

O USO DE TECNOLOGIAS PARA O PROCESSO DE PREPARAÇÃO DE PEDIDOS: IMPLICAÇÕES E PROPOSIÇÕES

THE USE OF TECHNOLOGIES FOR THE PROCESS OF PICKING: IMPLICATIONS AND PROPOSITIONS

Jorge Arnaldo Troche-Escobar* E-mail: jorge.troche@gmail.com

Maria do Sameiro Faria Brandão S. de Carvalho* E-mail: sameiro@dps.uminho.pt

Francisco Gaudêncio Mendonça Freires** E-mail: gaudenciof@yahoo.com

*Universidade do Minho (UMinho), Braga, Portugal.

**Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, BA, Brasil.

Resumo: Na atualidade, são inúmeros os desafios enfrentados pelas empresas no que diz respeito à sua competitividade num mercado global e complexo, sendo necessária uma permanente revisão e reavaliação dos seus processos de gestão. O processo de preparação de pedidos (*picking*) em armazéns é um dos mais críticos, quer pela sua complexidade quer pelo seu custo elevado, pelo que elevados níveis de eficiência são necessários e desejáveis. O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma pesquisa sobre as tecnologias de preparação de pedidos em armazéns. Foi desenvolvido um modelo conceptual e uma metodologia para suportar a escolha de soluções tecnológicas para a estratégia de *picker-to-part*. A abordagem proposta incorpora as várias dimensões do processo de decisão sobre avaliação e seleção das tecnologias de preparação de pedidos com base tanto na revisão bibliográfica, quanto a partir de contribuições empíricas obtidas junto de uma empresa fornecedora de tecnologias de preparação de encomendas. No processo de decisão destaca-se a elevada complexidade, pois envolve vários níveis de decisão e várias dimensões que passam pelo layout do armazém, a metodologia de preparação de pedidos, o nível de rastreabilidade a atingir, o modelo de codificação dos produtos, entre outros fatores determinantes, para além do custo da própria solução tecnológica.

Palavras-chave: Preparação de pedidos. Tecnologias. Armazéns.

Abstract: In the present, businesses are facing numerous challenges with regard to their competitiveness in a global and complex marketplace, being required an ongoing review and evaluation of their management processes. The process of picking in Warehouses is one of the most critical, both for its complexity either by its high cost, so high levels of efficiency are necessary and desirable. The objective of this paper is to present the results of a research about the technologies on picking process in warehouses. They were developed a conceptual model and a methodology to support the choice of technological solutions for picker-to-part's strategy. The proposed approach incorporates the various dimensions of decision process for assessment and selection of picking technologies based both, in the literature review, as from empirical contributions obtained from a provider of order picking technologies. In the decision process highlights the highly complexity, as it involves several levels of decision and several dimensions that pass through the layout of the warehouse, the methodology of picking, the level of traceability wanted, the coding model of products, among others determinant factors, beyond the cost of the technological solution itself.

Keywords: Picking. Technologies. Warehouses.

1 INTRODUÇÃO

Os espaços destinados à armazenagem de produtos foram durante muito tempo, considerados como locais de menor importância dentro das empresas (RUSHTON et al., 2006). Hoje, entretanto, é imprescindível uma maior atenção a estes espaços e aos processos que nele decorrem, e isto pelo fato de que o simples armazenamento de inventários (sem ter em conta os métodos que permitem uma agilização dos processos), em nada contribui para a eficiência da recolha e preparação dos pedidos no armazém.

Os armazéns constituem os locais onde são guardados os produtos ou materiais dentro da cadeia logística: matéria prima, produto semielaborado, produto terminado, desempenhando diversas funções na cadeia de abastecimento: consolidação, depósito, regulador de fluxos, reexpedição, etc. (ARBACHE et al., 2004). São vários os processos desenvolvidos num armazém (LAMBERT et al., 1998), como por exemplo, a recepção, os envios e transferências, a seleção e preparação de pedidos (ou *picking*), a classificação e o *cross-docking*. Entre estes exemplos, a preparação de pedidos tem sido identificada como a atividade de maior custo (FRAZELLE, 2002; TOMPKINS et al., 2003).

O processo de recolha e preparação dos pedidos no armazém, para o posterior envio dos produtos ao cliente consiste no agrupamento e programação das ordens de pedido, alocação de stocks em localizações, colocação de pedidos para posterior transporte e a recolha e disposição dos itens desde um local de armazenamento até o ponto de expedição (DE KOSTER et al., 2007). Este processo exerce uma influência global nas operações logísticas (GU et al., 2007) e no nível de serviço, apresentando a atividade de maior custo na maioria dos armazéns (ACKERMAN, 1997; RUSHTON et al., 2006). O processo propriamente de recolha de itens representa aproximadamente 15% de todo o tempo gasto (TOMPKINS et al., 2003). Isto demonstra, claramente, a necessidade de pesquisar alternativas de redução do tempo gasto em algumas etapas deste processo, como por exemplo, o tempo de movimentação e procura dos itens.

As alternativas operacionais para melhorar a eficiência operacional da preparação de pedidos são centradas na redução de tempos de viagem, sendo classificadas em um dos quatro grupos: definição de rotas, estratégias de

armazenamento, desenho de layout e processamento em lotes (ĐUKIĆ et al., 2010). Outra componente para obter melhorias dentro das empresas com relação ao processo de preparação de pedidos é através da tecnologia. Esta serve de apoio com a combinação de processos de transação, suporte de decisão e sistemas de comunicação (BOWERSOX et al., 2010).

Existe uma ampla gama de tecnologia de suporte em termos de sistemas de informação e equipamentos que podem ser utilizados para obter elevados níveis de produtividade e precisão. Contudo, quando a preparação de pedidos envolve quantidades unitárias, a tendência é que seja uma operação manual com assistência de tecnologia. Assim, são utilizadas uma das estratégias: mover o operário ao produto (*picker-to-parts*) ou mover o produto ao operário (*parts-to-picker*). Ainda estas duas estratégias podem ser combinadas (*put system*). O presente estudo foi centrado nas tecnologias de preparação de pedidos focados na estratégia de *picker-to-parts*, na qual o operário caminha ou dirige um equipamento de recolha ao longo dos corredores para a seleção dos itens. Esta estratégia é utilizada na maior parte dos armazéns; de acordo com De Koster et al. (2007), representando 80% dos armazéns observados na Europa Ocidental.

O objetivo central da pesquisa foi analisar e discutir diferentes estratégias de preparação de pedidos (*picking*). O estudo tem um caráter teórico e empírico e visou o levantamento de informação sobre as metodologias e tecnologias implementadas pelas empresas de grande porte. Assim, envolveu uma revisão bibliográfica sobre as principais contribuições na área de preparação de encomendas e foi complementado com contribuições de uma empresa multinacional fornecedora de tecnologias, a Zetes burótica (ZETES, 2012), com uma longa experiência de implementação de tecnologias em várias empresas. Sediada na Bélgica, possui escritórios espalhados em vários países da Europa, e em África do Sul.

O estudo efetuado permitiu identificar a falta de modelos de apoio à decisão para escolha da solução mais adequada. Como resultado do trabalho realizado, foi elaborado um modelo conceitual para representação do processo de seleção de sistemas de *picking* identificando os diferentes níveis de decisão e as etapas mais críticas do processo de decisão.

O artigo está organizado da seguinte forma: Seção 1, Introdução; na seção 2 é apresentado um resumo da metodologia da pesquisa; a seção 3 apresenta o estado de arte sobre a preparação de pedidos em armazéns; as metodologias de *picking* segundo o nível de automatização utilizado, as alternativas tecnológicas para o processo de *picking*, os fatores e métodos na seleção de soluções de *picking*. Na seção 4 é apresentado e discutido o modelo conceitual proposto, e na seção 5 são apresentados os principais resultados levantados nos estudos de caso. Finalmente as conclusões, agradecimentos e referências bibliográficas.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

O estudo foi realizado em 2012, utilizando uma abordagem qualitativa do tipo bibliográfico e estudo de caso. A escolha de uma determinada abordagem de pesquisa depende tanto do problema a ser investigado, da sua natureza e situação espaço-temporal em que se encontra, quanto da natureza e nível de conhecimento do investigador (KÖCHE, 2002).

Para Neves (1996), a pesquisa qualitativa é descritiva e não procura seguir a rigor um plano previamente estabelecido (baseado em hipóteses claramente indicadas e variáveis que são objeto de definição operacional), mas, sim, costuma ser direcionada ao longo de seu desenvolvimento. Além disto, não busca enumerar ou medir eventos e, geralmente, não emprega instrumental estatístico para análise de dados; seu foco de interesse busca a obtenção de dados detalhados, mediante contato direto e interativo entre o pesquisador e o objeto de estudo.

Segundo Saunders et al. (2007), a pesquisa bibliográfica permite ao pesquisador um contato mais íntimo com o que já foi produzido sobre determinado tema que será investigado, incidindo, portanto, na recolha e análise de dados em bibliografias especializadas. Seu objetivo é o de conhecer e analisar as principais contribuições teóricas existentes sobre um determinado tema ou problema (KÖCHE, 2002).

Por sua vez, o estudo de caso, segundo (YIN, 2003), é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, em situações onde os comportamentos relevantes não podem ser

manipulados, mas onde é possível fazer observações diretas e entrevistas sistemáticas. Assim, seu objetivo será explorar, descrever ou explicar o caso estudado (YIN, 2003). Outros autores mencionam como objetivos do estudo de caso: ampliar o conhecimento de um problema, visando estimular a sua compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria (MATTAR, 1996; MIGUEL, 2007) relatar os fatos como sucederam, descrever situações ou fatos, proporcionar conhecimento acerca do fenômeno estudado e comprovar ou contrastar efeitos e relações presentes no caso (GUBA; LINCOLN, 1994).

No primeiro momento, foram escolhidos como critérios de busca da revisão bibliográfica os anos que compreendessem o período de 1990 até 2012. Os dados recolhidos na revisão bibliográfica foram analisados de maneira interpretativa e reflexiva (NEVES, 1996), servindo de base para a criação de um modelo conceitual capaz de descrever o processo de análise e seleção das tecnologias de preparação de pedidos.

Na impossibilidade de realizar trabalhos de campo que permitissem uma validação do modelo proposto, foram efetuados contatos com uma empresa multinacional fornecedora de tecnologias, a Zetes burótica (ZETES, 2012), com uma longa experiência de implementação de tecnologias em várias empresas com a qual foi possível discutir a validade de alguns pressupostos do modelo proposto, assim como, analisar alguns casos práticos de implementação de tecnologias de suporte ao processo de preparação de pedidos.

A referida empresa, disponibilizou uma série de casos que envolviam a implementação de tecnologias de suporte para os diferentes processos, provenientes das mais variadas empresas da península ibérica (Portugal e Espanha). Assim, de esses casos, foram escolhidos treze, considerando que elas abarcavam a implementação de tecnologias para preparação de pedidos. Os dados principalmente qualitativos foram agrupados em categorias para sua melhor compreensão e classificação. As observações foram categorizadas em cinco grupos: áreas de atuação das empresas, maturidade tecnológica, características do produto (itens a preparar) e a solução tecnológica adotada em cada situação, e os resultados obtidos.

3 PREPARAÇÃO DE PEDIDOS EM ARMAZENS

De Koster et al. (2007) sugere que as pesquisas na área de preparação de pedidos têm aumentado nos últimos anos, com o desenvolvimento da literatura sobre os variados métodos para melhorar a eficiência do processo. No entanto, outros autores como Gu et al. (2010) consideram que pesquisas referentes à seleção de uma estratégia de preparação de pedidos são ainda escassas, o qual poderia ser devido à complexidade do problema em si mesmo. Segundo Richards (2011), a operação de *picking* tem mudado significativamente nos últimos 20 anos. Quando antes era normal o *picking* de paletes e caixas inteiras, hoje em dia aparecem conceitos como o *Just in time*, o crescimento das vendas *online* e a significativa redução no *lead time* das ordens, resultando em pedidos (quantidades de ordens) menores para cada item, e envios mais frequentes (RICHARDS, 2011).

Existem vários métodos de preparar uma ordem encomendada tão eficientemente quanto possível, dependendo das especificades de cada caso (DE KOSTER et al., 2007). O tempo para escolher uma ordem pode ser dividido em três componentes: tempo de deslocamento para a procura e movimentação dos itens (*travelling time*), o tempo para recolher os itens (*picking time*) e o tempo para as atividades restantes, como por exemplo, o registo da movimentação dos itens no sistema, etc. (ĐUKIĆ et al., 2010). Assim, existe um potencial para melhorar a eficiência da preparação de pedidos, reduzindo as distâncias a ser percorridas.

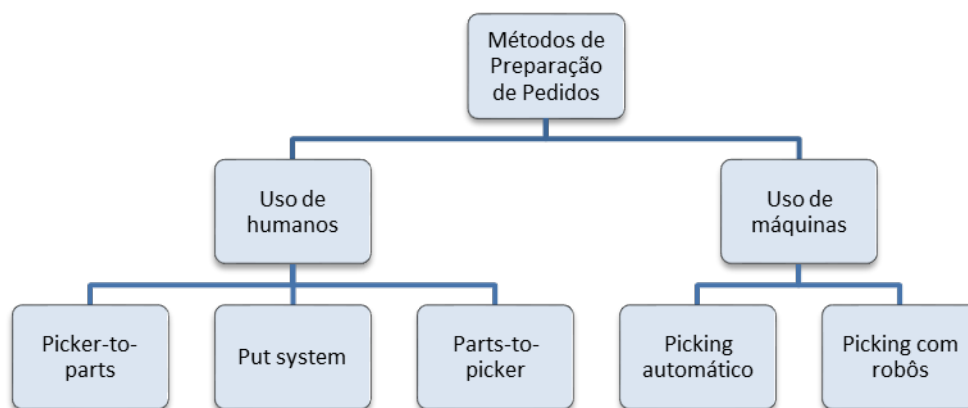
3.1 Estratégias de preparação de pedidos segundo o nível de automatização

Não existe uma classificação única relativamente aos métodos de preparação de pedidos. Alguns autores classificam estes métodos pelo seu nível de automatização. (EMMETT, 2005; RICHARDS, 2011). Entretanto, outros autores (ĐUKIĆ et al., 2010) classificam os métodos entre os baseados em listas de pedidos e as diferentes estratégias de automatização (*voice picking*, leitores de radio frequência, etc.).

Considerando que as operações de gestão do fluxo de materiais dentro do armazém podem ser desenvolvidas quer por sistemas automatizados quer pela força

humana, temos uma identificação de variados sistemas de preparação de pedidos. Uma classificação destes sistemas de preparação de pedidos é proposta por De Koster et al. (2007), apresentada na figura 1. A maioria dos armazéns utiliza recursos humanos para a preparação de pedidos e dentro dela o sistema de *picker-to-parts*, na qual o operário caminha ou dirige um equipamento ao longo dos corredores para recolher os itens é o mais comum.

Figura 1 – Classificação de Sistemas de preparação de pedidos



Fonte: baseado em De Koster (2007).

3.1.1 *Picker-to-parts*

Constitui a estratégia de recolha e preparação de pedidos mais utilizado nos armazéns (RUSHTON et al., 2006; GU et al., 2007), na qual o operário desloca-se na procura do produto a ser recolhido. Neste tipo de operações, a componente crítica será o tempo gasto em cada um dos percursos realizados através dos corredores para a procura dos itens.

Dentro dos sistemas *picker-to-parts*, diferenciam-se dois níveis: i) a pequena escala, quando o operário recolhe as quantidades requeridas dos itens desde as prateleiras (ou local de armazenamento), percorrendo a rota e transportando uma caixa ou carrinho de mão (*trolley*) e ii) a grande escala, que acontece quando o operário faz o percurso a bordo de equipamentos que param automaticamente nas

localizações indicadas à espera de serem recolhidos os itens correspondentes. Dentro da classificação de *picker-to-parts* temos novamente várias estratégias que podem ser escolhidas segundo as características e conveniência da operação:

Pick by article ou *Batch picking*

Para pequenas ordens nem sempre resulta económico preparar cada uma por circuito. Então múltiplas ordens são preparadas num circuito. No final do circuito de preparação, os itens recolhidos a granel são distribuídos por ordens individuais. Esta distribuição final pode ser manual ou por meio de equipamento automático.

Pick by order

Esta estratégia de preparação é adequada para ordens de grande dimensão, na qual o preparador num circuito de área de *picking* recolhe os itens requeridos por uma encomenda. Isto pode ser apropriado quando uma encomenda tipicamente vai preencher a capacidade do equipamento para transportar. Uma extensão desta acontece quando mais de uma ordem é coletada por circuito, mas cada uma das ordens é acumulada num contentor e separada por algum meio. No final do circuito cada ordem é distribuída para a entrega.

Zoning

A estratégia de *zoning* implica a divisão do armazém em vários setores, cada um destes é atendido por um ou outro grupo de preparadores diferentes (CARRASCO; PONCE, 2008). As zonas podem ser progressivas e sincronizadas. Em zonas progressivas os pedidos são preparados através das zonas, passando de uma para a outra à medida que for completado. Desta forma é semelhante a uma linha de montagem. Na variante sincronizada, os pedidos são preparados em paralelo nas diferentes zonas, culminando num processo final de consolidação (CARRASCO; PONCE, 2008). O *picking* por zonas tende a diminuir o tempo de movimentação do preparador de pedidos, limitando o espaço para visitar. Também é conhecido por *pick-to-box* e *pick-and-pass* (DALLARI et al., 2009).

3.1.2 *Parts-to-picker*

Os sistemas *parts-to-picker*, ao invés do primeiro, os produtos a serem recolhidos são movimentados por meio de algum sistema ou dispositivo automático ou semiautomático até o ponto de preparação. Incluem sistemas automatizados de armazenamento e movimentação (AS/RS) que consistem geralmente em prateleiras servidos por guias que atravessam os corredores entre as prateleiras, entregando as paletes ou caixas (neste caso chamado *miniloads*) para uma localização de preparação (ROODBERGEN; IBIS, 2008).

Também podem ser utilizados os sistemas modulares verticais (VLM) ou carrosséis (verticais/horizontais) que também permitem, ao preparador de pedidos, ter acesso às unidades correspondentes.

3.1.3 Put system

Esta estratégia tem diferenciado duas etapas, uma de recolha e outra de distribuição. Na primeira etapa é realizada a recolha dos produtos recorrendo a um dos métodos descritos: *picker-to-parts* ou *parts-to-picker*. Na etapa posterior os itens recolhidos são classificados para as diferentes ordens, sendo então necessária uma segunda fase de preparação. Este sistema tem sido muito utilizado no comércio eletrônico, na qual tem de ser preparado um grande número de pedidos numa janela temporal muito curta (DE KOSTER et al., 2007) podendo resultar num elevado número de preparação por cada operário (numa média de 500 por hora) e, nos últimos sistemas desenvolvidos, têm sido atingidos até 1000 pedidos por hora (DE KOSTER, 2008).

Dois exemplos de esta estratégia são o *pick-and-sort* e o *pick-to-box* (também conhecido como *pick-and-pass*). No primeiro os preparadores (*pickers*) preparam as quantidades dos produtos para cada pedido a partir de um agrupamento de ordens e enviam as quantidades para outra zona de classificação por meio de um sistema de transporte (DALLARI et al., 2009). No segundo, a área de *picking* é dividida em zonas conectadas por um sistema de transporte (ex. cinta transportadora); os

contentores ou caixas são transportadas por cada zona e preenchidas segundo a encomenda solicitada para cada uma (DALLARI et al., 2009).

3.1.4 *Picking* automático e *picking* com robôs

A automatização tem um grande impacto quando existe um elevado volume de artigos a ser recolhidos (RICHARDS, 2011), sendo os requisitos de maior velocidade, precisão e produtividade os motivos pelos quais tem ganho vantagem como uma opção realista.

Os armazéns automáticos integram múltiplas funções, como o armazenamento, transporte, envio e gestão, e possuem muitas características distintas, como a capacidade de armazenamento em massa, melhor aproveitamento dos espaços, grande capacidade de resposta, baixo índice de desperdícios, etc. (CHANG et al., 2007). A utilização dos robôs por sua parte tem sido ampla na área de manufatura, sendo sua vantagem a possibilidade de realização de várias funções, por vezes breves e repetitivas, junto com a grande precisão que possuem.

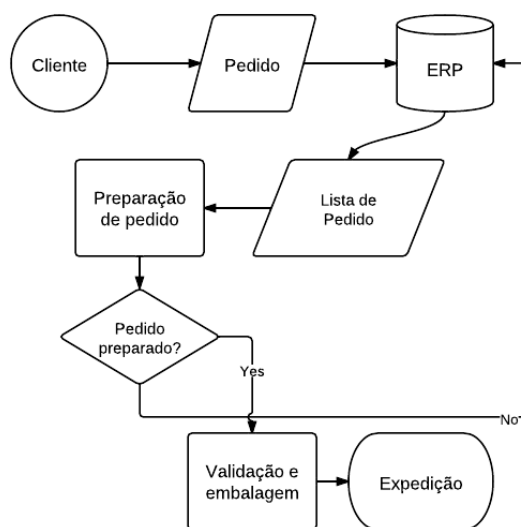
3.2 Alternativas tecnológicas de preparação de pedidos

Um cenário comum, que podemos designar de tradicional dentro da preparação de pedidos, é a utilização de lista de pedidos (Figura 2). Pelo geral, a lista é impressa numa folha de papel, contendo uma série de informações, como a localização dos itens dentro do armazém, o número de lote e as quantidades a preparar. O operário leva a lista de pedidos desde o centro de informação do armazém e começa a procura e recolha dos itens listados. O pedido do cliente é processado no sistema integrado de gestão (ERP) e a informação é fornecida ao operário. São indicadas as quantidades de cada item que serão retiradas da localização predeterminada. Os itens são movimentados desde as prateleiras com a ajuda de alguns equipamentos de movimentação de materiais (ex. empilhadeiras).

Nos armazéns tradicionais que envolvem um elevado número de transações, existe associado um elevado risco, pois o sistema recebe o *feed back* ao final de

cada operação e durante o processo podem ser cometidos erros por causa dos critérios dos operários. Também geram erros no inventário, danificações e perdas de produtos. Outros problemas comuns implicam demoras nas preparações, principalmente devido aos erros na preparação e *mix* de lotes dos itens. A necessidade de deslocação do operário desde uma central de informação para recolha das listas de pedidos e posterior procura desses itens nas prateleiras também gera perdas de tempo consideráveis segundo a dimensão dos armazéns.

Figura 2 – Sistema de preparação de pedidos em armazém convencional



Fonte: Troche-Escobar (2012).

Além dos sistemas tradicionais, podemos identificar um novo cenário com a utilização de tecnologias de informação para preparação de pedidos (BRAGG, 2004). As principais tecnologias que podemos citar são: leitores por radio frequência (*RF scanning*), direção por voz (*voice picking*), direção por luz (*pick-to-light* e *put-to-light*), e o sistema de direcionamento por óculos (*picking by vision*). Os dois primeiros são ligados ao sistema por rádio frequência ou sinal *wireless*. A terceira tecnologia utiliza um sistema de sinalização por luz em pontos específicos com um ponto de interface onde o operário regista a recolha (ĐUKIĆ et al., 2010). O *picking by vision*, constitui um dos sistemas mais recentes, nele o operário recebe indicações por meio de óculos especiais.

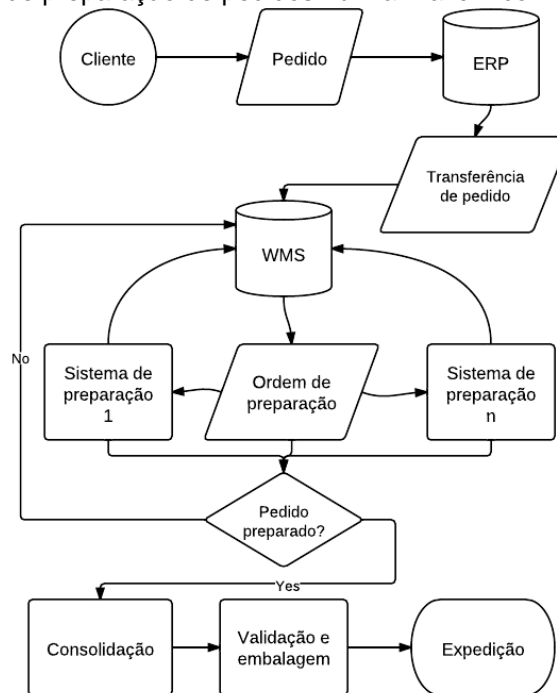
No processo preparação de pedidos com utilização de tecnologias (Figura 3) o sistema ERP é encarregado do lançamento dos pedidos para o SGA - sistema de

Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 1, p. 188-212, jan./mar. 2015.

gestão de armazém (MACHADO; SELLITO, 2012; SORIANO; SALGADO Jr., 2014), seguindo os critérios de eficiência estabelecidos. O SGA (ou WMS, por suas siglas em inglês) distribui as tarefas para cada componente do sistema de preparação para completar cada item do pedido.

Os sistemas de preparação de pedidos possuem uma grande variedade, e são escolhidos segundo as características e necessidades específicas de cada caso. Tal como é apresentado na Figura 3 podem funcionar mais de um sistema de preparação de pedidos em conjunto (ex. *voice picking* e leitores de radio frequência), a solução pode ser variada, ou inclusivamente, uma combinação de vários métodos de preparação e/ou tecnologias que levem a cabo a preparação dos pedidos para serem posteriormente consolidados antes da validação e embalagem para a posterior expedição.

Figura 3 – Sistema de preparação de pedidos num armazém com assistência de tecnologia



Fonte: Troche-Escobar (2012).

3.3 Desenho de um sistema de preparação de pedidos

As decisões relativas ao desenho de um sistema de preparação de pedidos envolvem diferentes níveis de decisão e vários tomadores de decisão, portanto, tem
 Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 1, p. 188-212, jan./mar. 2015.

uma natureza muito complexa (ROUWENHORST et al., 2000; GU et al., 2010; etc.). Na revisão efetuada poucas foram as contribuições encontradas relativamente aos processos de tomada de decisão e à definição de metodologias de suporte à decisão.

O design de um sistema de preparação de pedidos, segundo Dallari et al. (2009) que é baseada na proposta de Yoon e Sharp (1996), é composto de 4 etapas fundamentais: entrada (*input*), seleção, avaliação e detalhe final (Figura 4).



Fonte: elaboração própria, baseado em Dallari et al. (2009).

Etapa de início

A primeira etapa do design pode ser definida em quatro subetapas (YOON; SHARP, 1996): primeiro o esclarecimento de considerações de gestão, na qual são listadas as variáveis estratégicas (aspetos económicos, meio ambiente e requisitos de sistema), a segunda e terceira subetapas que são a colheita e análise de dados de transação, na qual são avaliados os dados referentes a produtos e ordens, para identificar o padrão e comportamento dos SKU. Esta subetapa permite tomar decisões de organização de inventário (ex., ABC) e a quarta subetapa consiste na

Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 1, p. 188-212, jan./mar. 2015.

especificação da estrutura do sistema de preparação de pedidos. Serve para considerar as especificações em relação à estrutura física, área de *picking*, alturas, e os diferentes subsistemas requeridos; também como a especificação do fluxo de materiais entre os departamentos (produtos e ordens).

Etapa de seleção

A fase de seleção, segundo a proposta de Dallari et al. (2009) é apoiada por três subsistemas: identificação dos sistemas de preparação de pedidos, a especificação dos equipamentos e o design e avaliação das áreas principais.

A identificação dos sistemas de preparação de pedidos consiste em fazer uma primeira avaliação do sistema mais adequado (ex., *pick-to-box*, *picker-to-parts*, completamente automatizado, *zone picking*, etc). Por exemplo, para pedidos de pequeno tamanho, o mais conveniente seria um sistema que segue o método de *picking* por artigo ou por pedido; entretanto, para pedidos de grande tamanho podem ser obtidas vantagens significativas com a estratégia de *batch picking* ou *zone picking*; quanto maiores forem as ordens, maior pode ser o ganho em produtividade.

Na especificação de equipamentos, a seguir da identificação dos melhores grupos de sistemas possíveis, permite escolher os equipamentos, segundo os requisitos de manutenção de materiais como sistema de apoio. Por exemplo, se optarmos por um sistema *picker-to-parts*, e um subsistema *pick-to-order*, a opção de um carrossel ou *miniloads* poderiam ser adequadas (DALLARI et al., 2009).

A seguir à seleção dos grupos de sistemas e equipamentos de preparação de pedidos possíveis, será necessário avaliar os requisitos de dimensão para os diferentes subsistemas. Por exemplo, avaliar a quantidade e localização das áreas de *picking* e seu dimensionamento, como também o desempenho esperado, por exemplo, tempo de resposta, ratios de *picking* e quantidade de *pickers* (DALLARI et al., 2009).

Etapa de avaliação

A seguir às especificações dos subsistemas, temos uma etapa de desenvolvimento de reconciliação qualitativa e quantitativa (YOON; SHARP, 1996). O desenvolvimento da análise é feito em cada subsistema e conduz desta forma a melhorar a definição de especificações e seleções.

A lista de verificação abarca geralmente: custos, dimensionamento dos espaços, cálculos de saídas do sistema, fluxos entre os subsistemas, compatibilidade dos sistemas de movimentação de materiais entre os diferentes subsistemas e a disponibilidade de recursos em quantidade suficiente, verificar a correta localização dos produtos, correto funcionamento do fluxo de reposição após o stock ser enviado para o cliente, a consistência do sistema de preparação de pedidos em geral, compatibilidade entre equipamentos e tipos de produtos, entre outros (YOON; SHARP, 1996).

A avaliação e seleção são feitas com base em comparação após a reconciliação qualitativa. A reconciliação quantitativa visa a permitir realizar modificações dos subsistemas ou parte delas.

Uma última análise de aspetos gerais do armazém é feita para uma seleção de eventuais alternativas resultantes da etapa anterior, com base em fatores como o custo, espaço, tempo de resposta e instalação etc. Podem ser aplicadas técnicas de pontuação de pesos que permita obter um ranking das alternativas com base nestes fatores (YOON; SHARP, 1996).

Etapa de detalhes finais

Como ultima etapa, são avaliadas as características de cada subsistema, tentando aperfeiçoar tanto quanto possível o desempenho (YOON; SHARP, 1996). Isto requer uma análise entre aspetos como: desenho de layout, políticas de *routing*, armazenagem e zoneamento. Isto implica aprofundar os estudos que foram feitos de forma mais superficial na etapa anterior, o qual poderia eventualmente conduzir a uma necessidade de repetir alguma etapa do processo.

3.4 Sínteses de fatores chave sobre a adoção de tecnologias de preparação de pedidos

Gu et al. (2010) sugere que a organização e planejamento do processo de preparação de pedidos têm de responder às seguintes perguntas:

- o produto será transportado até ao preparador (*parts-to-picker*) ou o preparador de pedidos deslocar-se-á até a localização de armazenamento (*picker-to-parts*)?;
- as ordens serão preparadas em ondas (*waves*)? Se sim, quantas ondas e de quanta duração?;
- o armazém será dividido em zonas? Se sim, a recolha entre as zonas serão sequenciais ou concorrentes?, e
- as ordens serão recolhidas em grupos ou separadamente? Serão agrupadas, serão distribuídas durante a recolha ou após a recolha?

A resposta de esta série de questionamentos iniciais fornecerá uma ideia inicial sobre as necessidades estratégicas do processo de preparação de pedidos e servirá para orientar os esforços.

A serie de perguntas iniciais são complementadas com as premissas comuns, que são enfrentadas num projeto de armazem, apontadas por Baker e Canessa (2009):

- é conhecido que o projeto de um armazém é altamente complexo;
- os autores abordam esta complexidade por meio de modelos que descrevem aspetos passo a passo (etapas);
- estas etapas são interligadas e um grau de repetição é necessário, e;
- pode não ser possível identificar a solução ótima, tendo em conta a grande quantidade de possibilidades em cada etapa.

Assim, estes autores apontam sobre a complexidade do problema e a possibilidade de identificação de diferentes resultados, produto das variadas possibilidades de solução em cada etapa.

O processo de decisão do projeto, envolvendo as diferentes etapas, também envolve diferentes níveis hierárquicos (ROUWENHORST et al., 2000). As decisões

nos diferentes níveis são tomadas em sequência, sendo ao mesmo tempo interligadas umas com outras. A adoção de uma nova tecnologia de preparação de pedidos envolve uma série de questões chave:

- estratégicas, relacionadas com as características e projeções do negócio;
- táticas, relacionadas com as características de operação do armazém e, por último;
- operacionais, que envolvem os aspetos técnicos dos equipamentos a serem considerados para a seleção final.

Assim, é apontado o carácter dinâmico e integrado do processo de decisão através dos diferentes níveis hierárquicos. Sendo as decisões estratégicas o ponto de partida para as decisões táticas e operacionais.

4 UM MODELO CONCEITUAL PARA ANÁLISE E SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DE PREPARAÇÃO DE PEDIDOS

O mapa ou modelo conceitual é uma estrutura esquemática para representar um conjunto de conceitos imersos numa rede de proposições, sendo então, segundo Tavares (2007) considerado como um estruturador do conhecimento, na medida em que permite organizar o conhecimento sobre determinado assunto numa estrutura cognitiva que permite visualizar e analisar a profundidade e extensão. Neste contexto, será necessário avaliar as interações que acontecem num armazém em relação à preparação de pedidos, quer num armazém convencional, sem nenhuma adaptação tecnológica, quer num armazém moderno que dispõe de um sistema de gestão de armazéns (WMS).

A pesquisa permitiu a definição de um modelo conceitual para a tomada de decisões tecnológicas que permitam melhorar a produtividade e fiabilidade do sistema de preparação de pedidos (Figura 5). Uma vez que não foi identificada bibliografia sobre o processo de tomada de decisão sobre a adoção de tecnologias de preparação de pedidos, a construção do modelo foi feito a partir das caracterizações apresentadas na revisão da bibliografia e as considerações de uma empresa fornecedora de tecnologia presente no mercado.

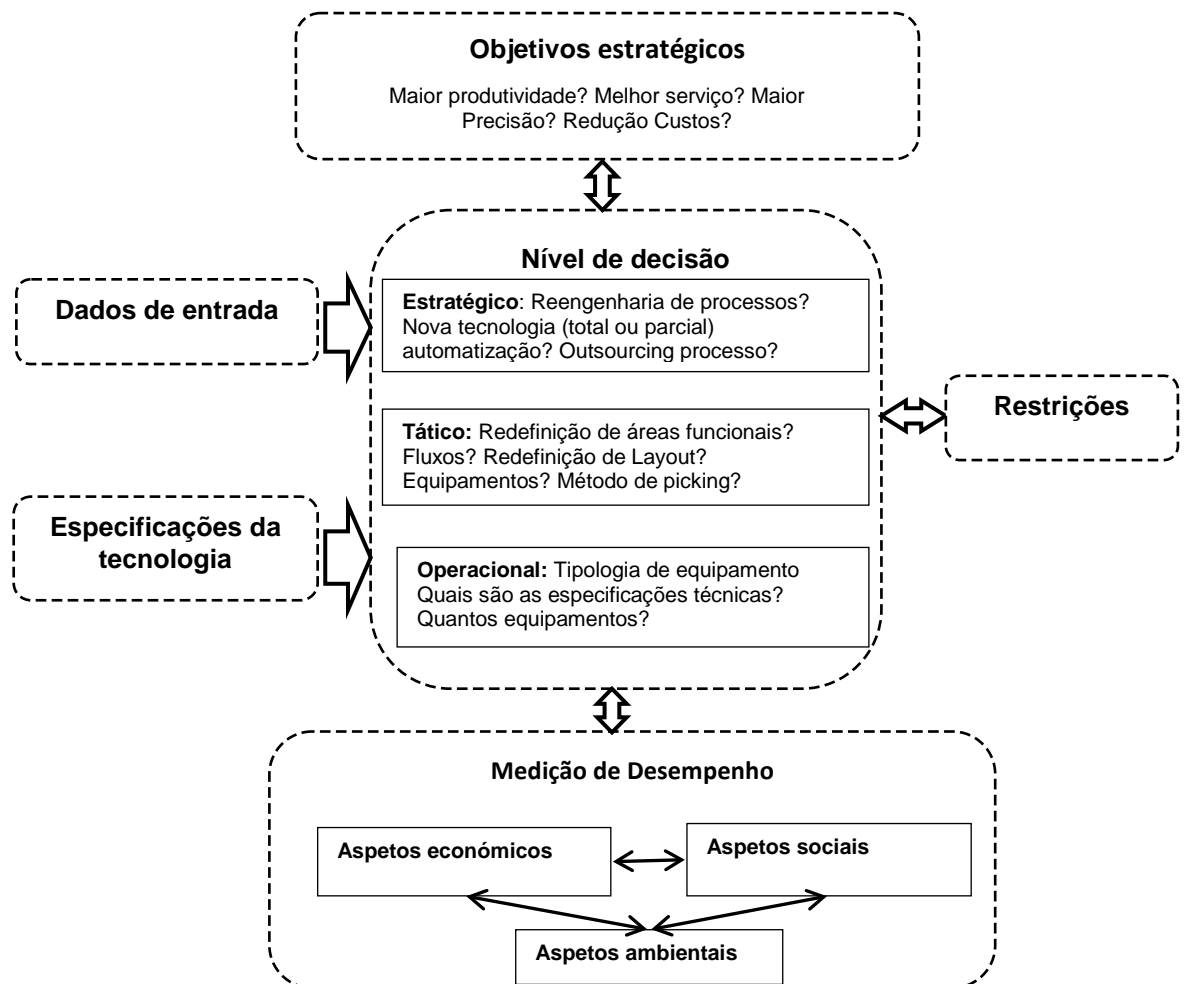
Uma primeira questão fundamental neste processo passou por compreender quais as razões de natureza estratégica/tática que impelem a empresa a procurar

Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 1, p. 188-212, jan./mar. 2015.

uma nova abordagem para o seu processo de preparação de pedidos (revisão do processo de distribuição, aumento da procura, baixo nível de serviço, baixa eficiência, etc.) e quais os objetivos a atingir (reduzir custos de operação; melhorar serviço, aumentar precisão, melhorar a produtividade, etc.).

Paralelamente, a identificação dos constrangimentos existentes, quer sejam de natureza financeira, quer sejam em termos de recursos (espaço, humanos, etc.) é também um fator decisivo para a análise do problema em questão.

Figura 5 – Modelo conceitual de análise para a implementação de tecnologias de preparação de pedidos



Fonte: Adaptado de Troche-Escobar (2012).

Na primeira etapa também são avaliadas as políticas de preparação de pedidos, o layout do armazém e os métodos de preparação atuais. Com o estudo de opções de melhoria destes aspetos podem ser obtidas importantes vantagens

melhorando as técnicas utilizadas. Um importante *input* nesta etapa constitui o levantamento das práticas do setor como as experiências de empresas do ramo.

Os dados de entrada do sistema são variados, como exemplos: a situação atual (nível de serviço, custos), características da procura (estrutura e frequência dos pedidos, tendência, sazonalidade), características dos produtos armazenados (peso, volume, facilidade para empilhar, formato, unidades carga (*unit load*) etc.), modelo de codificação de produtos, níveis de inventário, rotação, stock segurança, *lead time*, dimensão e layout do armazém, maturidade tecnológica do Sistema de informação/TI (WMS).

De acordo com a informação obtida da empresa contactada foi possível validar o modelo conceitual, introduzindo nele a visão e perspectiva de profissionais que têm longos anos de experiência. Em particular foram incorporadas as seguintes contribuições:

- necessidade de retorno de decisão, nos vários níveis; embora já tivesse sido identificada a natureza iterativa do processo, essa ideia foi reforçada, traduzindo a necessidade de ajustar processos e tecnologias;
- o fator “experiências de outras empresas no ramo” como sendo o *input* muito relevante na fase inicial do processo já que “as boas práticas do sector” tem um peso muito grande na decisão, e;
- a rastreabilidade na escolha das tecnologias; A rastreabilidade é um fator crítico para muitas empresas e vai condicionar a escolha da tecnologia (eventualmente obrigar a associar duas tecnologias para garantir a rastreabilidade ao lote e/ou, por exemplo, à data de validade). A complexidade advém da necessidade de conjugar e integrar o sistema de preparação de pedidos com o sistema de codificação dos produtos (referência/lote/data de validade, etc.).

Uma das fases críticas deste processo de decisão está relacionada com a avaliação de desempenho associada às várias soluções em análise, sendo que cada vez com maior frequência esta avaliação incorpora várias dimensões: económicas, sociais e ambientais.

Finalmente, os vários fatores de decisão (custo/velocidade/precisão/etc.) estão sempre presentes, e existe certa dificuldade na precisão no cálculo dos

resultados sobre os benefícios que uma tecnologia pode trazer para a empresa. Esta dificuldade, muitas vezes, constitui uma barreira para a mudança de paradigmas por parte das empresas na adoção das tecnologias, levando-as muitas vezes a optarem por soluções mais tradicionais e menos inovadoras.

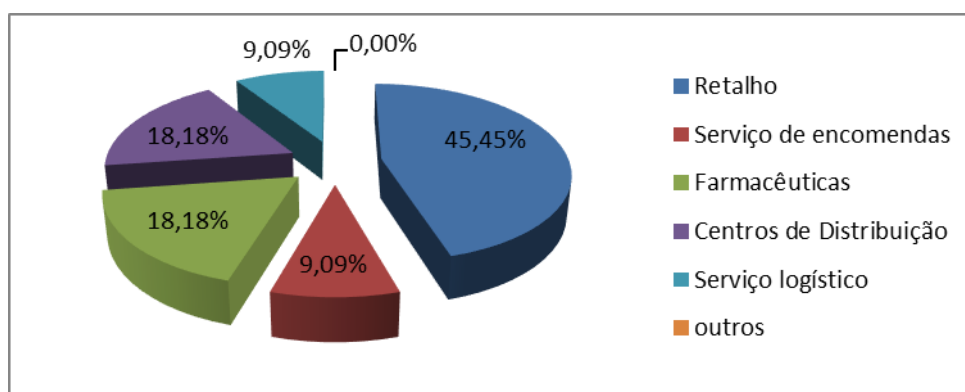
5 ANÁLISE DE ESTUDOS DE CASOS

Tal como foi referido anteriormente, para obter uma maior compreensão da importância das tecnologias de preparação de pedidos e o seu processo de análise e implementação na gestão dos processos de *picking*, foi contactada uma empresa fornecedora deste tipo de tecnologias (Zetes Burótica) com mais de 22 anos de experiência no mercado internacional.

O estudo de carácter qualitativo envolveu a análise de treze casos, abrangendo empresas de diferentes ramos. As observações foram caracterizadas em cinco grupos:

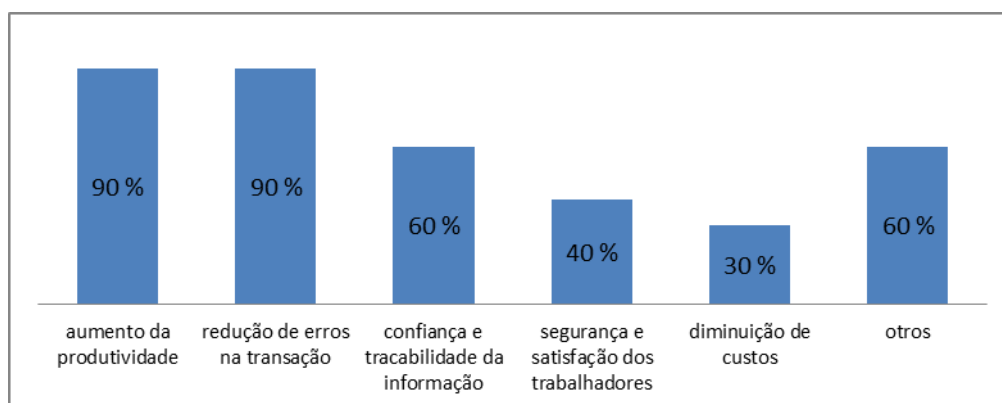
- empresas: são de grande porte, utilizam centros de distribuição para uma cobertura nacional ou internacional. As áreas de atuação são apresentadas na Figura 6;
- maturidade tecnológica: são empresas que possuem sistemas de gestão de armazéns, implementam as ferramentas tecnológicas de preparação de pedidos como uma próxima etapa de investimento, na procura de obter maior eficiência neste processo;
- características do produto: grande quantidade de itens e pedidos a preparar, a partir de volumes maiores;
- soluções tecnológicas adotadas: dispositivos portáteis (*voice picking*, *RF scanning*) são adotados em múltiplas situações. Os sistemas fixos (*pick-by-light* e *put-by-light*) são aplicados para a classificação de pedidos desde contentores de maior dimensão, e;
- resultados obtidos (Figura 7): Os resultados reportados como mais importantes são a diminuição de erros e aumento da produtividade.

Figura 6 – Principais áreas de aplicação das tecnologias de preparação de pedidos



Fonte: Troche-Escobar (2012).

Figura 7 – Resultados reportados com a implementação de tecnologias de preparação de pedidos nos casos analisados



Fonte: Troche-Escobar (2012).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo realizado, de natureza teórica e com algumas contribuições de carácter empírico, foi salientada a importância dos armazéns para a logística, sendo a gestão de fluxo de materiais a atividade que envolve a maior parte dos recursos nesses espaços, seja humana ou tecnológica.

Obter melhorias no processo de preparação de pedidos é um problema complexo, pois envolve uma série de aspetos a serem considerados para a tomada de decisões, envolvendo os principais níveis hierárquicos. Assim, será importante esgotar as opções de melhoria nas estratégias de preparação antes de recorrer a investimentos em equipamentos ou infraestrutura.

O processo de avaliação e seleção de tecnologias de preparação de pedidos segue as principais etapas do design de um sistema de preparação de pedidos. As decisões neste sentido não são independentes, mas, sim, integradas com as estratégias de organização e metodologias do processo de preparação de pedidos.

Portanto, o investimento numa tecnologia envolve uma revisão no *design* do sistema de preparação de pedidos para obter os maiores benefícios da implementação. Neste sentido foi identificada a pouca bibliografia existente sobre o processo de tomada de decisão para a seleção de tecnologias para preparação de pedidos. De todas as formas, os autores salientam que o desempenho de cada uma das estratégias dependerá principalmente do *layout* e dimensão do armazém, do tamanho e características das encomendas e a capacidade do sistema de preparação de pedidos.

Este estudo permitiu sistematizar as características das diferentes estratégias de preparação de pedidos segundo o nível de tecnologias de suporte à atividade, assim como, estabelecer um enquadramento para o processo de tomada de decisão sobre a implementação de tecnologia para o processo de *picking*. As estratégias para melhorar a eficiência do processo de preparação de pedidos são centradas na redução dos tempos de viagem, assim como na assistência ao operário (*picker*) na gestão e processamento de informação.

A abrangência do estudo foi limitada pelo que uma análise mais aprofundada do mesmo (envolvendo uma amostra de casos mais alargada e com mais detalhe de dados) será fundamental para um melhor conhecimento desta problemática.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho recebeu o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia de Portugal (FCT) no âmbito do Projeto: FCOMP-01-0124-FEDER-022674.

REFERÊNCIAS

ACKERMAN, K. B. **Practical Handbook of warehouse**, 4ta ed., Massachusetts: Kluwer Academic, 1997.

ARBACHE, F. S.; SANTOS, A. G.; MONTENEGRO, C.; SALLES, W. F. **Gestão de logística, distribuição e trade marketing**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2004.

BAKER, P.; CANESSA, M. Warehouse design: a structured approach, **European Journal of Operational Research**, 193, 425-436, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.11.045>

BRAGG, S. **Inventory: best practices**, 1ra ed., Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2004.

BOWERSOX, D.; CLOSS, D., B.; COOPER, M. **Supply chain logistics management**, 3ra ed., New York: Mc Graw-Hill, 2010.

CARRASCO, R.; PONCE, E. Mejora de la eficiencia de una central logística mediante rediseño del reaprovisionamiento de la zona de picking, **Dirección y Organización**, 36, 73-81, 2008.

CHANG, F. L.; LIU, Z. X.; XIN, Z.; LIU, D. D. Research on order picking optimization problem of automated warehouse, **Systems engineering - Theory and practice**, 27(2) 139-143, 2007.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**, 20ma ed., Petrópolis: Vozes, 2002.

DALLARI, F.; MARCHET, G.; MELACINI, M. Design of order picking system, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 42, 1-12, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-008-1571-9>

DE KOSTER, R. Warehouse assessment in a single tour. Em: Lahmar, M. (Ed.), **Facility Logistics: Approaches and solutions to next generation challenges** (pp. 39-60). New York: Auerback: Taylor & Francis Group, 2008.

DE KOSTER, R.; LE-DUC, T.; ROODBERGEN, K. J. Design and control of warehouse order picking: a literature review, **European Journal of Operational Research**, 182(2), 481-501, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>

ĐUKIĆ, G.; ČESNIK, V.; OPETUK, T. Order-picking methods and technologies for greener warehousing, **Strojstvo: Journal for Theory and Application in Mechanical Engineering**, 52, 1, 23-31, 2010.

EMMETT, S. **Excellence in warehouse management, how to minimize costs and maximize value**, 1ra ed., Chichester: John Wiley & Sons, 2005.

FRAZELLE, E. **Supply chain strategy: the logistics of supply chain management**. New York: Mc Graw-Hill, 2002.

GU, J.; GOETSCHALCKX, M.; MCGINNIS, L. F. Research on warehouse operation: A comprehensive review. **European Journal of Operational Research**, 177, 1-21, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>

GU, J.; GOETSCHALCKX, M.; MCGINNIS, L. F. Research on warehouse design and performance evaluation: a comprehensive review. **European Journal of Operational Research**, 203, 539-549, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.031>

GUBA, E.; LINCOLN, Y. Competing paradigms in qualitative research. Em: Denzin, N.; Lincoln, Y. (Editores). **Handbook of Qualitative Research**. Thousand Oaks (CA): Sage Publications, pp. 105-117, 1994.

Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 1, p. 188-212, jan./mar. 2015.

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; ELLRAM, L. M. **Fundamentals of logistics management**, Boston: Irwin-McGraw-Hill, 1998.

MACHADO, A.; SELBITTO, M. A. Benefícios da implantação e utilização de um sistema de gerenciamento de armazéns em um centro de distribuição. **Produção Online**, 12(1), p. 46-72, 2012. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v12i1.734>

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia e planejamento**. São Paulo: Atlas, 1996.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, 17 (1), p. 216-229, 2007
<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015>

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades, **Caderno de Pesquisas em Administração**, 1 (3) 1-5, 1996.

RICHARDS, G. **Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse**, 1ra ed., Londres: Kogan Page, 2011.

ROODBERGEN, K. J.; IBIS, F. A. A survey of literature on automated storage and retrieval system, **European Journal of operational research**. 194, 343-362, 2008.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.038>

ROUWENHORST, B.; REUTER, B.; STOCKRAHM, V.; HOUTUM, G. J.; MANTEL, R. J.; ZIJM, W. H. M. Warehouse design and control: Framework and literature review, **European Journal of Operational Research**, 122, 515-533, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00020-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00020-X)

RUSHTON, A.; CROUCHER, P.; BAKER, P. **The handbook of logistics and distribution management**. 3ra ed., Londres: Kogan Page, 2006.

SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research Methods for Business Students**, 4ta ed., Edinburg Gate: Financial Times-Prentice Hall, 2007.

SORIANO, F. F.; SALGADO JUNIOR, A. P. Uma análise do sistema de gestão WMS: um estudo multicaso em empresas desenvolvedoras e usuárias. **Produção Online**, 14(1), p. 195-218, 2014. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v14.i1.1582>

TAVARES, R. Construindo mapas mentais, **Ciências & Cognição**, 12, 72-86, 2007.

TOMPKINS, J. A.; BOZER, Y. A.; FRAZELLE, E. H.; TANCHOCO, J. M. A. **Facilities Planning**, 3ra ed., Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.

TROCHE-ESCOBAR, J. A. **Metodologias e tecnologias utilizadas no processamento de encomendas em armazéns: uma contribuição teórica e empírica para a sua análise e seleção**. Braga: Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Dissertação – Mestrado em Engenharia Industrial com especialização em Logística e Distribuição, 2012, 93p.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**, 3ra ed., Thousand Oaks (CA): Sage Publications, 2003.

YOON, C. S.; SHARP, G. P. A structured procedure for analysis and design of order pick systems, **IIE Transactions**, 28 (5) 379-389, 1996.
<http://dx.doi.org/10.1080/07408179608966285>

ZETES INDUSTRIES. **O nosso negócio**: quem é a Zetes? Em:
<http://www.zetes.pt/pt/sobre-zetes/nosso-negocio> Acesso em: 06 de julho de 2012.



Artigo recebido em 27/02/2014 e aceito para publicação em 24/04/2014
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v15i1.1743>