tipo de transporte e a sequencia de empilhamento do SKU gere uma condição que favoreça a ocorrência de avarias)?
- (ii) Que tipo de documentação é necessária estar anexa à carga e como essa atividade interfere na retirada do SKU's?
- (iii) Qual a ordem que a mercadoria deve ser retirada de forma que a carga esteja formada evitando riscos de avarias no transporte?
- (iv) No processo de conferência fiscal, existe uma parte da embalagem / produto que deve estar exposta, de forma a facilitar esta atividade?

Ao final das etapas previstas neste processo, uma lista de requisitos / interferências estará disponível para a configuração do *picking*. A Figura 71 ilustra este processo.

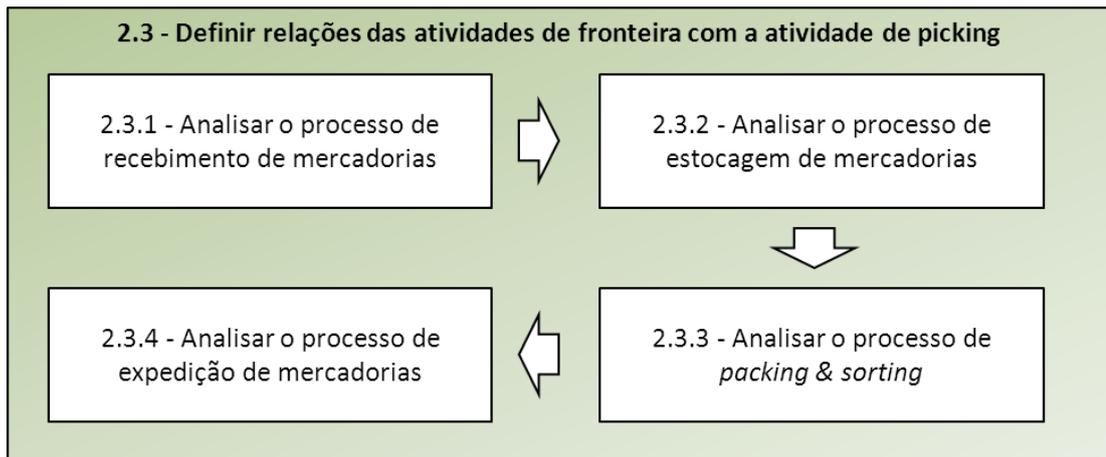


Figura 71 – Processo de definir relações das atividades de fronteira com a atividade de *picking*

3.1.2.4 Estabelecer processos gerenciais

A primeira atividade (2.4.1) dos processos gerenciais é a definição de papéis e responsabilidades. As atribuições devem estar claras para os participantes dos processos (sendo que estes devem estar padronizados e atualizados). O papel do líder é saber distribuir as cargas, para que as atividades nos depósitos estejam harmônicas (fazendo o que deve ser feito, da maneira correta e ao custo desejado) e os funcionários estejam capacitados e cientes de suas responsabilidades.

A segunda atividade é a definição de indicadores (2.4.2). Estes devem representar o processo de forma a gerar direcionamento e visibilidade para melhorias. Alguns exemplos de indicadores pertinentes a esse processo:

- ✓ Tempo de ciclo total para o atendimento do pedido;
- ✓ Tempo de ciclo do veículo dentro da empresa para realizar o carregamento;
- ✓ Índice de recebimento de SKU's avariados;
- ✓ Índice de recebimento de notas fiscais com divergências;
- ✓ Índice de emissão de notas fiscais com divergências;
- ✓ Custo das atividades dos depósitos;
- ✓ Tempo para o *sorting & packing*;
- ✓ Custo para o *sorting & packing*;
- ✓ Pedidos entregues conforme previsto (*OTIF – On time in full*).

A Figura 72 sintetiza os passos necessários para os processos gerenciais.

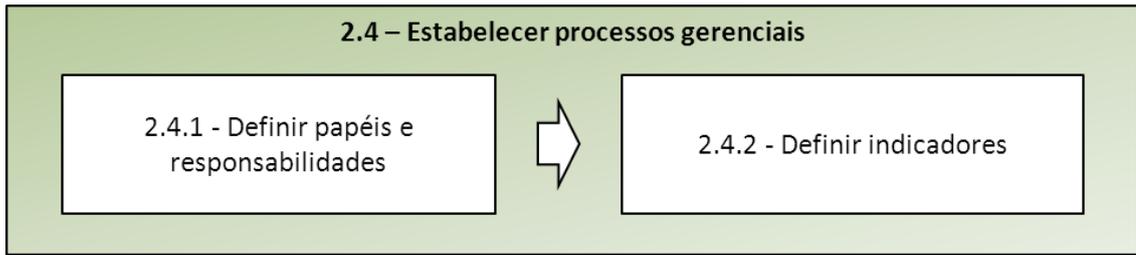


Figura 72 – Definir processos gerenciais

3.1.2.5 Resumo do processo de estabelecer processos e atividades nos depósitos

A Figura 73 visa ilustrar o processo de estabelecer processos e atividades nos depósitos.

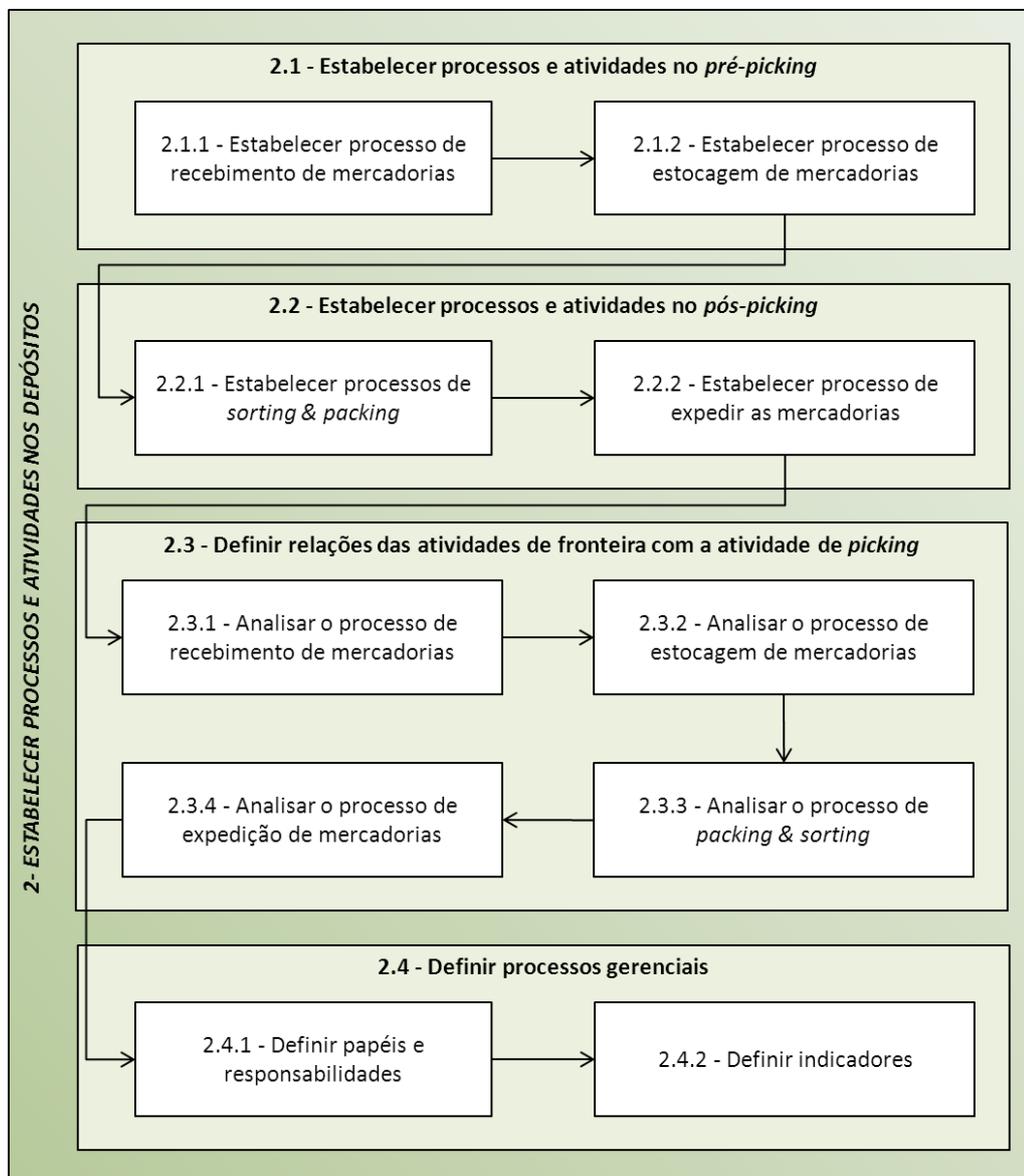


Figura 73 – Estabelecimento de processos e atividades nos depósitos

3.1.3 Configurar o *picking*

Uma vez conhecido o ambiente no qual o *picking* está inserido, partindo de uma visão macro, que contempla a cadeia de suprimentos e chegando em uma visão micro, que é representada pelas atividades dentro de um depósito, tem-se como resultado o conhecimento das restrições e dos dados de contorno para configurar o *picking*.

O macroprocesso de configurar o *picking* (3) está dividido em quatro processos, conforme descritos na Figura 74.

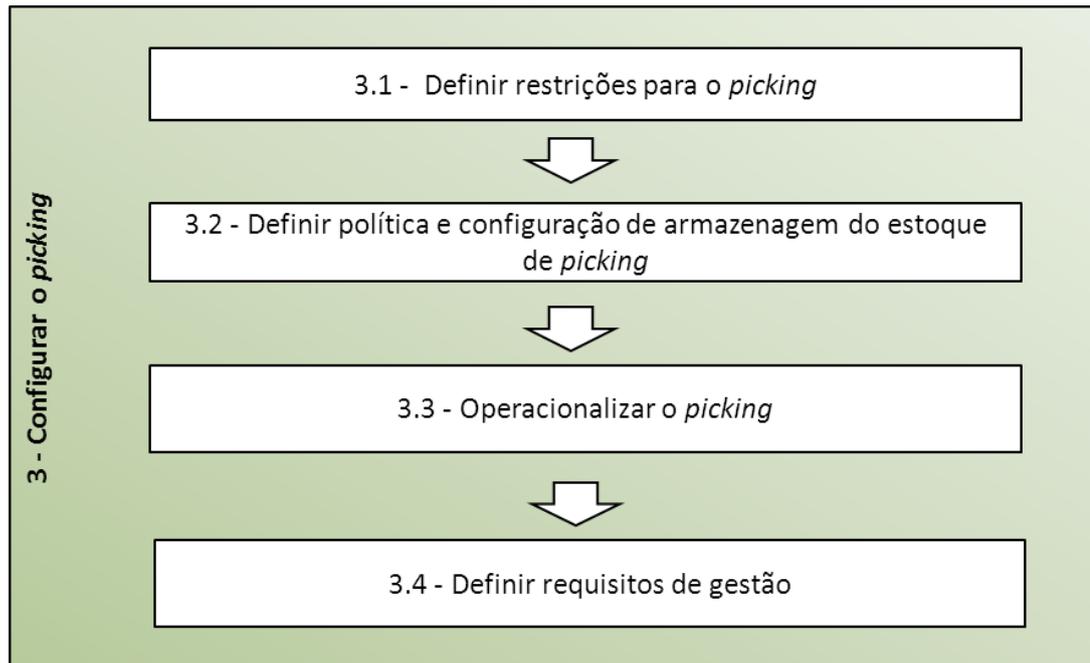


Figura 74 – Configurar o *picking*

As próximas subseções irão detalhar cada um dos subprocessos previstos na Figura 76.

3.1.3.1 Definir restrições para o *picking*

Uma vez conhecidas as premissas com as etapas anteriormente apresentadas, a primeira atividade (3.1.1) desse processo é levantar as restrições no nível da cadeia de suprimentos que pode influenciar o *picking*.

Os clientes influenciam a atividade de *picking* das seguintes formas:

- ✓ Tempo desejado para atendimento do pedido;
- ✓ *Mix* de SKU's por pedido;
- ✓ *Mix* de SKU's por carregamento; e

- ✓ Frequência de colocação de pedidos;

Os fornecedores influenciam a atividade de *picking* das seguintes formas:

- ✓ Tempo para disponibilizar um SKU;
- ✓ Diversidade de SKU's;
- ✓ Exigências específicas para a estocagem de SKU's;
- ✓ Exigências específicas para o manuseio dos SKU's;
- ✓ Quantidade mínima e máxima para compra de SKU's por período; e
- ✓ Quantidade mínima e máxima para compra de SKU's por pedido;

Empresas terceiras influenciam o *picking* das seguintes formas:

- ✓ Restrições quanto a formação da carga para o transporte;
- ✓ Exigências de embalagens específicas para proteção dos SKU's;
- ✓ Formas da embalagem e conteúdo a ser colocado em cada embalagem para posterior distribuição para o cliente (devido à uma empresa terceira com uma campanha de *marketing*, por exemplo, podem existir ações que exijam um tipo específico de embalagem para um determinado público, influenciando a quantidade e a forma dos SKU's em uma embalagem, que por fim, influencia no *picking* em si);
- ✓ Restrições fiscais, exigindo quantidades mínimas ou máximas de SKU's por ordem ou por nota fiscal.

A segunda atividade (3.1.2) é definir restrições dos depósitos que possam influenciar na atividade de *picking*, ou seja:

- ✓ Políticas de armazenagem;
- ✓ Nível de automação;
- ✓ Tipo de equipamentos de armazenagem disponível;
- ✓ Tipo de equipamento de movimentação disponível;
- ✓ Quantidade e característica da mão de obra.

A terceira atividade (3.1.3) é a determinação da política de *picking*. Caso o estoque de *picking* esteja dividido em zonas, cada zona poderá ter uma política em específico. Na política do *picking* serão definidos:

- ✓ Tempos padrões para a realização do *picking*;
- ✓ A quantidade de ordens que serão atendidas em um determinado período. Além da quantidade de ordens, é necessário definir a quantidade de SKU's por ordem (quantidade mínima e máxima);
- ✓ Definir exigências de flexibilidade e automatização para o *picking*. A depender do número de ordens que deverão ser expedidas por dia, da variedade de SKU's trabalhada (variedade de SKU) e dos níveis de serviços acordados, será necessária maior ou menor flexibilidade do sistema de *picking*. A depender da flexibilidade e tempo necessário para a execução do *picking*, alternativas de automatização poderão ser adotadas;
- ✓ Procedimentos necessários para a realização da atividade (de forma que se mantenha o desempenho e a segurança);
- ✓ Utilização de técnicas específicas para o *picking*, ou seja:
 - *Batching*: pode ser que faça sentido dividir as ordens em lotes para que o processo de *picking* fique otimizado. Como visto, a definição de lote pode ser feita com base em dois critérios, ou seja, lote por proximidade ou lote por janela temporal (PETERSEN, 2000);
 - *Wave picking*: é uma forma de *batching* em que as ordens são agrupadas com base em seu destino e por zona de *picking*.
- ✓ A forma de criação e disponibilização da *picking list* para os operadores (depende da tecnologia adotada nos depósitos), bem como as informações que deverão estar nela contidas, a citar:
 - Data para realização do *picking*;
 - Nome e código do depósito em que será realizado o *picking*;
 - Corredor do depósito em que deverá ser realizado o *picking*;
 - Nome do responsável pelo *picking*;
 - Lista com o código, descrição e quantidades dos SKU's a serem retirados do local de armazenagem;
 - Unidade das quantidades do SKU, ou seja, se é *pallet*, embalagem, litros, etc.;

- Possível código de barra para interação automática com o sistema;
 - Nome e detalhes do cliente que receberá os SKU's.
- ✓ No caso de utilização de zonas para o *picking*, deixar explícito os procedimentos e política de cada zona.

As atividades estão detalhadas na Figura 75.

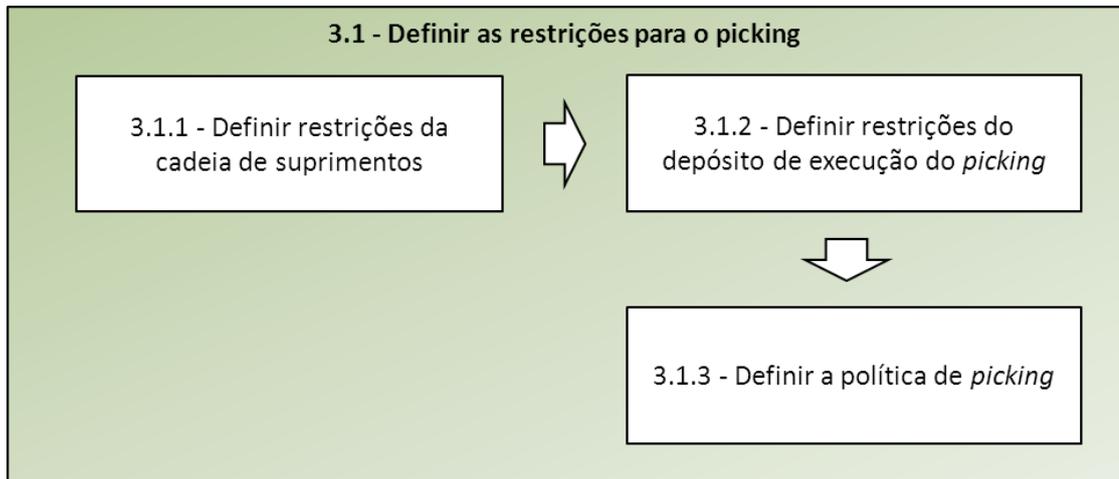


Figura 75 – Processo de definir as restrições para o *picking*

3.1.3.2 Definir política e configuração de armazenagem do estoque de *picking*

A primeira atividade é (3.2.1) é a definição do *layout* do depósito. O *layout* deverá considerar (a citar, sem o objetivo de esgotar as possibilidades):

- ✓ Quantos corredores existirão entre as prateleiras;
- ✓ Qual será a disposição dos sistemas de armazenagem;
- ✓ Quais serão os espaços livres;
- ✓ Onde estarão localizados os equipamentos de movimentação;
- ✓ Como será a movimentação dentro do depósito;
- ✓ Como serão e onde estarão localizados os postos de trabalho;
- ✓ As condições de segurança operacional;
- ✓ O fluxo de pessoas, equipamentos e materiais.

Conforme previsto por Hassan (2002), alguns fatores devem ser considerados na definição do *layout*:

- ✓ Especificar o tipo e o propósito do depósito;

- ✓ Realizar previsão e análise da demanda;
- ✓ Estabelecer as políticas operacionais; e
- ✓ Determinar e considerar os níveis previstos de estoque por SKU.

Percebe-se a interface que este passo possui com a definição dos sistemas de movimentação e armazenagem dos depósitos. A depender do tipo de sistemas de armazenagem e de movimentação escolhidos, a configuração adotada para o *layout* poderá ser alterada.

A segunda atividade (3.2.2) é classificar o *picking* em *low-level* ou *high-level*. Detalhes sobre o que vem a ser o *picking low-level* e o *picking high-level* estão presentes na seção 2.1.4.3 desta dissertação. Esta classificação gera informações para o processo de operacionalizar o *picking*, no sentido de escolher qual abordagem será utilizada para obter os resultados esperados com o *picking*.

A terceira atividade (3.2.3) é determinar a distribuição dos SKU's no estoque de *picking*. Normalmente, quanto maior a saída de um determinado SKU, mais fácil acesso este deverá ter. Com base nisso, é possível realizar uma classificação ABC dos SKU's, e, os itens mais importantes para a companhia, devem estar distribuídos em locais de mais fácil acesso. Quanto mais fácil for o acesso, menor será o tempo para o *picking*, dessa forma, menor será o *leadtime* para o atendimento do pedido destes itens mais importantes.

A próxima atividade (3.2.4), e quarta, é determinar a política de reabastecimento do estoque de *picking*. Esta etapa interfere em outros passos:

- ✓ Definição do sistema de armazenagem: a depender do tipo de estrutura a ser realizada na armazenagem, diferentes formas de reabastecimento podem ser definidas, ou seja, pode ser que se possa realizar o reabastecimento em conjunto com a atividade de *picking* ou não;
- ✓ Definição do *layout*: na definição do *layout*, um espaço para o reabastecimento pode ser reservado para que esta atividade não interfira na atividade do *picking*;
- ✓ Agendamento do *picking*: caso a atividade de reabastecimento do estoque não consiga ser feita em conjunto com a atividade do *picking*, esta janela de reabastecimento deverá ser considerada no agendamento.

A forma de controle para realizar o reabastecimento do *picking* pode depender da classificação dos itens, ou seja, os itens mais importantes (de classe A e B) podem possuir

um controle mais preciso, enquanto itens menos importantes (de classe C) podem possuir sistemas mais simples de controle. O importante, em qualquer tipo de controle, é que o SKU esteja disponível no momento necessário a um custo aceitável (ou estipulado).

As atividades previstas estão presentes na Figura 76.

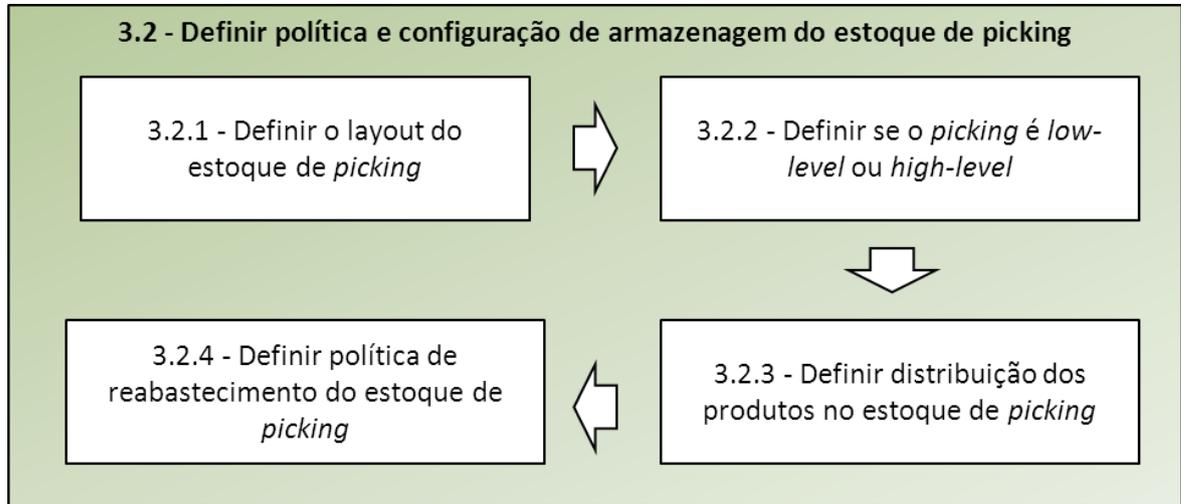


Figura 76 – Processo de definir política e configuração de armazenagem no estoque de *picking*

3.1.3.3 Operacionalizar o *picking*

Este processo (3.3) visa, com base nas decisões tomadas nos processos anteriores, operacionalizar a atividade do *picking*. Assim, a primeira atividade (3.3.1) é o *zoning*, ou seja, a criação de zonas para a realização do *picking*. Normalmente este passo é aplicado em grandes estoques de *picking*, pois em pequenos estoques não faz sentido dividir em zonas para a realização do *picking*.

Esta etapa depende, influencia e é influenciada pela definição do *layout*. A depender do caso em análise, o *layout* pode limitar a divisão em zonas, em outros casos a divisão em zonas pode sugerir mudanças no *layout*.

Conforme previsto na seção teórica, os fatores que devem ser levados em consideração neste processo de *zoning* são:

- ✓ Número de zonas do estoque de *picking*;
- ✓ Definição dos operadores que irão trabalhar em determinada zona;
- ✓ Definição de que se o operador será exclusivo para uma determinada zona;
- ✓ Definição do *routing* dentro de cada zona;

- ✓ Definição da política de reabastecimento dentro de cada zona (estando de acordo com a política de reabastecimento previamente definida);
- ✓ Definição da política de *picking* dentro de cada zona;
- ✓ Definição de uma *golden zone*. Caso faça sentido, esta zona terá performances exclusivas para SKU's especiais e estratégicos.

A segunda atividade (3.3.2) é a determinação do *routing*, ou seja, a rota que o operador deverá realizar para executar o *picking*. A definição da rota depende do *layout* do estoque, da distribuição dos SKU's neste *layout*, da política de *picking* e da tecnologia adotada. Este caso é aplicável nos casos em que o operador deve ir ao local de estocagem para realizar o *picking*. Quando o SKU vem até o operador, por meio de esteiras, por exemplo, a rota do *picking* já foi definida quando foi estabelecido o *layout*.

Alguns exemplos de *routing* que podem ser adotados, e que estão detalhados na seção 2.1.7 desta dissertação: (i) *transversal*, (ii) *minimum travel*, (iii) *midpoint return*, (iv) *return*, (v) *larget gap* e (vi) *composite*.

Para definir qual será o percurso a ser adotado, podem ser consideradas técnicas de modelagem e simulação (que é o quarto passo deste processo).

A terceira atividade (3.3.3) é a determinação da tecnologia a ser adotada. Neste ponto é necessária uma avaliação dos pontos já definidos de necessidade de flexibilidade e de automatização. O mercado disponibiliza diversas soluções tecnológicas, no entanto, é necessário verificar quais ganhos que a adoção de uma determinada tecnologia trará para o processo em si.

Alguns exemplos de tecnologia que podem ser adotados para o *picking*:

- ✓ Sistema de gestão do estoque e do *picking*, integrado com o ERP da empresa;
- ✓ Relatórios visuais e *on-line* do estoque de *picking* e da atividade em si;
- ✓ Adoção do sistema *picking-by-light* (conforme visto na seção 4.2.3) e a sua integração com o ERP da empresa;
- ✓ Adoção de código de barras em suas diferentes formas (conforme previsto na seção 4.2.4);
- ✓ Adoção de tecnologia RFID (conforme previsto na seção 4.2.4);
- ✓ Automatização geral do processo em si.

Qualquer que seja a tecnologia adotada, o sucesso de sua implementação dependerá de sua integração com o processo, de sua integração com os sistemas já existentes e do oferecimento de treinamento para os usuários finais.

Frente a todas as decisões tomadas, para melhorar o desempenho do sistema, podem ser utilizadas técnicas de modelagem matemática e ou simulação. Muitos artigos foram publicados neste sentido, modelando um cenário específico para o *picking* e procurando soluções que melhorassem o desempenho do sistema. Devido a esta abordagem trazer benefícios e ganhos, foi considerada como a quarta atividade (3.3.4) deste processo. É um passo em que a sua execução é opcional, uma vez que depende dos objetivos gerenciais e operacionais do depósito.

A Figura 77 representa os passos do processo de operacionalizar o *picking*.

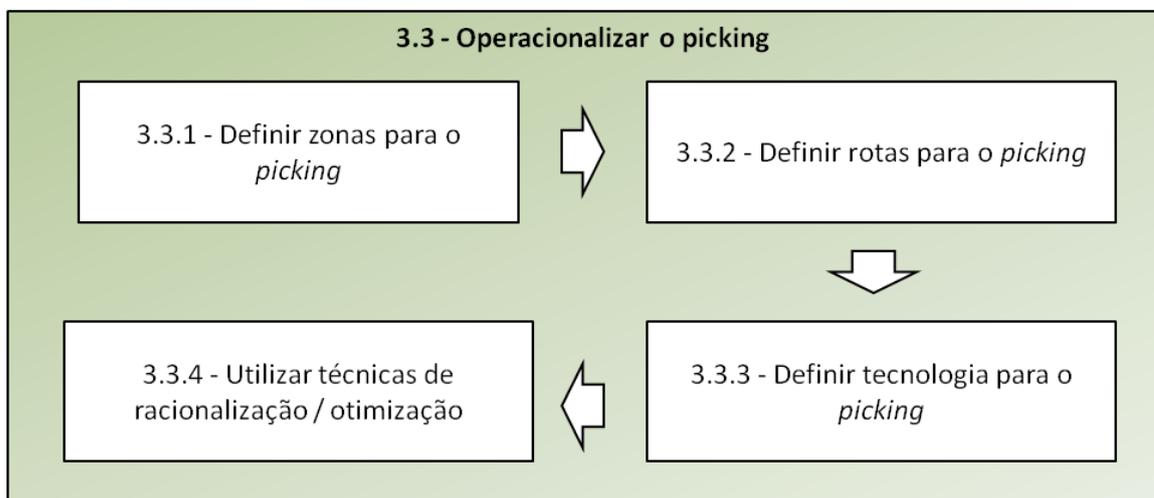


Figura 77 – Processo de operacionalizar o *picking*

3.1.3.4 Definir requisitos de gestão

A primeira atividade (3.4.1) é a determinação dos papéis e responsabilidades do envolvidos. É necessário que todos conheçam suas atividades, estejam treinados e capacitados para tal.

A segunda atividade (3.4.2) é a determinação de indicadores. Algumas possibilidades de indicadores estão citadas na seção 4.7 desta dissertação. Os indicadores devem representar a realidade, promover a integração e servir como direcionadores para melhorias.

A Figura 78 ilustra este processo/

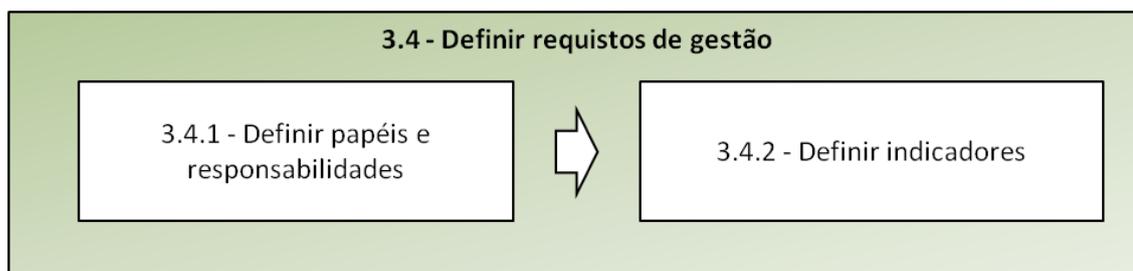


Figura 78 – Processo de definir requisitos de gestão

3.1.3.5 Resumo do processo de configurar o *picking*

A Figura 79 representa o resumo do processo de configurar o *picking*.

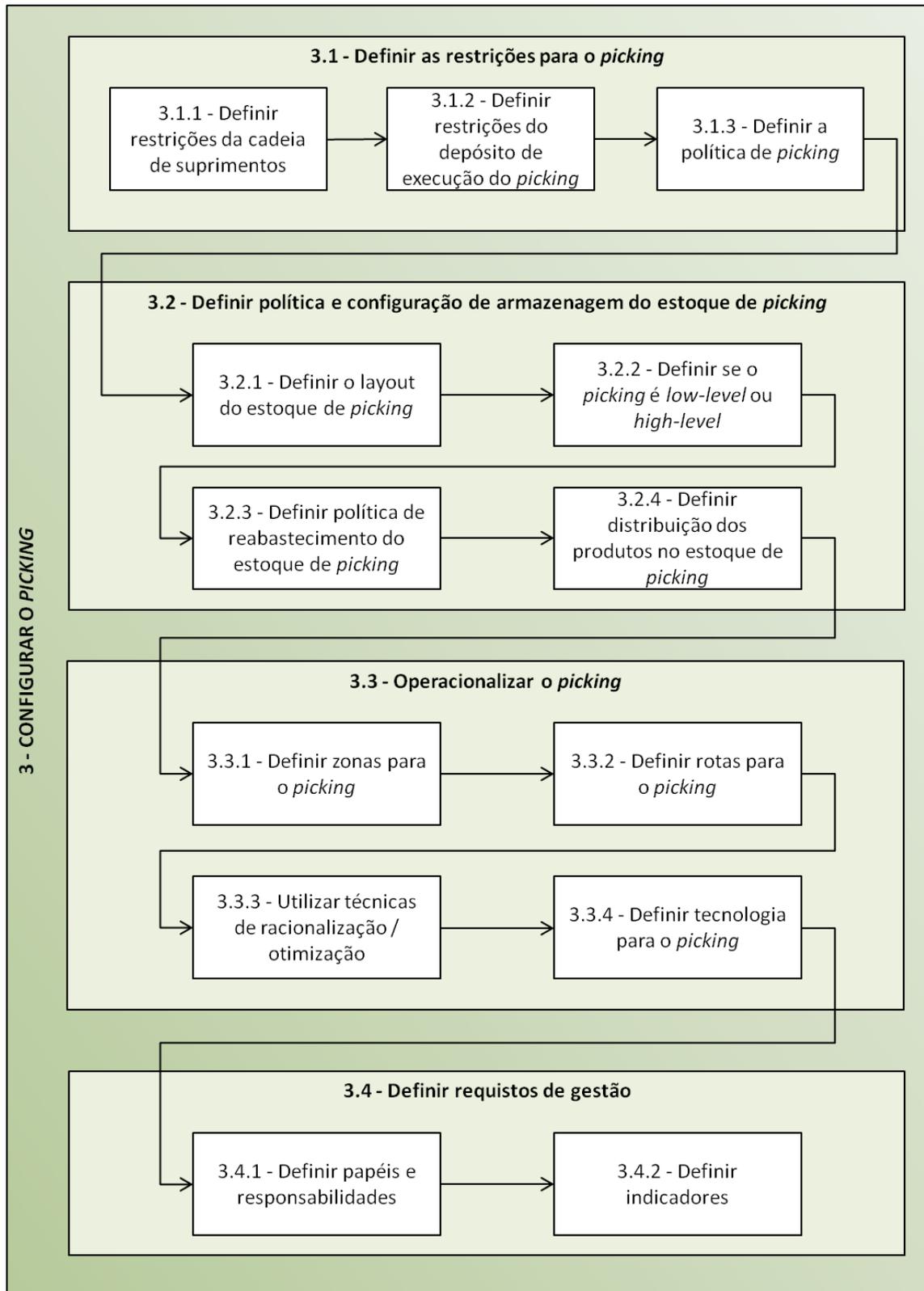


Figura 79 – Processo de operacionalizar o picking

3.1.4 Processos e subprocessos do modelo de referência para a configuração do *picking*

A Figura 80 representa os processos e subprocessos presentes no modelo de referência para a configuração do *picking*,

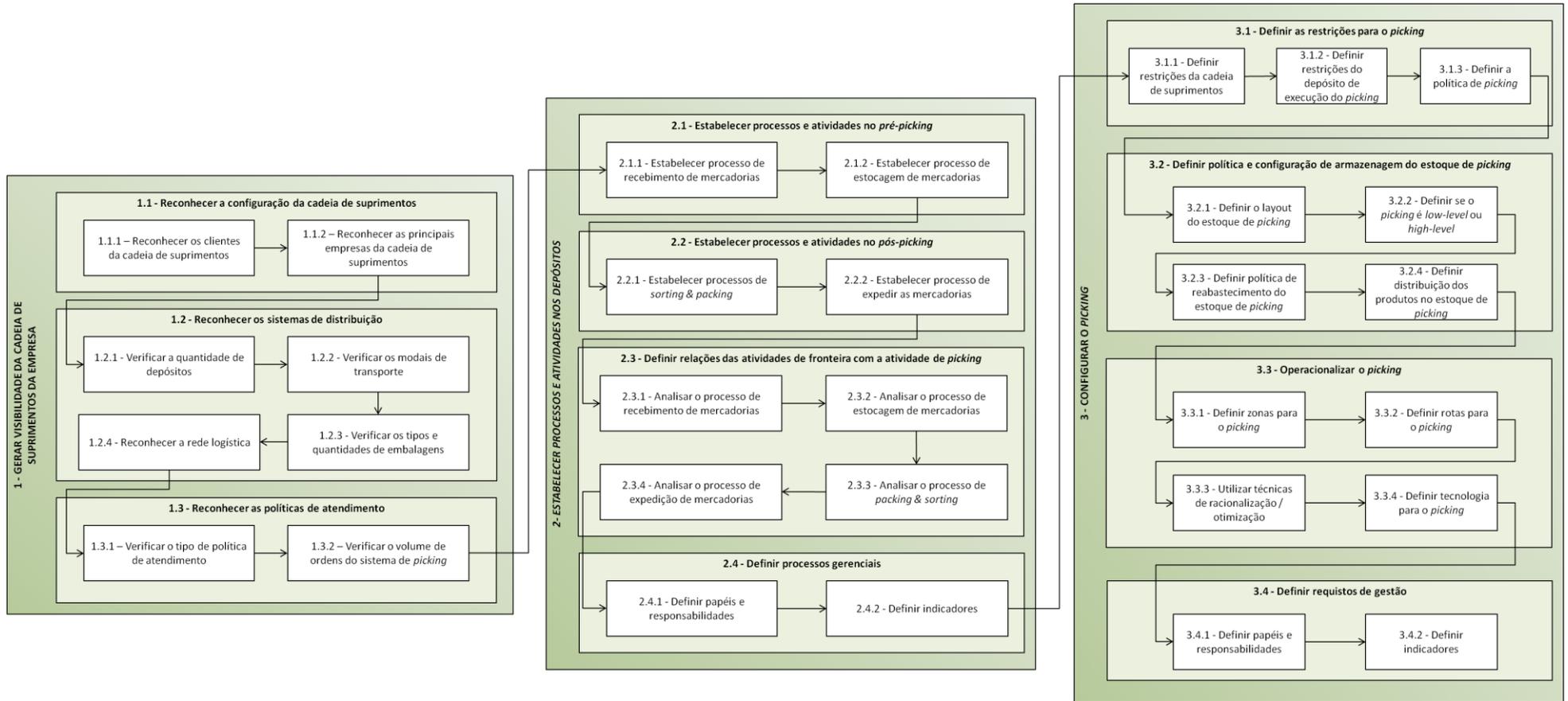


Figura 80 – Processos e subprocessos do modelo de referência para configurar o *picking*

3.2 Utilização do modelo conforme variação do volume (quantidade) e variedade de SKU's

A depender do volume (quantidade) e da variedade de SKU's que um sistema de *picking* deverá suportar, diferentes decisões devem ser tomadas de forma a obter os melhores resultados do modelo proposto.

Quatro cenários principais podem ser encontrados considerando a variação de volume e variedade de SKU's, sendo eles:

- (i) Alto volume e baixa variedade;
- (ii) Alto volume e alta variedade;
- (iii) Baixo volume e alta variedade; e
- (iv) Baixo volume e baixa variedade.

Os quatro cenários estão representados na Figura 81.

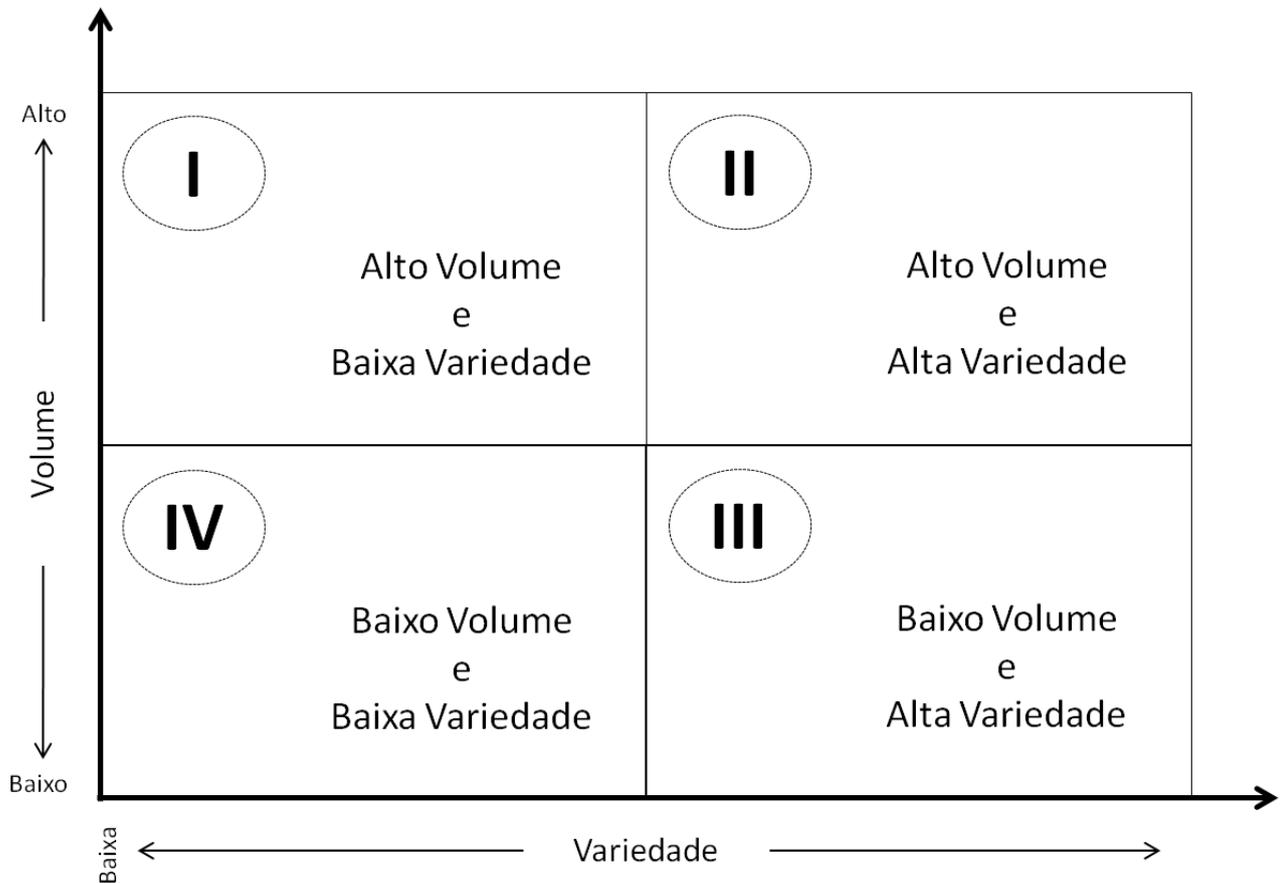


Figura 81 – Cenários de avaliação para a utilização do modelo

Para cada cenário foram avaliados os seguintes fatores relacionados ao *picking*:

- ✓ Fatores gerenciais:
 - Sistemas de informação; e
 - Indicadores.
- ✓ Fatores operacionais:
 - Política de *picking*;
 - Definição de rotas (*routing*)
 - Definição de zonas (*zoning*);
 - Técnicas de otimização/heurísticas.
- ✓ Fatores estruturais:
 - Sistemas de movimentação;
 - Sistemas de armazenagem;
 - *Layout*;
 - Automação.

Os fatores foram escolhidos e estruturados com o objetivo de que estejam aderentes e aplicáveis ao modelo proposto.

As próximas subseções detalham cada um dos fatores para os quatro cenários propostos, considerando volume e variedade de SKU's.

3.2.1 Cenário de alto volume e baixa variedade

Este cenário, frente aos outros três propostos, possui uma complexidade média. A baixa variedade de SKU's ajuda no controle, pois quanto maior a variedade de SKU's, maior a complexidade a ser trabalhada. No entanto, com o alto volume de SKU's, se faz necessário uso de técnicas de automação e sistemas de armazenagem e movimentação que suportem a grande quantidade de SKU's prevista.

Neste cenário o foco para as decisões é em pontualidade e agilidade. A flexibilidade exigida não é muito grande devido à baixa variedade de SKU's que o sistema está trabalhando.

3.2.1.1 Fatores gerenciais para o cenário de alto volume e baixa variedade

Em um ambiente com alto volume de SKU's, prevê-se que os depósitos possuam grandes estruturas para conseguir suportar a carga de armazenagem exigida. Para que ocorra a localização dos SKU's, se faz necessário um sistema de informação que auxilie na gestão do armazém.

O sistema de informação a ser utilizado deve estar integrado com o ERP da empresa, de forma a gerar visibilidade para a execução de atendimento do pedido, disponibilidade de estoque, a execução do *picking*, o reabastecimento de estoque e a necessidade de disparar a compra, transferência, adequação ou produção de SKU's.

O requisito de sistema de informação robusto e integrado neste cenário se torna ainda mais evidente quando se trata de itens que possuem um ciclo de vida limitado (por exemplo, alimentos). É pertinente ter a visibilidade de como está o giro do estoque e se não está ocorrendo perda SKU's devido à sua validade.

O sistema de informação utilizado deve gerar instruções para que o operador possa encontrar facilmente os SKU's corretos, na localidade prevista e no tempo esperado para a realização do *picking*.

Os indicadores a serem trabalhados neste cenário devem focar em pontualidade e agilidade, ao invés de flexibilidade. A proposta de indicadores neste cenário é (sem o objetivo de ser exaustiva):

- ✓ Tempo para emissão da *picking list*;
- ✓ Tempo para definição da rota de *picking* a ser realizada;
- ✓ Tempo para realizar a atividade de uma *picking list*;
- ✓ Tempo de *picking* para SKU's classificados como A;
- ✓ Tempo de *picking* para SKU's classificados como B;
- ✓ Tempo de *picking* para SKU's classificados como C;
- ✓ Erros na emissão da *picking list*;
- ✓ Porcentagem de SKU's retirados para o *picking* e não utilizáveis (por estarem avariados).

A adoção das métricas exige um estudo do ambiente que se deseja ter visibilidade e do tipo de informação disponível para coleta. A informação disponível deve ser confiável de forma a não gerar visibilidades errôneas da realidade.

3.2.1.2 Fatores operacionais para o cenário de alto volume e baixa variedade

A política de *picking* neste caso deve considerar tempos de ciclo e procedimentos que estejam de acordo com os requisitos desse cenário, ou seja, foco em pontualidade e agilidade e não em flexibilidade. Como se trabalha com um alto volume de ordens, o depósito poderá ser dividido em zonas. Cada zona poderá ter sua política, a depender das necessidades para atender ao pedido do cliente.

Neste caso podem ser aplicadas técnicas de *batching* ou *wave picking*. Esta decisão deve estar alinhada com as necessidades de atendimento do pedido do cliente.

As rotas a serem definidas devem permitir a rápida movimentação dos operadores e um sequenciamento ágil para a retirada dos SKU's. A depender das zonas em que o depósito está dividido, diferentes definições de rotas (*routing*) podem ser necessárias para cada zona.

A definição de zonas é aplicável, uma vez que o depósito neste caso tende a ter grandes proporções. A divisão do estoque em zonas pode facilitar a gestão e diminuir o tempo de ciclo de atendimento dos pedidos.

É aplicável também a utilização de técnicas de otimização ou heurísticas para melhorar o desempenho de atendimento da atividade do *picking*.

3.2.1.3 Fatores estruturais para o cenário de alto volume e baixa variedade

A estrutura a ser adotada deve ser capaz de lidar com altos volumes de SKU's e de forma ágil. Neste caso existe a necessidade de utilizar equipamentos de movimentação motorizados e equipamentos de armazenagem que permitam a integração com os equipamentos de movimentação. A automação neste cenário se torna aplicável.

Os equipamentos de movimentação aplicáveis neste caso podem ser do tipo porta-*pallets* motorizados, esteiras, carros elétricos, empilhadeiras motorizadas e veículos automaticamente guiados.

Os sistemas de armazenagem devem permitir a integração de tecnologias para a execução do *picking*, ou seja, *picking-by-light*, *picking-by-voice*, código de barras e RFID.

O *layout* do depósito deve permitir e estar aderente a um cenário de agilidade ao invés de flexibilidade.

3.2.2 Cenário de alto volume e alta variedade

Dos quatro cenários apresentados, este é o que possui maior complexidade e que gera os maiores desafios para a aplicação do modelo proposto e sua posterior gestão. É um cenário que exige agilidade, pontualidade e flexibilidade. Assim, a automação e técnicas de otimização/heurísticas se tornam necessários para obter melhorias de desempenho do sistema de *picking*. Os equipamentos de movimentação e armazenagem devem suportar grandes quantidades e variedades de SKU's.

3.2.2.1 Fatores gerenciais para o cenário de alto volume e alta variedade

O sistema de informação para suportar a quantidade de dados que este cenário gera deve ser robusto e estar altamente integrado ao sistema ERP da empresa. A maioria das decisões a serem tomadas deverá ser suportada por este sistema.

Como neste cenário existe uma grande quantidade de SKU's e estes SKU's estão em uma grande variedade, o sistema deve ter disponível técnicas de otimização e/ou heurística para auxiliar nas decisões do *picking*, ou seja, na definição de rotas, na definição da distribuição dos SKU's nos equipamentos de armazenagem e na definição das zonas para *picking*.

Um ponto de atenção, que já foi destacado no cenário anterior e se torna mais crítico neste cenário devido à variedade de SKU's, é quando os SKU's a serem tratados tem um período de validade curto (por exemplo, alimentos).

Os indicadores, para gerar visibilidade de gestão do *picking*, devem focar tanto em agilidade como em flexibilidade. Assim, os indicadores a serem utilizados devem ser uma mescla dos indicadores do cenário I (alto volume e baixa variedade) e do cenário III (baixo volume e alta variedade).

A proposta de indicadores neste cenário é (sem o objetivo de ser exaustiva):

- ✓ Tempo para emissão da *picking list*;
- ✓ Quantidade de diferentes produtos por *picking list*;
- ✓ Quantidade de diferentes produtos por zona de *picking*;

- ✓ Tempo para o *picking versus* quantidade de diferentes produtos por *picking list*;
- ✓ Tempo para definição da rota de *picking* a ser realizada;
- ✓ Tempo para realizar cumprir a atividade de uma *picking list*;
- ✓ Tempo de *picking* para produtos classificados como A;
- ✓ Quantidade de diferentes produtos presentes na classe A;
- ✓ Tempo de *picking* para produtos classificados como B;
- ✓ Quantidade de diferentes produtos presentes na classe B;
- ✓ Tempo de *picking* para produtos classificados como C;
- ✓ Quantidade de diferentes produtos presentes na classe C;
- ✓ Erros na emissão da *picking list*;
- ✓ Porcentagem de produtos serem retirados de forma errônea, devido a grande diversidade de produtos presentes no depósito;
- ✓ Porcentagem de produtos avariados retirados para o *picking*.

A adoção das métricas exige um estudo do ambiente que se deseja ter visibilidade e do tipo de informação disponível para coleta. A informação disponível deve ser confiável de forma a não gerar visibilidades errôneas da realidade.

3.2.2.2 Fatores operacionais para o cenário de alto volume e alta variedade

Para a definição da política de *picking* é necessário fazer uma análise prévia do peso que se dará para a agilidade e pontualidade e o peso que se dará para a flexibilidade. Conseguir alta pontualidade e alta flexibilidade é difícil, por isso terá que se trabalhar com este *trade-off* (apesar de que a automação, quando bem aplicada, consegue diminuir este *trade-off*).

Técnicas *batching*, *zoning* e *wave picking* devem ser adotadas para atingir os objetivos do sistema de *picking*.

As rotas devem ser definidas baseadas na necessidade de pontualidade e flexibilidade para cada zona do estoque. A depender dos produtos presentes em cada zona, a necessidade de pontualidade e flexibilidade pode variar, obtendo, assim, características de rotas diferentes para cada zona.

É necessário neste caso que o estoque seja dividido em zonas. Cada zona terá o seu *trade-off* de pontualidade e flexibilidade. Neste caso, é aplicável a utilização de *golden zone*, de forma a ter desempenhos exclusivos para produtos classificados na classe A (esses desempenhos são necessários neste cenário).

Técnicas de otimização e heurísticas para ajudar a obter ganhos nesse cenário se tornam pertinentes frente à complexidade presente. A utilização do conceito de *bucket brigade picking* pode ser adotado para balancear a carga de trabalho entre as zonas.

3.2.2.3 Fatores estruturais para o cenário de alto volume e alta variedade

Devido ao fato de serem necessárias pontualidade, agilidade e flexibilidade, a automação também se faz necessária neste cenário.

Os sistemas de movimentação devem ser motorizados e, para algumas zonas, automatizados (a depender da característica do depósito em que se está aplicando o modelo).

Os sistemas de armazenagem também possuem a tendência a serem automatizados neste cenário. Assim, trata-se da aplicação de depósitos automatizados para atingir os desempenhos necessários.

A estrutura deve estar apta a receber as tecnologias de *picking-by-voice*, *picking-by-light*, e RFID.

O *layout* pode variar de zona para zona e deve considerar o *trade-off* de pontualidade / agilidade e flexibilidade para ser definido. A exigência, como em todas as decisões nesse cenário, é de alta pontualidade e alta flexibilidade.

3.2.3 Cenário de baixo volume e alta variedade

Este cenário possui uma complexidade similar ao do primeiro cenário (de alto volume e baixa variedade), no entanto, as características das decisões são diferentes devido as diferentes exigências agora presentes. Neste cenário o foco é em flexibilidade, pois existirá a necessidade de trabalhar com uma grande diversidade de SKU's, refletindo em pacotes com diferentes dimensões, diferentes resistências, diferentes necessidades de empilhamento, diferentes necessidades de armazenagem, diferentes exigências de documentação e outras exigências que possam vir a surgir a depender do ambiente em que se está trabalhando.

3.2.3.1 Fatores gerenciais para o cenário de baixo volume e alta variedade

A exigência dos sistemas de informação neste caso é que estejam integrados com o ERP da empresa e possuam robustez e capacidade de processamento necessário para trabalhar com uma grande diversidade de SKU's. Diferente do primeiro cenário, neste caso os sistemas de informação devem ter uma maior capacidade de armazenamento e transação de dados e informações.

O sistema deve ser capaz de gerar relatórios que indiquem a obsolescência de itens no estoque, uma vez que a diversidade de SKU's é grande e existem chances de terem itens com erro de planejamento (terem sido produzidos a mais ou da forma incorreta, estando presente no estoque).

Conforme já destacado, a exigência neste cenário é de flexibilidade, assim os gestores responsáveis devem ter a visibilidade do quão flexível o sistema está operando para a realização do *picking*. A pontualidade e agilidade não são o foco, mas também não podem se tornar pontos que interfiram negativamente no desempenho das atividades.

A proposta de indicadores neste cenário é (sem o objetivo de ser exaustiva):

- ✓ Quantidade de diferentes SKU's por *picking list*;
- ✓ Quantidade de diferentes SKU's por zona de *picking*;
- ✓ Tempo para o *picking versus* quantidade de diferentes SKU's por *picking list*;
- ✓ Tempo para realizar cumprir a atividade de uma *picking list*;
- ✓ Quantidade de diferentes SKU's presentes na classe A;
- ✓ Quantidade de diferentes SKU's presentes na classe B;
- ✓ Quantidade de diferentes SKU's presentes na classe C;
- ✓ Erros na emissão da *picking list*;
- ✓ Porcentagem de SKU's retirados errados, devido a grande diversidade de SKU's presentes no depósito;

3.2.3.2 Fatores operacionais para o cenário de baixo volume e alta variedade

As decisões sobre a política do *picking* devem focar em flexibilidade. Os tempos de ciclo podem ser penalizados, desde que se consiga fazer o *picking* de uma grande variedade de SKU's, conforme necessidade do cliente. A penalidade exequível nos tempos

de ciclo devem ser avaliadas junto com a percepção e necessidade do cliente, que neste caso preza por uma grande diversidade de SKU's.

A aplicação de técnicas como o *batching* ou *zoning* deve ser avaliada. Devido a estar se tratando com baixos volumes, os estoques tendem a ter tamanhos reduzidos. O *trade-off* de complexidade para a gestão *versus* o ganho que o sistema terá ao se aplicar estas técnicas deve ser avaliado.

As rotas a serem definidas devem focar em flexibilidade e, na maioria das vezes, não serão as rotas que resultam no menor tempo de ciclo para a operação do *picking*. Caso sejam utilizadas diferentes zonas para o *picking*, deverão ser definidas rotas específicas para cada zona.

Devido à grande quantidade de SKU's, modelos heurísticos podem ter sucesso de aplicação neste cenário, de forma a obter ganhos na atividade de *picking*. O ponto a verificar é que devido a grande quantidade de SKU's os modelos podem ficar complexos, dificultando sua solução e aderência prática.

3.2.3.3 Fatores estruturais para o cenário de baixo volume e alta variedade

As questões estruturais devem facilitar a seletividade dos SKU's e a fácil movimentação. É um cenário com grande diversidade de SKU's, assim o fácil acesso aos SKU's é importante para que o *picking* atinja aos seus objetivos.

Os sistemas de movimentação podem ser motorizados ou não a depender do tamanho do depósito. No entanto, devem permitir o transporte dos mais diversificados SKU's.

Os sistemas de armazenagem devem permitir a alta seletividade dos itens, de forma a atender aos requisitos de flexibilidade.

O *layout* deve permitir e estar apto a armazenar, movimentar os mais diversos tipos de SKU's, de forma a não limitar as atividades referentes ao *picking*.

A automação deve ser aplicada caso exista a necessidade de um tempo de ciclo menor para algum SKU's. Uma possibilidade é usar a classificação ABC, e utilizar automação de forma a auxiliar as atividades que envolvam os itens de classe A.

3.2.4 Cenário de baixo volume e baixa variedade

Este é o cenário de menor complexidade comparado aos outros três anteriormente apresentados. Deve-se adotar sempre os procedimentos mais simples, não sendo necessária automação, equipamentos motorizados e tecnologias do tipo *picking-by-light* ou *picking-by-voice*, por exemplo.

3.2.4.1 Fatores gerenciais para o cenário de baixo volume e baixa variedade

Os sistemas de informação neste caso não precisam estar diretamente integrados ao ERP da empresa, podendo utilizar de soluções mais simples. O investimento para obter a tal integração não compensaria as vantagens que o *picking* iria obter.

Apesar da proposta ser uma solução simples, não significa a inexistência da mesma. O estoque e a atividade de *picking* precisam ser controlados e gerenciados. Dados e informações confiáveis e prontos para a utilização são de fundamental importância para a atividade do *picking*.

Os indicadores a serem adotados devem gerar visibilidade da atividade de *picking* e mostrar as suas tendências. A exigência de pontualidade, agilidade e flexibilidade é contingencial, devendo ser estudada e aplicada. Os indicadores sempre devem ser aderentes aos processos, aos objetivos e metas do negócio e gerar visibilidade para os responsáveis tomarem as decisões pertinentes.

A proposta de indicadores neste cenário é (sem o objetivo de ser exaustiva):

- ✓ Quantidade de diferentes SKU's por *picking list*;
- ✓ Tempo para realizar cumprir a atividade de uma *picking list*;
- ✓ Erros na emissão da *picking list*;
- ✓ Porcentagem de SKU's serem retirados errados;
- ✓ Porcentagem de SKU's aviariados retirados para o *picking* e não utilizados.

3.2.4.2 Fatores operacionais para o cenário de baixo volume e baixa variedade

A política de *picking* deve conter procedimento simples e alinhado com os objetivos do depósito, quanto à tempo de atendimento do pedido do cliente e da flexibilidade para a possibilidade de estarem contidos diferentes SKU's em uma *picking list*.

A utilização de técnicas de *batching* ou *zoning* não se aplica neste caso, pois o volume e a variedade de itens presentes não exigem tais abordagens. Em caso de aplicação, iria aumentar a complexidade de gestão sem ganhos efetivos para a operação do *picking*.

Para a definição das rotas não é necessário a utilização de modelos matemáticos para obter resultados ótimos. Normalmente, neste caso, é intuitiva, restringida pelo balanceamento da necessidade de pontualidade, flexibilidade e agilidade.

A utilização de *zoning* e técnicas de otimização também não se aplicam neste cenário.

3.2.4.3 Fatores estruturais para o cenário de baixo volume e baixa variedade

A estrutura neste cenário não requer automação, uma vez que o volume e a variedade de itens são baixos. Conforme previsto na apresentação deste cenário, o foco é a simplicidade nas decisões, de forma a evitar custos e despesas que não trariam o retorno desejado.

Os sistemas de movimentação deve se limitar a *porta-pallets* e movimentadores manuais. Em alguns casos, a depender do peso do SKU, o transporte poderá ser efetuado pelo próprio operador (com um estudo de ergonomia prévio, de forma que mitiguem riscos ocupacionais).

Os sistemas de estocagem devem ser simples e não requerem integração com tecnologias e automação.

O *layout* deve atender aos requisitos operacionais e de segurança do depósito.

O Quadro 4 resume todos os direcionamentos de decisões apresentados nesta subseção.

Quadro 4 – Decisões do modelo de referência do *picking* considerando variação de volume e variedade de SKU's

<p>Alto</p> <p>↑</p> <p>Volume</p> <p>↓</p> <p>Baixo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistemas de informação: integrados ao ERP e que permitam gerar visibilidade dos produtos presentes no estoque. ✓ Indicadores: devem focar e gerar visibilidade sobre a pontualidade e agilidade do sistema de <i>picking</i>. ✓ Política de <i>picking</i>: foco em pontualidade e agilidade. Utilização de <i>zoning</i>, <i>batching</i> e/ou <i>wave picking</i>. ✓ Definição de rotas: devem permitir um sequenciamento ágil. ✓ Definição de zonas: aplicável. ✓ Técnicas de otimização/heurísticas: aplicável. ✓ Sistemas de movimentação: motorizados, devido a grande quantidade de produtos. ✓ Sistemas de armazenagem: integrados com os sistemas de movimentação e que permitam ter agilidade para o <i>picking</i>. ✓ Layout: favoreça a diminuição do tempo de ciclo. ✓ Automação: aplicável. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistemas de informação: integrados ao ERP e que tenha disponível ferramentas de otimização / heurística para programar o <i>picking</i>. ✓ Indicadores: devem considerar tanto agilidade / pontualidade como a flexibilidade necessária para o sistema de <i>picking</i>. ✓ Política de <i>picking</i>: considerar pontualidade, agilidade e flexibilidade nas decisões a serem tomadas. ✓ Definição de rotas: considerar necessidade de pontualidade e flexibilidade. ✓ Definição de zonas: aplicável e utilização de <i>golden zone</i>. ✓ Técnicas de otimização: necessária. ✓ Sistemas de movimentação: motorizados e automatizados. ✓ Sistemas de armazenagem: integrados com os sistemas de movimentação e automatizados conforme necessidade. ✓ Layout: considerar necessidade de pontualidade e flexibilidade. ✓ Automação: necessária.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistemas de informação: não é necessária integração com o ERP. Solução simples, no entanto, que gere as visibilidades necessárias. ✓ Indicadores: entender exigência de pontualidade, agilidade ou flexibilidade. Devem mostrar as tendências da atividade de <i>picking</i>. ✓ Política de <i>picking</i>: procedimentos simples e que atenda aos objetivos do depósito. <i>Batching</i> não é necessário. ✓ Definição de rotas: não é necessário o uso de modelos matemáticos para esta definição. Intuitiva, restringida pela necessidade de pontualidade, agilidade e flexibilidade. ✓ Definição de zonas: não aplicável. ✓ Técnicas de otimização: não aplicável. ✓ Sistemas de movimentação: manuais e não motorizados. ✓ Sistemas de armazenagem: simples, sem automação. ✓ Layout: atender objetivos de segurança e operacionais. ✓ Automação: não aplicável. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sistemas de informação: integrados ao ERP e que permitam trabalhar com uma grande diversidade de SKU's. ✓ Indicadores: devem focar e gerar visibilidade sobre a flexibilidade do sistema de <i>picking</i>. ✓ Política de <i>picking</i>: foco em flexibilidade. Avaliar a necessidade de utilização de <i>zoning</i> e / ou <i>batching</i>. ✓ Definição de rotas: devem permitir um sequenciamento flexível. ✓ Definição de zonas: aplicável, avaliar necessidade. ✓ Técnicas de otimização: aplicável. ✓ Sistemas de movimentação: avaliar necessidade de serem motorizados. Devem permitir o transporte de diferentes SKU's. ✓ Sistemas de armazenagem: devem permitir a alta seletividade dos SKU's. ✓ Layout: foco em flexibilidade. ✓ Automação: Aplicável.
	<p>←</p> <p>Variedade</p> <p>→</p>	<p>←</p> <p>Alta</p> <p>→</p>

4 Considerações finais

A primeira questão de pesquisa se referiu a existência ou não de um modelo de referência para a configuração de um sistema de *picking*. Esta questão foi respondida no primeiro capítulo, em que foi realizado um estudo para verificar qual era o comportamento de publicações sobre o tema. Foram levantados os *journals* em que ocorreram as publicações e quais assuntos foram abordados. Não foi encontrado nenhum modelo que tratasse de forma gerencial a configuração do *picking*. Os modelos encontrados possuíam a característica de modelagem matemática e tratavam de aspectos isolados do *picking*, isto é, modelo matemático para definição de rotas, modelo matemático para otimizar o tempo de ciclo e as outras abordagens presentes na Tabela 7. Assim, não existe um modelo de referência para a configuração do *picking* em publicações científicas.

A segunda questão se referiu à possibilidade de criação de um modelo de referência para configurar um sistema de *picking*, que contemplasse as premissas da Logística de prazo, qualidade e custo. A resposta para esta questão foi positiva. Foi criado um modelo para a configuração do *picking* em que se procurou sempre ter a relação com as premissas da Logística e da *Supply Chain Management* (SCM).

Com isso, o objetivo proposto para este estudo foi atingido, disponibilizando um modelo de referência para a configuração do *picking*. O modelo proposto foi dividido em macroprocessos, processos e atividades, de forma a deixar claro e didático o entendimento e a sua possível aplicação. No primeiro macroprocesso em que se procura reconhecer a cadeia de suprimentos e o seu sistema de distribuição e no segundo macroprocesso em que se procura definir as atividades nos depósitos, mostra-se a relação com a Logística e a SCM e os seus objetivos. Ao atingir o terceiro macroprocesso para configurar o *picking* em si, estão listadas as premissas necessárias para a sua configuração.

Os principais resultados deste estudo foram:

- ✓ Apresentação de um modelo que não existe no âmbito científico, ou seja, um modelo de referência com o foco gerencial para a configuração do *picking*;
- ✓ Foram consideradas as premissas de Logística e de SCM para a construção do modelo, de forma a evitar conflitos de abordagens;
- ✓ Foram apresentadas diretrizes de aplicação do modelo em quatro cenários delimitados pela variação de volume (quantidade) e variedade de SKU's;

- ✓ O modelo foi criado considerando o conteúdo apresentado no capítulo de revisão bibliográfica, garantindo a coerência científica do mesmo.

Uma limitação desse estudo foi:

- ✓ A ausência da aplicação prática do modelo, de modo a verificar a sua aderência.

Algumas oportunidades de estudos surgem com esta dissertação:

- ✓ Validação do modelo;
- ✓ Aplicação prática do modelo, em um estudo de caso ou pesquisa-ação, de forma a validar a sua aderência e receber propostas de melhorias;
- ✓ Expandir o modelo com decisões a serem estabelecidas no âmbito da SCM e no âmbito da Logística;
- ✓ Detalhar qual a influência das decisões estabelecidas na SCM sobre o *picking*; e
- ✓ Detalhar qual a influência das decisões estabelecidas na Logística sobre o *picking*.

Referências

- ACKERMAN, K. B. Receiving at the Warehouse. In: TOMPKINS, J. A., SMITH, J. D., (org.), *The Warehouse Management Handbook*, 2ª Edição, Estados Unidos: Edwards Brothers, 1998.
- APICS, Versão digital do 11º dicionário, 2005.
- APICS, **Detailed Scheduling and Planning**, Participant Workbook, v. 3.1, 2006 (a).
- APICS, **Master Planning of Resources**, Participant Workbook, v. 3.1, 2006 (b).
- ARNOLD, J.R.T., CHAPMAN, S.N. **Introduction to Materials Management**, 5ª Edition, New Jersey: Pearson, 2004.
- BALLOU, R. H. **The evolution and future of logistics and supply chain management**, Revista Produção, v. 16, n. 3, 2006.
- BALLOU, R. H. **Logística Empresarial: Transporte, Administração de Materiais e Distribuição Física**. Tradução: YOSHIZAKI, H. T. Y., 1ª Edição - 22ª reimpressão, São Paulo: Atlas, 2010.
- BARTHOLDI, J. J., EISENSTEN, D. D. Bucket Brigades: a self balancing order picking system for a warehouse, 1996 (disponível em: http://www2.isye.gatech.edu/people/faculty/John_Bartholdi/bucket-brigades/papers/bbwh.pdf).
- BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J., **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. Tradução: Equipe do Centro de Estudos em Logística, NEVES, A. F., FLEURY, P. F., LAVALLE, C. 1ª Edição, São Paulo: Atlas, 2001.
- BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J., COOPER, M. B. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**. Tradução: Cláudia Mello Belhassof, 2ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.
- BARBOSA, D. H., MUSETTI, M. A. Logistics information systems adoption: an empirical investigation in Brazil. **Industrial Management & Data Systems**. v. 10, n. 6, p.787-404, 2010.
- BOZUTTI, D. F., COSTA, M. A. B. Visão Geral sobre o *Picking*. **XVII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP)**, Bauru-SP: 2010.

- BOZUTTI, D. F., COSTA, M. A. B., RUGGERI, R. **Logística: Visão Global e Picking**, Série Apontamentos, São Carlos: EDUFSCAR, 2010.
- BRYMAN, Alan. **Research Methods and Organization Studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.
- CARON, F., MARCHET, G., PEREGO, A. Layout in manual picking systems: a simulation approach. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 11/2, p. 94-104, 2000a.
- CARON, F., MARCHET, G., PEREGO, A. Optimal layout in low-level picker-to-part systems, **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 1, p. 101-17, 2000b.
- CHAO, C. YANG, J., JEN, W., Determining technology trends and forecasts of RFID by a historical review and bibliometric analysis. **Technovation**, v. 27, n. 5, 2007.
- CHASE, R.B., JACOBS, F.R., AQUILANO, N.J. **Administração da Produção para a Vantagem Competitiva**, Tradução: R. Brian Taylor, 10ª Edição, São Paulo: Bookman, 2006.
- CHOE, K., SHARP, G. P. Small parts order picking: design and operation, disponível em: <http://www.isye.gatech.edu/logisticstutorial/order/article.htm>, 1991 (Acessado em: Junho de 2010).
- CSCMP, *Supply Chain Management Terms and Glossary*, 2010 (disponível no site: <http://cscmp.org>, acesso em 26 de Dezembro de 2012).
- DANIELS, R. L., RUMMEL, J. L., SCHANTZ R. A model for warehouse order picking. **European Journal of Operation Research**, v. 105, p. 1-17, 1998.
- DALLARI, F., MARCHET, G. MELACINI, M. *Design of order picking system*. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 42, p. 1 – 12, 2009.
- DEKKER R., KOSTER, M. B. M., ROODBERGEN, K. J., VAN KALLEVEEN. Improving order picking response time at Ankor's Warehouse, **Interfaces**, v. 34, n.4, p. 303-313, 2004.
- FABER, N., KOSTER, R. B. M., VELDE, S. L. Linking warehouse complexity to warehouse planning and control structure: an exploratory study of the use of warehouse management information systems. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 32, n. 5, p. 381-395, 2002.
- FENG, Y., D'AMOURS, S., BEAUREGARD, R. The value of sales and operations planning in oriented stand board industry with make to order manufacturing system:

cross functional integration under deterministic demand and spot market resource, **International Journal of production Economics**, v. 115, n. 1, p. 189-209, 2008.

FERNANDES, F.C.F., FILHO, M. G., **Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial**. 1ª Edição, São Paulo: Atlas, 2010.

FERREIRA, P. C. P, **Técnicas de Armazenagem**. 1ª Edição, São Paulo: Editora Qualitymark, 1998.

GRAY, A. E., KARMARKAR, U. S., SEIDMANN, A. Design and Operation of an order-consolidation warehouse: Models and application. **European Journal of Operational Research**, v. 58, p. 14-36, 1992.

GRAWE, S. J. Logistics innovation: a literature-based conceptual framework. **The International Journal of Logistics Management**, v. 20, n.3, 2009.

GUPTA, S., VERMA R., VICTORINO, L. Empirical research published in production and operations management (1992 – 2005): trends and future research directions. **Production and Operations Management**, v.15, n.3, p. 432-488, 2006.

HALSEY, M. Order Picking Systems. . In: TOMPKINS, J. A., SMITH, J. D., (org.), **The Warehouse Management Handbook**, 2ª Edição, Estados Unidos: Edwards Brothers, 1998.

HAMMOND, T. A., DAVIS, J. S., Large Parts Storage Systems. In: TOMPKINS, J. A., SMITH, J. D., (org.), **The Warehouse Management Handbook**, 2ª Edição, Estados Unidos: Edwards Brothers, 1998.

HASSAN, M. M. D. A framework for the design of warehouse layout. **Facilities**, v. 20, n. 13/14, p. 432-440, 2002.

HSIEH, L. F., TSAI, L. The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 28, p. 626-637, 2006.

KOO, P. H. The use of bucket brigades in zone order picking systems. **OR Spectrum**, v. 31, p. 759-774, 2009.

KOSTER, R., Le-DUC, T., ROODBERGEN, K.J. Design and control of warehouse order picking: a literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 182(2), p. 481-501, 2007

LAMBERT, D. M., **Supply chain management: processes, partnerships, performance**. Sarasota. 3ª edição: Supply Chain Management Institute, 2008.

- LAMBERT, D. M., COOPER, M. C. Issues in Supply Chain Management, **Industrial Marketing Management**, v. 29, p. 65-83, New York: Elsevier Science Inc, 2000.
- LIMA, M. Armazenagem: considerações sobre a atividade de *picking*, 2002. Disponível em:http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=764&Itemid=74 (acesso em: 13/01/2011).
- LUMMUS, R. R., VOKURKA, R. J. Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines, **Industrial Management & Data Systems**, v. 99, n.1, p. 11-17, 1999.
- LUMSDEN, K., DALLARI, F., RUGGERI, R. Improving the efficiency of the Hub and Spoke system for the SKF European distribution network. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 29, n. 1, p. 50-64, 1999.
- MANTHOU, V. VLACHOPOULOU, M. Bar-code technology for inventory and marketing management systems: a model for its development and implementation. **International Journal of Production Economics**. v. 71, p. 157-164, 2001.
- MANZINI, R., GAMBERI, M., PERSONA, A., REGATTIERI, A. Design of a class based storage picker to product order picking system. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 32, p. 811-821, 2007.
- MARCHET, G., MELACINI, M., PEROTTI, S. A model for design and performance estimation of pick-and-sort order picking system. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22, n. 2, p. 261-282, 2011.
- MARTIN, R. M., GARRIDO, J., TRILLO, J. L., SAEZ J., ARMESTO, J. Design and simulation of an industrial automated overhead warehouse, **Integrated Manufacturing Systems**, v. 9/5, p. 308-313, 1998.
- MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativas e Qualitativas. In: MIGUEL, P.A.C. (org.), *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*, Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MEHRJERDI, Y. A. RFID and its benefits: a multiple case analysis. **Assembly Automation**, v. 31/3, p. 251-262, 2011.
- MENTZER, J. T., DeWITT, W., KEEBLER, J. S., MIN, S., NIX, N. W., SMITH, C. D., ZACHARIA, Z. G., Defining Supply Chain Management, **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 2, 2001.
- MILLER, A. Order Picking for the 21st Century, **Tompkins Associates**, 2004.

- MOURA, R. H., **Armazenagem: Do Recebimento à expedição em Almoarifados ou Centros de Distribuição**, Série Manual de Logística, 4ª Edição, São Paulo: Instituto IMAM, 2006.
- MOURA, R. H., **Equipamento de Movimentação e Armazenagem**, Série Manual de Logística, 6ª Edição, São Paulo: Instituto IMAM, 2004.
- NAKANO, D. Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações. In: MIGUEL, P.A.C. (org.), *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*, Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- NILSSON, F. Logistics management in practice - towards theories of complex logistics. **The International Journal of Logistics Management**, v. 17, n.1, p. 38-54, 2006.
- PETERSEN, C. G. An evaluation of order picking routing policies, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17(11), p. 1098-1111, 1997.
- PETERSEN, C. G. An evaluation of order picking policies for mail order companies. **Production and Operations Management**, v. 9, n.4, p. 319 - 335, 2000.
- PETERSEN, C. G. Considerations in order picking zone configuration. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 7, p. 793-805, 2002.
- PETERSEN, C. G., AASE G. A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. **International Journal Production Economics**, v. 92, p. 11-19, 2004.
- PETERSEN, C. G., SIU C., HEISER, D. R. Improving order picking performance utilizing slotting and golden zone storage, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 10, p. 997 -1020, 2005.
- PIRES, Silvio R. I., **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos**, São Paulo: Editora Atlas, 2004.
- REED, C. Warehouse Control and Management Systems. In: TOMPKINS, J. A., SMITH, J. D., (org.), *The Warehouse Management Handbook*, 2ª Edição, Estados Unidos: Edwards Brothers, 1998.
- RUBRICO, F. I. U., OTA, F., HIGASHI, T., TAMURA, H., Metaheuristic scheduling of multiple picking agents for warehouse management, **Industrial Robot: An International Journal**, v. 35, n. 1, p. 58 – 68, 2008.
- RUGGERI, R, PEREGO, A., **Esercizi e temi d'esame di Logistica**, Milano: Editora CUSL. E notas de aulas da disciplina de Logística ministrada no ano de 2007.

- SCOR e Supply Chain Council. Disponível em: www.supply-chain.org. Acesso em junho de 2012.
- SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. Introduction to supply chain management (cap 1, pg 1-22). In: SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E.: *Designing and Managing the Supply Chain – concepts, strategies and case studies*, 2nd Edition, Boston: McGraw-Hill, 2003.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R., **Administração da Produção**, Tradução: Maria T. C. de Oliveira, Fábio Alher, 2^a Edição, São Paulo: Editora Atlas, 2007.
- STOCK, J. R., BOYER, S. L. Developing a consensus definition of supply chain management: a qualitative study, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 39, n. 8, 2009.
- TIBBEN-LEMBKE, R. S., ROGERS, D. L. Real Options: applications to logistics and transportations. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 36, n. 4, p. 252-270, 2006.
- TWIST, D. C. The impact of radio frequency identification on supply chain facilities. **Journal of Facilities Management**, v. 3, p 226-239, 2006.
- TOMPKINS, J. A., The Challenge of Warehousing . In: TOMPKINS, J. A., SMITH, J. D., (org.), *The Warehouse Management Handbook*, 2^a Edição, Estados Unidos: Edwards Brothers, 1998.
- TOMPKINS, J. A., SMITH, J. D., (org.), *The Warehouse Management Handbook*, 2^a Edição, Estados Unidos: Edwards Brothers, 1998.
- VAN DEN BERG, J.P., ZJIM W.H.M. Models for warehouse management: Classification and examples. **International Journal of Production Economics**, v. 59, p. 519-528, 1999.
- WEISS, D. J., FRYE R. Small Parts Storage Systems. In: TOMPKINS, J. A., SMITH, J. D., (org.), *The Warehouse Management Handbook*, 2^a Edição, Estados Unidos: Edwards Brothers, 1998.
- ZELBST, P. J., GREEN, K. W., SOWER, V. E., REYES, P. M. Impact of RFID on manufacturing effectiveness and efficiency, **International Journal of Operations and Production Management**, v. 32, n.3, 2012.