

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Carolina Neuvald Pezzella

**ANÁLISE DO SISTEMA LOGÍSTICO DE UMA EMPRESA DO SETOR
DE BEBIDAS: UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA
INTEGRAR ARMAZENAGEM E DISTRIBUIÇÃO FÍSICA**

Porto Alegre
Julho de 2019

CAROLINA NEUVALD PEZZELLA

**ANÁLISE DO SISTEMA LOGÍSTICO DE UMA EMPRESA DO
SETOR DE BEBIDAS: UMA ABORDAGEM
METODOLÓGICA PARA INTEGRAR ARMAZENAGEM E
DISTRIBUIÇÃO FÍSICA**

Prof. Fernando Dutra Michel
Doutor UFRGS
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Fernando Dutra Michel (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Letícia Dexheimer (UFPel)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Daniel Sergio Presta García (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à minha mãe Isabel, a maior responsável por tudo o que já conquistei; e ao meu pai Marcus, por ser a luz dos meus dias e maior referência de ética e dedicação

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Fernando Michel, orientador desse trabalho, por me receber em horários alternativos e atender aos meus questionamentos à distância, devido à minha rotina corrida de trabalho. Meus sinceros agradecimentos pela paciência, motivação, colaboração e troca de ideias valiosa.

Aos meus pais, Isabel e Marcus, por me darem todas as condições para atingir os meus sonhos. Por me mostrarem diariamente o significado de dedicação, e me ensinarem o quão gratificante é colher os frutos dela. Por me passarem valores sólidos, me darem limites e investirem na minha educação. Pelo companheirismo, amizade e apoio, meus mais sinceros, e eternos, agradecimentos.

À minha irmã, Gabriela, por me ensinar a beleza de se ter um propósito na vida. À futura melhor médica do mundo, agradeço por me ensinar a batalhar pelos meus sonhos, e por sempre me conduzir pelo caminho certo, desde pequena.

A todas as mulheres da minha família, a começar pelas minhas avós, Anasilda e Walkíria, que, mesmo enfrentando a atarefada rotina do lar, se fizeram independentes, através do estudo e trabalho, servindo de exemplo para todas as outras gerações que as seguiram.

Estendo esse agradecimento aos meus avôs, Áureo e Tommaso, pelos momentos felizes compartilhados.

Às minhas amigas, pela paciência e apoio durante minha ausência para a realização deste trabalho.

Ao meu namorado, Guilherme, pelo apoio irrestrito e o carinho imensurável. Por me acompanhar durante as noites de estudo e torcer comigo a cada etapa vencida. Pelo cuidado, amizade e companheirismo.

Ao meu gato, Poncho, mais conhecido como “Góri”, por me acompanhar nas madrugadas de estudo, deitado atrás do *notebook* ou no meu colo, me fazendo sentir a mais sortuda das pessoas por ter uma companhia tão doce.

Ao meu chefe e colegas de trabalho, pela troca de informações, orientações e compreensão nos momentos em que não pude me fazer presente, para poder focar nesse trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer à UFRGS, pela educação de ponta oferecida aos alunos.

No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem-feita ou não faz.

Ayrton Senna

RESUMO

O cenário desafiador imposto por acontecimentos como concorrência crescente no mercado global, maior complexidade dos produtos e aspiração constante à redução de custos motivou as empresas a buscarem rapidez de resposta, como forma de diferenciação. Num contexto em que o nível de serviço prestado ao cliente se faz tão importante, a logística adquire um papel estratégico. Em lugar de otimizar pontualmente as operações, considerando os processos logísticos como meros geradores de custo, as empresas pertencentes à cadeia de suprimentos passaram a buscar novas soluções, utilizando a logística como pivô para ganhar competitividade na introdução de novos negócios. Este trabalho tem como objetivo analisar, de forma integrativa, impactos do processo de armazenagem em indicadores de distribuição física, em uma empresa distribuidora de bebidas, localizada em Sapucaia do Sul. Para tal, ele propõe uma nova metodologia de montagem de pedidos, bem como adaptações tecnológicas no processo de armazenagem como forma de melhorar indicadores de jornada de trabalho, devolução e aderência à roteirização. A partir da revisão bibliográfica referente à cadeia logística, contextualiza os procedimentos referentes ao armazém e à distribuição física, bem como focaliza na abordagem integrativa entre roteirização e carregamento, estratificando diversos modelos presentes na literatura. Através de análise de dados referentes a outros estudos, observa a falta de correlação entre aspectos de distribuição e indicadores de aderência ao *tracking*, aderência ao *roadshow*, devolução e jornada de trabalho. Observa a falta de integração entre a roteirização e as particularidades de carregamento impostas pelos fatores externos. A partir disso descreve a metodologia já citada, bem como propõe alterações no algoritmo de roteirização, na ordem de carregamento de produto, no *design* da frota e nos módulos do sistema de gerenciamento de armazém utilizados pela empresa, como sugestões de melhoria. Como resultado, discute vantagens e desvantagens da aplicação da metodologia proposta, ponderando os impactos gerados em parâmetros de custo, produtividade, performance e qualidade de vida. Por fim, indica a adaptação do processo de armazenamento, de forma gradual, para um sistema automatizado.

Palavras-chave: distribuição física de bebidas, montagem de pedidos, armazém, roteirização

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do fluxo de produtos em armazéns.....	18
Figura 2 - Principais etapas no processo de gerenciamento de armazéns	19
Figura 3 - Etapas de desmembramento de carga no armazém, desde o recebimento do produto até sua alocação na área de <i>picking</i>	20
Figura 4 - Níveis de <i>packaging</i>	26
Figura 5 - Cidades com os maiores atrasos de congestionamento na América Latina em 2018, com base no número médio de horas perdidas por ano.....	32
Figura 6 - Taxa de aumento de tráfego durante as horas de pico em cidades selecionadas na América do Sul em 2016	33
Figura 7- Organização do espaço de carregamento do caminhão	36
Figura 8 - Situação impraticável para o descarregamento da caixa 1	43
Figura 9 - Restrições de acessibilidade.....	44
Figura 10 - Estrutura logística das empresas distribuidoras de bebidas	47
Figura 11 - Modelo de caminhão utilizado pela empresa estudada.....	47
Figura 12 - Processo operacional logístico de uma empresa distribuidora de bebida.....	48
Figura 13 – Leiaute e fluxo atual da atividade de <i>Picking</i> na empresa estudada	52
Figura 14 - Leiaute com indicação de deslocamento entre os pontos (A) e (B).....	53
Figura 15 - Processo interno de montagem	54
Figura 16 - Processo de conferência e regularização do carregamento.....	55
Figura 17 - Gráfico de pareto dos motivos de devolução de transporte.	56
Figura 18 - Resultados obtidos com a aplicação do sistema WMS na empresa estudada.....	59
Figura 19 - Jornada de trabalho da equipe de distribuição	62
Figura 20 - Análise de possíveis correlações entre os dados.....	64
Figura 21- Etapas da metodologia de montagem de pedidos proposta	67
Figura 22 - Exemplo de processo de roteirização em arranjo	75
Figura 23 - Possíveis modificações necessárias na frota de caminhões	76
Figura 24 - Fluxograma de cálculo da OCP, atualmente, na empresa estudada.....	77
Figura 25 - Fluxograma de cálculo da OCP, sugerido para a empresa estudada	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempos da atividade de <i>picking</i>	21
Tabela 2 - Exemplos de custos inter-relacionados com a etapa de <i>packaging</i> e a logística.....	25
Tabela 3 - Descrição das operações de armazém em relação ao módulo de WMS correspondente	30
Tabela 4 - Definição indicadores da distribuição física.	71
Tabela 5 – Definição de indicadores do armazém.....	72
Tabela 6 - Indicadores propostos para o armazém	82

LISTA DE SIGLAS

2L-CVRP CVRP - *Capacitated Vehicle Routing Problem with Two-dimensional Loading Constraints* ou Problema da Roteirização de Veículos com Restrições de Carregamento em Duas Dimensões

3L-CVRP - *Capacitated Vehicle Routing Problem with Three-dimensional Loading Constraints* ou Problema da Roteirização de Veículos com Restrições de Carregamento em Três Dimensões

CD – Centro de Distribuição

CDD – Centro de Distribuição Direta

DAVRP - *Dock-Door Assignment and Vehicle Routing Problem* ou Atribuição da doca e problema de roteirização do veículo

DRP - *Distribution Resource Planning* ou Planejamento dos recursos de distribuição

EDI - *Electronic Data Interchange* ou Intercâmbio eletrônico de dados

ERP - *Enterprise Resource Planning* ou Sistemas empresariais / corporativos integrados

FTEs - *Full time equivalent*

GPS - *Global Positioning System* ou Sistema de Posicionamento Global

LIFO – *Last in first out* ou último a entrar – primeiro a sair

MCTE - Movimentação do Cliente e Troca de Estratégia

MRB - Mover e Rotacionar o Bloco

OCP – Ordem de Carregamento de Produto

PCRV - Problemas Cumulativos de Roteirização de Veículos

PDV – Ponto de Venda

PE - Produtividade das Empilhadeiras

PLA - Produtividade Laboral do Armazém

PRV - Problema da roteirização de veículos

PRVCC - Problemas de Roteirização de Veículos Centrados no Cliente

SCGF - Sistemas de Controle e Gestão de Frotas

SIT - Sistema Inteligentes de Transportes

SKU – *Stock keeping unit* ou Unidade de Manutenção de Estoque

SDVRP - *Split Delivery Vehicle Routing Problems* ou Problema de roteamento de veículos com entrega dividida

TC - Troca de Cliente

VUC - Veículo Urbano de Carga

WMS - *Warehouse Management System* ou Sistema de gerenciamento de armazéns

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	16
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....	16
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	16
2.2.1 Objetivo principal.....	16
2.2.2 Objetivos secundários	16
2.3 PRESSUPOSTO	16
2.4 DELIMITAÇÕES.....	16
2.5 LIMITAÇÕES	17
2.6 DELINEAMENTO.....	17
3 ARMAZÉM.....	18
3.1 <i>PICKING</i>	20
3.2 <i>PACKAGING</i>	23
3.3 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO.....	27
4 DISTRIBUIÇÃO	31
4.1 ROTEIRIZAÇÃO.....	38
4.1.2 Abordagem integrativa entre roteirização e carregamento	41
5. DISTRIBUIÇÃO DE BEBIDA NA EMPRESA ESTUDADA	46
5.1 PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DE BEBIDAS	46
5.1.1 Processo de vendas	49
5.1.2 Processo de planejamento da distribuição	49
5.1.3 Ordem de carregamento de produto	50
5.1.4 <i>Picking</i>	52
5.1.5 Carregamento dos caminhões	53
5.1.6 Processo de entrega	55
5.1.7 Processo de fechamento	57
5.1.8 WMS	58
6 ESTUDO DE CASO	60
6.1 PROBLEMÁTICA	60
6.2 METODOLOGIA PROPOSTA	66
6.2.1 Indicadores analisados	69

6.2.2 Sistema de roteirização	73
6.2.3 Frota.....	75
6.2.4 Cálculo da ordem de carregamento de produto (OCPs).....	76
6.2.5 Adaptações no WMS	80
7. CONCLUSÕES	83
9. REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

O caráter estratégico da cadeia logística recebe cada vez mais atenção por parte dos tomadores de decisão das grandes corporações. Segundo Novaes (2007), em lugar de otimizar pontualmente as operações, considerando os processos logísticos como meros geradores de custo, as empresas pertencentes à cadeia de suprimentos passaram a buscar novas soluções, utilizando a logística como pivô para ganhar competitividade na introdução de novos negócios. Dessa forma, os agentes da cadeia de suprimentos passaram a trabalhar mais próximos dos agentes logísticos, gerando tamanha troca de informações e funções, que hoje é difícil definir com exatidão os limites que os distinguem.

A logística se traduz no conjunto de ações que tem como objetivo disponibilizar materiais e produtos nos locais e tempos em que são solicitados (Dias, 2012). Por definição, segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals* (2010), ela faz parte do processo de planejamento, implementação e controle, de maneira eficiente, do fluxo e a armazenagem de produtos, bem como dos serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor.

A partir da segunda guerra mundial, a automatização dos processos fabris, a adoção de sistemas de qualidade, bem como a implantação de sistemas de gestão de procedimentos e recursos tiveram investimentos e esforços voltados para si, visando o aperfeiçoamento do bem de consumo como produto. Uma vez atingida a estabilidade na qualidade dos processos industriais, o foco dos líderes organizacionais se voltou para atividades operacionais, com foco na eficiência dos serviços entregues aos clientes (Novaes, 2007).

Tal comportamento pode ser facilmente compreendido no cenário acirrado no qual os mercados se inserem. Kovács e Kot (2016) ressaltam que acontecimentos como globalização, concorrência crescente no mercado global, maior complexidade e menor ciclo de vida dos produtos, aspiração constante à redução de custos e flutuação nas demandas dos clientes configuram desafios práticos, aos quais a rapidez de resposta se torna a chave do sucesso para os operadores econômicos. Nessa dinâmica, surgem novas tecnologias, negócios e processos, como forma de promover diferenciação e capacidade de se destacar (Gereffi, 2011).

Atualmente, os principais motivos para o sucesso da cadeia logística são a compreensão e satisfação das necessidades dos clientes, prezando pela mais alta qualidade dos produtos e

entrega no tempo desejado (Mostafa et al., 2019). Uma vez que o nível de serviço percebido pelo cliente depende da disponibilidade no estágio de distribuição daquilo que foi demandado, a eficiência operacional em todas as etapas que permitem uma distribuição qualificada - fábricas, armazéns, centros de distribuição, *cross-dockings*, entre outros – ganham relevância (Novaes, 2007).

Esse cenário, entretanto, vem sendo cada vez mais desafiado pelas mudanças no modelo de produção, que passa a ser extremamente personalizado, como resposta aos desejos dos consumidores (Ouadaa et al., 2018). Imersa nessa realidade complexa, com a necessidade de gerenciar estoques diversos e entregas ágeis, manter o nível de serviço e ao mesmo tempo reduzir custos, a logística passa a focar no gerenciamento das suas atividades operacionais, lançando mão da tecnologia da informação.

Devido a essas decisões, o fluxo de informações passa a ter equivalente importância ao fluxo de bens na tarefa de encantar o cliente (Mostafa, 2019). Sendo assim, uma logística integrada – caracterizada pela tomada de decisões baseada em informações – ganha relevância em todas as etapas da cadeia, passando a ser aplicada no processo de armazenagem e distribuição.

De um modo geral, a integração logística permite que as empresas e seus parceiros da cadeia de suprimentos atuem como uma entidade única que resultaria no melhor desempenho em toda a cadeia (Prajogo e Olhager, 2010). Portanto, tal integração passa a ser incorporada pelos armazéns, como forma de eliminar atividades de baixo valor agregado e, assim, promover melhora nos processos e agilidade nas adaptações (Kovács e Kot, 2016).

Essa integração se insere na análise proposta por esse trabalho, referente ao mercado de distribuição de bebidas. Segundo Silva (2006), no cenário dinâmico que representa o mercado brasileiro de bebidas, o qual exige a presença de produtos no consumidor (local), no momento exigido (tempo) e com o menor custo possível (custo), a distribuição se torna um elo importante entre toda a cadeia logística.

Uma vez que o panorama atual de distribuição de bebidas é caracterizado por entregas porta e porta, com pequenos volumes e alta frequência, a integração logística entre fluxo de bens e informação se torna crucial para possibilitar uma operação com bom desempenho (Van der Vaart e van Donk, 2008).

Visando otimizar custo e tempo, gestores logísticos das empresas distribuidoras de bebidas perceberam que muitas atividades de distribuição poderiam ser antecipadas no armazém. Além disso, uma vez que operar em centros urbanos impõe restrições de trânsito cada vez maiores, estratégias internas ao armazém, de organização das cargas ligadas à ordem de roteirização das frotas demonstram capacidade de tornar o processo mais ágil. Dessa forma, os armazéns tornaram-se responsáveis pela gestão de estoques, pelo fluxo de informações, pela previsão de demanda e pela gestão da distribuição (Accorsi et al., 2017).

Com essa diversidade de demandas, para obter melhores resultados torna-se necessário revisar os processos existentes, bem como incluir novos. Nesse cenário, analisar atividades que impactem a operação do armazém, bem como a distribuição e entrega de bens de consumo, se torna essencial para encontrar alternativas capazes de otimizar os processos de distribuição física (Staudt et al., 2015).

Devido ao grande volume de vendas, à diversidade de produtos disponíveis nos armazéns, bem como à realidade do tráfego urbano nas grandes cidades, o processo de distribuição física das empresas de bebida se tornou um grande desafio. Uma vez que os motoristas enfrentam dificuldades de estacionar próximos aos pontos de atendimento, bem como realizam a montagem dos pedidos no momento da entrega, o dispêndio de tempo no processo de descarregamento se torna muito grande.

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar, de forma metodológica, a interação entre os processos de armazenagem e distribuição de uma empresa distribuidora de bebidas, principalmente no que diz respeito ao método de montagem de pedidos. O trabalho demonstra como o mapeamento dos processos logísticos internos ao armazém, conectados ao fluxo de montagem de pedidos, podem impactar a gestão de montagens de cargas, bem como a distribuição das mesmas.

Assim, este trabalho foi desenvolvido em oito capítulos. O primeiro diz respeito a essa introdução. Na sequência, o segundo capítulo apresenta as diretrizes da pesquisa, abordando a questão, os objetivos, as delimitações, as limitações e o delineamento da pesquisa. No terceiro capítulo, foram descritos os processos intrínsecos ao armazém, seguido pelo quarto capítulo, em que foi descrito o fluxo de distribuição física. Tais capítulos são importantes para a contextualização da proposta central desse trabalho. No quinto capítulo são apresentadas as principais características do sistema de distribuição física de bebidas, especificamente na

empresa estudada, sendo base para entendimento da problemática descrita no capítulo seis, referente às lacunas do processo de distribuição vivenciadas na empresa em questão. Ainda no capítulo de número seis, foi realizado o desenvolvimento do trabalho, apresentando a unidade em análise, seus respectivos dados, a metodologia proposta e demais análises discutidas, como forma de embasamento para o sétimo capítulo, no qual são apresentadas as conclusões. No oitavo capítulo são indicadas as referências bibliográficas.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A pesquisa busca analisar o impacto da mudança na metodologia de montagem de pedidos executado por uma empresa distribuidora de bebidas

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários, conforme os itens a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é analisar, de forma metodológica, mudanças no sistema de montagem de pedidos de uma empresa do setor de bens de consumo não duráveis, como forma de reduzir impactos em indicadores negativos de distribuição física.

2.2.2 Objetivos secundários

O objetivo secundário do trabalho é a definição de diretrizes para identificação de problemas relacionados ao sistema de armazenagem distribuição.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que os dados analisados nos estudos desenvolvidos sobre a empresa são confiáveis, precisos e representam a realidade do processo de distribuição da empresa.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a tratar dos problemas de distribuição e armazenamento de uma empresa do ramo alimentício localizada na região da grande Porto Alegre.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho, o período de dados utilizado para a análise, sendo considerado os anos de 2012 e 2013, bem como a área abrangente do estudo, sendo essa o sistema de distribuição da empresa.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição dos dados a serem considerados, baseada na literatura.
- c) correlação de dados baseados em estudos;
- d) estudo de caso;
- e) considerações finais.

A primeira etapa do trabalho foi a pesquisa bibliográfica, cujo objetivo é desenvolver embasamento teórico através de conceitos e problemas anteriormente estudados. Tal etapa foi feita acerca de uma extensa revisão da literatura existente, através de trabalhos científicos como artigos, teses, livros e dissertações. O referencial teórico serviu de guia para a definição dos dados a serem considerados e os vieses de suas interpretações. Além disso, auxiliou no objetivo de propor um novo tipo de solução para os problemas enfrentados. Esta etapa se desenvolveu ao longo de todo o trabalho.

Em um segundo momento, e paralelamente à pesquisa bibliográfica, foi feita a definição dos dados a serem coletados, sendo analisada para isso a importância de cada fator dentro do sistema de distribuição. Definidos os parâmetros, foram feitas correlações de dados baseados nos estudos feitos acerca de uma empresa específica, como forma de analisar uma proposição. Tais relações embasaram a etapa seguinte, na qual se desenvolveu um estudo de caso. Por fim, as ideias foram relacionadas e concluídas na fase de considerações finais.

3 ARMAZÉM

Embora os armazéns possam ter finalidades diferentes, a maioria compartilha o mesmo padrão de fluxo de material. Segundo John e Hackman (2008), essa dinâmica se divide entre fluxo de entrada e fluxo de saída. O primeiro engloba os processos de recebimento e separação dos produtos; o segundo, por sua vez, compreende as atividades de *picking*, *packaging*, carregamento e expedição. Tal fluxo é ilustrado na figura 1.

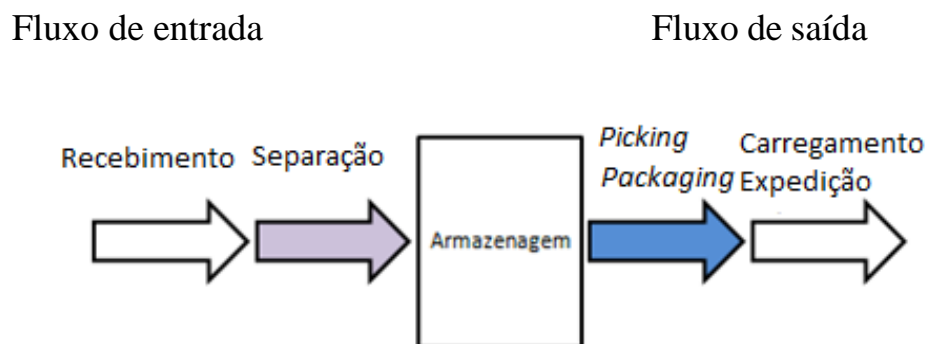


Figura 1 - Etapas do fluxo de produtos em armazéns

Fonte: John e Hackman, (2008)

A atividade de recebimento ocorre após a chegada de produtos no armazém. Ela diz respeito ao descarregamento do produto, sua identificação e entrada no sistema. Já a atividade de separação se refere à conferência dos produtos e sua alocação no estoque. A partir daí o produto fica armazenado até ser solicitado para as etapas que compõe o fluxo de saída. A atividade de *picking* diz respeito à seleção dos produtos, no armazém, e arranjo dos mesmos, nos paletes, caracterizando a etapa de montagem de pedidos. Após a montagem, os pedidos são consolidados (fase de *packaging*) e içados nas baias do veículo responsável pelo seu transporte (fase de carregamento). Uma vez carregados, os produtos estão prontos para serem expedidos (fase de expedição).

Žunić et al. (2018) extrapolaram essa definição. Para os autores, todas as etapas que envolvem o armazém são cronologicamente interconectadas e, uma vez que cada uma delas influencia na produtividade do processo como um todo, é interessante analisá-las sistemicamente. Tais etapas, que podem ser apreciadas na figura 2, são: planejamento do estoque, recebimento, gerenciamento do posicionamento, *picking*, *packaging* e carregamento. O presente trabalho

analisa separadamente as etapas de *picking*, *packaging* e carregamento, bem como os efeitos que elas causam no sistema como um todo.



Figura 2 - Principais etapas no processo de gerenciamento de armazéns

Fonte: Žunić et al. (2018)

Segundo John e Hackman (2008), uma importante função dos armazéns é fracionar grandes remessas de produto e redistribuí-lo em quantidades menores. Hellström e Saghir (2007) descrevem que, geralmente, os *skus* chegam em cargas paletizadas das fábricas de origem. Entretanto, as maneiras nas quais podem ser distribuídos aos clientes são diversas. Ao mesmo tempo em que atacados, por exemplo, recebem os produtos em quantidades paletizadas, mercados menores demandam cargas montadas em menores frações, em unidades de caixas (John e Hackman, 2008). Portanto, um armazém tem a constante atividade de reorganizar os produtos, a fim de deixá-los acessíveis para as atividades de *picking* e montagem de pedidos. Esse processo pode ser visualizado na figura 3.



Figura 3 - Etapas de desmembramento de carga no armazém, desde o recebimento do produto até sua alocação na área de *picking*

Fonte: Hellström e Saghir (2007)

3.1 *PICKING*

Dentre as atividades de um armazém, o *picking* é definido como o processo de seleção de produtos a partir da área de armazenamento – ou de alguma área de reserva pré-definida - em resposta a um pedido específico do cliente (De Koster et al., 2007). Essa etapa merece extrema atenção, uma vez que ela se caracteriza por ser a operação com maior intensidade de mão-de-obra envolvida em armazéns manuais, bem como a mais intensiva em dispêndio de capital nos armazéns automatizados (Goetschalckx e Ashayeri, 1989). Além disso, Tompkins (2010) acrescenta que, por estar no centro do fluxo de produtos de fornecedores para clientes - onde as expectativas do cliente são realmente preenchidas – o *picking* configura uma das etapas mais críticas nas operações de distribuição.

Em termos financeiros, segundo John e Hackman (2008), a separação de pedidos representa 55% dos US \$ 60 bilhões de dólares anuais gastos em operações de depósito apenas nos Estados Unidos, como pode ser observado na tabela 1. Por sua vez, Shi et al. (2016) afirmam que mais de 70% do tempo gasto na operação logística de um armazém diz respeito à pesquisa de produtos utilizando empilhadeiras e ao processo de expedição, nas docas de carregamento. Por esses motivos, de Koster et al. (2007), bem como Yang et al. (2015), evidenciam a separação de pedidos como uma das operações com a maior relevância para melhorar a eficiência do armazém.

Tabela 1 - Tempos da atividade de *picking*

Atividade	% Tempo total de <i>picking</i>
Deslocamento	55%
Busca	15%
Extração	10%
Documentação e outras atividades	20%

Fonte: John e Hackman (2008)

De acordo com De Koster (2007), existem alguns procedimentos básicos de *picking*, escolhidos a partir da tipologia dos armazéns e operação de distribuição. O autor se baseou nas definições descritas por Tompkins (2010), o qual evidenciou quatro modalidades, sendo elas: (a) *picking* discreto, (b) *picking* por onda, (c) *picking* por zona e (d) *picking* por lote.

a) *Picking* Discreto:

Nessa modalidade, cada operador escolhe um pedido, realizando a separação de cada item de forma individual. Cada operador inicia e finaliza a separação do pedido, indo em busca de uma nova ordem assim que finaliza completamente a sua.

b) *Picking* por Onda:

Essa modalidade é similar à modalidade de *picking* discreto, no sentido de que cada operador seleciona uma ordem de pedido, separando um item por vez. A diferença reside na programação da coleta, que é planejada para ser selecionada durante um período específico. Normalmente, isso é feito para coordenar as atividades de *picking* e recebimento.

c) *Picking* por Zona:

Nessa modalidade, cada operador é designado a certas zonas do armazém e fica responsável pelos itens abrangidos nelas, independentemente do número de pedidos. O operador, nesse caso, pode selecionar os itens de mais de um pedido ao mesmo tempo. Caso a ordem esteja completa, ela pode ser despachada. Caso contrário, ela vai para a próxima zona.

d) *Picking* por Lote:

Nessa modalidade, os operadores esperam o acúmulo de várias ordens de pedido, para então, realizar a separação de todos os itens somados.

De Koster (2007) salienta que, em armazéns com baixo volume, ou seja, com poucos pedidos, a modalidade preferencial é o *picking* discreto. Tompkins (2010) ressalta a vantagem desse sistema, quando a operação não conta com sistemas tecnológicos, devido à simplicidade de aplicação. Nesses casos, os pedidos são montados individualmente por cliente. Já em armazéns de grande volume, executar o *picking* por pedido é impossível. Em vez disso, as ordens são escolhidas por artigo, em lote. Nesse caso, os pedidos são feitos definidos por duas diretrizes: a primeira, define os clientes que serão atendidos por cada pedido; feito isso, a montagem de pedidos é executada por lote de produto. Independentemente da modalidade de *picking* utilizada, existe um tipo de *picking* universal, conforme descrito por Apsalons e Gromov (2019). Os autores ressaltam que, embora o processo varie de empresa para empresa, geralmente ele se dá pelas seguintes etapas:

- (a) O selecionador ativa o dispositivo de *scanner* para identificar etiquetas e então inicia o processo de coleta do pedido;
- (b) O selecionador recebe a lista de *picking* em seu scanner de acordo com a lista fixa de prioridades;
- (c) O selecionador começa a escolher de acordo com a rota de *picking* dada;
- (d) Quando a separação começa, o selecionador vai para o local de *picking* designado, verifica o código de barras necessário de produtos e recolhe a quantidade necessária de produtos;
- (e) O selecionador vai para os próximos locais de *picking* e executa o passo 4 até que a lista de *picking* seja cumprida, então finaliza o processo;
- (f) O selecionador move a ordem completamente selecionada para a zona de partida designada pelo funcionário do armazém ou scanner;

Em muitas empresas de bens de consumo, enquanto o processo de *picking* está ocorrendo, a etapa de montagem de paletes já se iniciou. O processo de montagem de pedidos paletizados, em um armazém, depende das seguintes premissas: capacidade do veículo que acomodará os pedidos; formato do palete no qual o pedido será montado; dimensões, formato e peso das embalagens; altura de empilhamento de produtos permitida (Moura e Bortfeldt, 2016). Durante a fase de *picking*, as caixas não são diretamente carregadas em um caminhão, mas sim,

colocadas em paletes, de forma a montar os pedidos dos clientes. Após a montagem, os paletes então são colocados nos veículos que irão transportá-los.

O procedimento de montagem, acima descrito, caracteriza o processo conhecido como “Problema de montagem em dois estágios” - *The two-stage packing problem*, em inglês - e está inserido no “Problema de carregamento de paletes do distribuidor” - *Distributor's Pallet Loading*, em inglês -, definido por Hodgson (1982). Ambos os problemas buscam definir a melhor forma de acomodação de um conjunto de caixas com dimensões variáveis sobre paletes. Além disso, o problema de montagem em de dois estágios ocorre na distribuição de mercadorias para diferentes clientes, servidos pelo mesmo caminhão (Moura e Bortfeldtc, 2016).

Para finalizar a montagem de paletes é necessário consolidar todos os produtos de alguma maneira: filme plástico, cordas, elásticos, etc. (Hellström e Saghir, 2007). É na etapa de *packaging* que isso acontece.

3.2 PACKAGING

A etapa de *packaging* consiste na manipulação e consolidação de um ou mais pedidos, através do agrupamento físico dos mesmos. É essa preparação que permite o carregamento dos pedidos no transporte que os levará até o cliente, fato que torna a fase de *packaging* um recurso central na logística, uma vez que acompanha o produto desde a etapa de montagem até o ponto de consumo (Pålsson e Hellström, 2016).

As funções que a etapa de *packaging*, ou empacotamento, deve executar são múltiplas e complexas. Segundo Paine (1981), como funções fundamentais do *packaging* pode-se destacar as de proteger, conter, preservar e comunicar o produto. A embalagem não apenas protege o produto de influências externas, mas também protege o ambiente circundante do produto. Outras funções extremamente importantes do *packaging*, destacadas por Molina e Pålsson (2014), são a unitização e o rateio de produtos para quantidades desejáveis. Além disso, segundo Jahre e Hatteland (2004), por interagir com recursos como equipamentos de manuseio, veículos, sistemas de informação e produtos, o *packaging* influencia a eficiência logística como um todo. Sendo assim, para garantir um bom nível de serviço de atendimento ao cliente, no processo de entrega de produtos, é necessário garantir a integridade dos pacotes e organização do pedido entregue, atributos garantidos por um eficiente processo de *packaging*.

Embora o *packaging* tenha um impacto significativo na eficiência dos sistemas de logística, ainda faltam métodos de avaliação dessa interação sistêmica, tanto na literatura quanto na rotina dos centros de distribuição. Segundo Johnsson (1998) e Saghir (2004), os estudos acadêmicos de *packaging*, em sua maioria, discutem questões tradicionais da indústria alimentícia, envolvendo aspectos microbiológicos e mecânicos.

Na contramão desse comportamento, Farmer (2013) evidencia um crescimento consistente da indústria de *packaging*, nos últimos anos. Segundo o autor, em 2010, o mercado global de *packaging* foi estimado em \$395 bilhões de dólares, o que traduz a grande significância internacional do mesmo. No Brasil, de acordo com o mais recente estudo sobre embalagens, o Brasil Pack Trends 2020 (2012), o país se encontra entre os 10 maiores mercados de embalagem do mundo, ocupando a 5ª posição (Datamark, 2016). Em 2017, o valor bruto da produção de embalagens no Brasil foi de R\$ 71 bilhões, representando 1,02% do produto interno bruto (IBGE, 2017) e 6,5% da participação na indústria de transformação nacional (IBGE, 2017), que, por sua vez, gerou R\$ 1,1 trilhão. Essas estatísticas reforçam o quão importante é aprofundar os conhecimentos nesse processo.

A embalagem afeta as principais atividades de logística, ou seja, transporte, estoque, armazenamento e comunicação. Uma vez que as características das embalagens influenciam diretamente no tempo necessário para a conclusão das operações de *packaging*, essa etapa acaba afetando o tempo de entrega do produto e o prazo de entrega ao cliente (Lockamy, 1995), afetando a cadeia de suprimentos como um todo.

Ações relacionadas ao *packaging* que geram aumento de custos podem impactar substancialmente no desempenho logístico, se bem analisadas e monitoradas. Exemplos de tais custos foram descritos por Lambert et al.(1998) e podem ser apreciados na tabela 2.

Tabela 2 - Exemplos de custos inter-relacionados com a etapa de *packaging* e a logística

Atividade de logística	Impacto
Transporte	
Maior informação do pacote	Diminui rastreamento de remessas perdidas e atrasos de envio
Maior proteção do pacote	Diminuiu o dano e o roubo em trânsito, mas aumenta o peso da embalagem e os custos de transporte
Maior padronização	Diminui os custos de manuseio, tempo de espera do veículo para carga e descarga Aumenta as escolhas modais para o expedidor final e diminui necessidade de transporte especializado
Inventário	
Maior proteção do produto	Redução de roubo, dano e seguro Aumento da disponibilidade e valor do produto e aumento dos custos de carregamento
Armazenagem	
Maior informação do pacote	Diminui o tempo de preenchimento de pedidos e custos de mão de obra
Maior proteção do produto	Aumenta a utilização cúbica (empilhamento), mas diminui a unitização cúbica, aumentando o tamanho das dimensões do produto
Maior padronização	Diminui os custos com equipamentos de manuseio de material
Comunicações	
Maior informação do pacote	Diminui outras comunicações sobre o produto, como chamadas telefônicas para rastrear remessas perdidas

Fonte: Lambert et al.(1998)

O *packaging* se divide em três níveis: primário, secundário e terciário (Hellström e Saghir, 2007). O empacotamento primário é aquele em que a embalagem se encontra em contato direto com o produto. O secundário é projetado para conter vários pacotes primários. A montagem de um número de pacotes primários ou secundários em um pallet ou container é definido como

empacotamento terciário. Tais definições devem ser usadas com o reconhecimento do *packaging* como um sistema, com níveis hierárquicos (Saghir e Jönson, 2001). O desempenho do sistema de *packaging* é, portanto, afetado pelo desempenho de cada nível e pelas interações entre esses níveis (Pålsson e Hellström, 2016). A figura 4 ilustra essas definições de *packaging* como sistema.



Figura 4 - Níveis de *packaging*

Fonte: Sparks (1994)

Tal definição, em níveis, se faz importante uma vez que o tamanho e resistência das embalagens afetam diretamente as atividades de manuseio, transporte, armazenagem e *picking*. Variações nas características dos pacotes permitem adaptações na montagem de pedido, principalmente no que diz respeito à posição dos diferentes produtos nos paletes (Ceschia, 2013). Alterações na resistência dos pacotes permitem aumentar a complexidade de montagem dos paletes, mantendo sua estabilidade. A estabilidade e conformação de montagem influenciam no número e tipo de caminhões necessários para a distribuição de pedidos aos clientes. Além disso, a disposição e conformação das embalagens afetam diretamente a produtividade de montagem de pedidos e, portanto, no número de operadores necessários para executar diariamente essa atividade (Hällstrom e Saghir, 2016).

A inter-relação dos processos de *packaging* e *picking* é evidente em muitas etapas, tornando difícil descrever um deles sem citar os pré-requisitos e impactos impostos pelo outro. Conforme descrito por Hellström e Saghir (2007), o processo de *packaging*, nos centros de distribuição,

geralmente se inicia na fase de *picking* e é pré-requisito para a fase de expedição, uma vez que o carregamento efetivo do caminhão, bem como o transporte de produtos íntegros só são possíveis com a existência de empilhamento correto dos produtos em paletes estáveis.

Na fase de *picking*, conforme descrito por Alonso et al. (2016), os produtos são dispostos em um palete de acordo com as definições e tipos de produto de cada empresa. Nesse momento, já se inicia o processo de montagem, no qual a disposição dos produtos no palete e o envolvimento deles com filme plástico configuram o processo de *packaging* (Hellström e Saghir, 2007). No caso de pedidos montados pelo método de *picking* discreto, o *packaging* consolida exatamente o que vai ser entregue individualmente para cada cliente. Já no caso de pedidos montados através do modelo de *picking* por lote, o *packaging* consolida grupos de produto, nos quais diversos pedidos de clientes estão misturados (Kusiak, 2012). Nesse caso, o rompimento do plástico envolvente e a organização do pedido por cliente é feita em rota, pelos motoristas.

Os aspectos de *packaging* que influenciam a eficiência das atividades de *picking* são quantidade, peso, volume e estabilidade (Hellström e Saghir, 2007). Por sua vez, os principais problemas relacionados com a etapa de *packaging* são: saliência de paletes, devido ao empilhamento de produtos fora dos limites físicos; dificuldade de empilhar produtos nas baias do caminhão; aspectos ergonômicos, como peso de pacotes escolhidos, pacotes escorregadios e risco de lesões de corte; falta de aderência do adesivo entre camadas de empacotamento na paleta; pacotes muito frágeis que se abrem ou quebram quando manuseados.

3.3 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

A complexidade das etapas internas ao armazém causa um grande impacto na cadeia logística como um todo (Enderer, 2017). Conforme abordado pelo autor, tal fato, ligado a um ambiente empresarial cada vez mais competitivo, levou as empresas a buscarem alternativas tecnológicas para facilitar o gerenciamento das suas atividades.

Conforme abordado por Pereira (2008), entre as tecnologias consideradas, os computadores integrados aos sistemas de comunicação são os que têm apresentado maior efeito nas atividades de transporte, estoque, armazenagem, manuseio e processamento de pedidos.

Segundo o autor, tal fato decorre da aplicabilidade da tecnologia de informação a muitos problemas de administração, por seu histórico de ganhos de produtividade e vantagem competitiva. Os principais sistemas são:

DRP *Distribution Resource Planning* (planejamento dos recursos de distribuição)

EDI *Electronic Data Interchange* (intercâmbio eletrônico de dados)

ERP *Enterprise Resource Planning* (sistemas empresariais / corporativos integrados)

WMS *Warehouse Management System* (sistema de gerenciamento de armazéns)

Uma vez que esse trabalho aborda impactos de indicadores do armazém no processo de distribuição física, o sistema de WMS se torna extremamente relevante. Segundo Žunić, et al. (2018), atualmente as empresas de distribuição têm utilizado sistemas complexos de *software* para a gestão dos armazéns, sendo o WMS um deles.

O WMS é um sistema de informações gerenciais que controla os fluxos físicos e informativos dentro do armazém, envolvendo tanto processos de entrada quanto de saída (Shiau e Lee, 2010). Um WMS reúne, armazena e fornece informações sobre produtos, recursos e processos, registrando as transações e transferindo-as para módulos do ERP da empresa (Verwijmeren, 2004). Algumas tecnologias como captura de dados automática e identificação por radiofrequência (RFID) podem ser integradas para suportar a coleta de dados (Ramaa et al., 2012).

O WMS surgiu da necessidade de se melhorar os fluxos de informação e de materiais dentro do armazém, tendo como resultados principais a redução de custos, a melhoria na operação e o aumento do nível de serviço prestado aos clientes (Pereira, 2008). A otimização proporcionada pelo WMS permite que haja um aumento da precisão das informações de estoque, da velocidade e qualidade das operações do armazém e da produtividade dos operadores e equipamentos (Sucupira, 2004).

Como vantagens da introdução desse sistema de gerenciamento de armazéns, Faber e De Koster (2012) citam alguns fatores, tais como a melhor utilização do espaço, um inventário mais preciso, o aumento da produtividade e a melhoria do número e qualidade dos serviços oferecidos aos clientes.

A Tabela 3, localizada ao fim desse subcapítulo, descreve a relação entre cada módulo de um *software* WMS e os fluxos físicos de produtos ao longo do armazenamento, extensamente referenciados por Baruffaldi e Accorsi (2018). O propósito de utilizar um *software* de gerenciamento de armazém remonta a dois principais atributos da atualidade: a flexibilidade,

reagindo rapidamente às mudanças na demanda dos clientes, e à adaptabilidade, mantendo um alto nível de serviço quando os requisitos dos clientes mudam (Giannikas et al., 2013). Através do uso desse sistema, processos são otimizados e recursos economizados, tornando o ambiente de trabalho mais eficiente.

Geralmente, o sistema WMS usa algoritmos de inteligência artificial e otimização para monitorar adequadamente o fluxo de operações do estoque como um todo, desde o seu planejamento, alocação inicial do produto, transferência do estoque para a zona de retirada – também conhecida como zona de *picking* -, processo de coleta de pedidos, transporte e rastreamento. Através da tecnologia empregada nesse sistema, é possível acompanhar o status do armazém em tempo real, conforme as mercadorias entram e saem, de forma automática, com as informações atualizadas em uma biblioteca de registros digital. Por fornecer precisão nas informações de localização, o gerenciamento digital dos produtos permite detecção de anomalias bem como tomadas de decisões rápidas e exatas (Deng et al., 2018).

Conforme Žunić et al. (2018), se o WMS for bem implementado, ele pode economizar grandes quantidades de recursos para empresas de distribuição, melhorando o processo laboral de forma completa e fornecendo análises com alto valor agregado para o negócio. Mesmo que esse sistema atue predominantemente no interior do armazém, seus impactos na fase de distribuição física são muito relevantes. Tais impactos serão discutidos no capítulo 7,

Após a fase de *packaging*, inicia-se a fase preparatória para a entrega dos produtos em rota, que caracteriza o início do processo de distribuição física.

Tabela 3 - Descrição das operações de armazém em relação ao módulo de WMS correspondente

Operação	Descrição	Módulo do WMS
Recebimento	As cargas recebidas (ou seja, paletes) são descarregadas, verificadas, rastreadas no sistema e preparadas para atividades de alocação	Leitura e impressão de código de barras Gestão de layout: alocação de prateleira, agendamento de chegada
	As cargas são armazenadas nas estantes ou atribuídas a um local físico dentro do sistema de armazenamento	Atribuição de armazenamento: como atribuir cargas aos locais vazios
Alocação	As cargas podem ser armazenadas na área de reserva ou diretamente na área seguinte (<i>picking</i>)	Política de reabastecimento: como preencher a área seguinte a partir da reserva
	Um cuidado na alocação reduz significativamente a viagem durante as atividades de <i>picking</i> (ou seja, 55% dos custos totais do armazém)	
Picking		Otimização do caminho de <i>picking</i> (gerenciamento da lista de <i>picking</i>)
	Em resposta às ordens do cliente, as listas de <i>picking</i> são geradas e dedicadas aos operadores para executar as atividades de recuperação de produtos	Controle de inventário Gerenciamento de políticas de seleção: FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair) e LIFO (último a entrar, primeiro a sair)
Triagem		Impressão da documentação de envio
Montagem	Incluem a preparação de cargas e as atividades de conferência. Estas atividades são extremamente intensivas de trabalho e requerem um controle exato para evitar reivindicações ou devolução de pedidos	Execução de montagem e avaliação: sugestão de sequência de carga.
Despache		Gestão do trabalho

Fonte: Baruffaldi e Accorsi (2018)

4 DISTRIBUIÇÃO

A distribuição física de produtos, por definição, se refere aos processos operacionais e de controle que permitem transferir os produtos desde o ponto de fabricação até o ponto em que a mercadoria é finalmente entregue ao consumidor (Novaes, 2007). Segundo o autor, o ponto final da distribuição física, geralmente, são as lojas de varejo. No entanto, há muitos casos de entrega de produto diretamente na casa do consumidor, principalmente quando o produto em questão é pesado e volumoso. Nesse cenário, os responsáveis pela distribuição física operam elementos específicos, de natureza predominantemente material: depósitos, veículos de transporte, estoques, equipamentos de carga e descarga, entre outros.

A distribuição física sempre teve relevância na dinâmica dos negócios e na cadeia logística (Chopra et al., 2013). Atendendo apenas ao mercado local, se perde possibilidade de crescimento e lucratividade. O mesmo ocorre quando se mantém estoques parados por muito tempo (Dias, 2012). Por outro lado, estendendo seus mercados geograficamente, as empresas são capazes de escalar a produção dos bens que comercializam e escoar produtos estocados. Nesse cenário de competitividade e dinamismo, a distribuição se torna um fator preponderante na percepção de nível de serviço do consumidor que, segundo Silva (2006), exige a presença de produtos, no momento exigido, com o menor custo e maior qualidade possíveis.

Em relação ao sistema de distribuição física, ela pode ser separada em duas modalidades, a saber: “distribuição um para um” e “distribuição um para muitos” (Novaes, 2007). No primeiro sistema, o veículo é totalmente carregado na origem e transporta a carga para um único destino. Já na segunda modalidade, a carga é carregada num armazém com diversos produtos e destina a mercadoria para diversos clientes, executando um roteiro de entregas pré-determinado.

A distribuição urbana se caracteriza por ser “um para muitos” e, nessa modalidade, muitas vezes não se consegue o aproveitamento máximo de espaço do veículo, devido ao carregamento inverso à ordem de entregas, o que dificulta a otimização do arranjo interno de carga no caminhão (Novaes, 2007).

No processo de distribuição, vale ressaltar um ponto que vem recebendo atenção por parte dos acadêmicos da área de transportes, bem como dos desenvolvedores de *softwares*, por se tratar de uma restrição impactante e muitas vezes imprevisível: o tráfego urbano. Segundo Ma, Nie e Lu (2015), a era atual enfrenta uma nova realidade de tráfego urbano, com restrições tanto na

locomoção, promovida pelo denso fluxo de veículos, quanto no estacionamento em megacidades, que apresentam fluxo caótico. O engarrafamento configura um problema na maioria das grandes cidades ao redor do mundo. Geralmente, é causado pelo aumento súbito do número de veículos nas vias urbanas, durante as horas de pico, e por gargalos na infraestrutura de transporte (Bauza et al., 2013). Mesmo com a melhoria contínua do sistema de transporte urbano, o número de veículos tende a aumentar à medida que a economia se desenvolve. Portanto, o congestionamento do tráfego rodoviário torna-se um problema recorrente (Karagiannis, 2011). Adaptar-se a essas limitações é extremamente desafiador, principalmente no que tange às métricas de velocidade das vias e fluxo de veículos circulantes. Tal panorama pode ser observado nas figuras 5 e 6, que retratam as cidades com os maiores atrasos de congestionamento na América Latina em 2018 e a taxa de aumento de tráfego durante as horas de pico em 2016, respectivamente. Em ambos os casos, o Brasil está inserido em situação de congestionamento severo. Na figura 5, três cidades – Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo – fazem parte dos maiores atrasos de congestionamento da América Latina – em 3º, 4º e 8º lugares, respectivamente (INRIX, 2018). Na figura 6 o aumento da taxa de tráfego durante as horas de pico, na América Latina, é liderado pelo Rio de Janeiro (1º lugar), seguido por Salvador (4º lugar) e Recife (5º lugar), em se tratando de cidades brasileiras (INRIX, 2016).

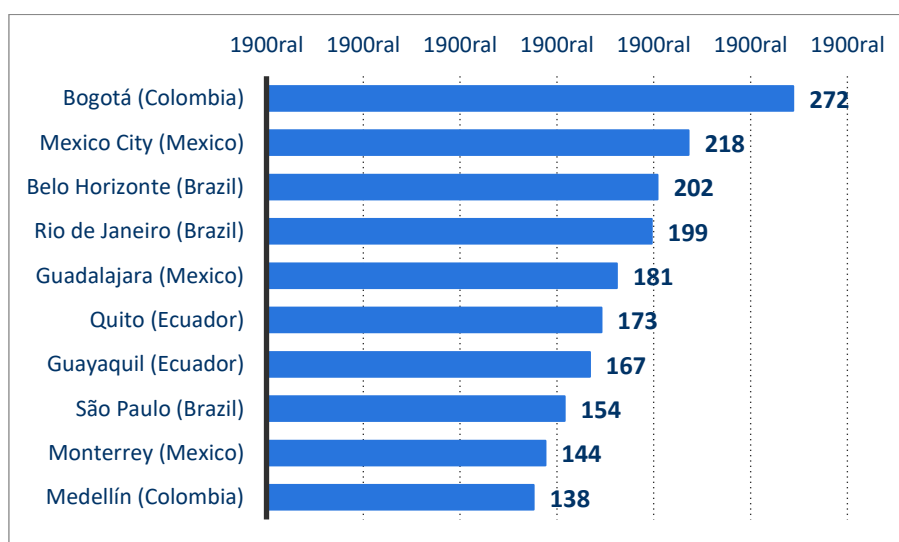


Figura 5 - Cidades com os maiores atrasos de congestionamento na América Latina em 2018, com base no número médio de horas perdidas por ano

Fonte: Adaptado de INRIX (2018)

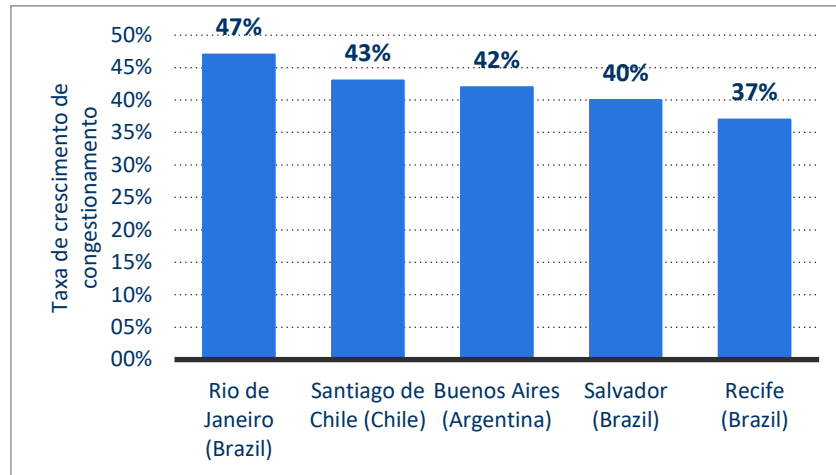


Figura 6 - Taxa de aumento de tráfego durante as horas de pico em cidades selecionadas na América do Sul em 2016

Fonte: Adaptado de (INRIX) 2016

Além disso, a diminuição do tamanho dos veículos de carga, devido a restrições de acesso para caminhões pesados - por exemplo, a lei 14.751-08, regulamentada pelo Decreto 49.800 de 23/07/08 (CET, 2013), que impede o trânsito de cargas pesadas, na cidade de São Paulo - e da produtividade das equipes adicionou complexidade extra ao processo de distribuição. Segundo Yang et al. (2014), as operações contam com cada vez menos FTEs (sigla em inglês para “*full time equivalent*” ou “equivalente a tempo integral”, em português) disponíveis, sendo esse indicador uma forma de mensuração que permite comparações acerca dos níveis de envolvimento de cada colaborador nas atividades da empresa, mesmo com cargas horárias distintas. Portanto, a diminuição do espaço físico dos caminhões, da quantidade de carga permitida por veículo e da produtividade das equipes configuram um cenário desafiador com oportunidade de desenvolvimento.

Uma vez que a distribuição física enfrenta diversos desafios em seu desenvolvimento, pode-se dizer que sua abrangência vai muito além dos processos operacionais. Todas as etapas a partir do carregamento do pedido no veículo, até a satisfação final do cliente com o recebimento do mesmo, são abarcadas pela distribuição física (Ghomi e Asgarian, 2018). Nessa esfera, pode-se considerar inter-relacionadas à distribuição física as seguintes etapas: (a) gestão de transporte; (b) gerenciamento de pedidos e informações; (c) gestão do processo de carregamento e entrega aos clientes.

a) Gestão de transporte

No que diz respeito à gestão de transportes, se faz necessário definir meios para atender o cliente da forma mais ágil possível (Augustina et al., 2014). Nesse âmbito, o planejamento e escolha do veículo se torna uma atividade essencial (Alonso et al., 2016).

Em relação ao modal de transporte de carga escolhido, é importante avaliar questões como minimização de custos e manutenção do nível de serviço oferecido ao cliente (Botelho, 2018). No Brasil, o autor identifica que o modal rodoviário representa um percentual de 61,1% de utilização entre os demais modais - ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Essa preferência se dá devido às maiores flexibilidade e velocidade propiciadas por ele.

Em relação à escolha do modelo de veículo, é importante definir a localização no qual o mesmo irá operar, bem como a quantidade de produto por ele transportado. Hoff et al. (2010) identifica que, na distribuição física voltada para abastecimento das lojas, normalmente são empregados veículos menores, uma vez que as condições de trânsito e de manobrabilidade nas regiões urbanas não permitem o uso de caminhões de grande porte. Musolino et al. (2018) adiciona outro condicionante a essa escolha: a necessidade de maior frequência nas entregas de produtos às lojas. Tal situação favorece a escolha de veículos menores, em relação àqueles utilizados para transportar produtos diretamente das fábricas produtoras.

Atentando-se à quantidade de produto a ser transportada, Shamayleh et al. (2018) identifica as duas formas mais utilizadas para transporte de carga são: lotação completa ou FTL (*full truck load*); lotação fracionada ou LTL (*less than truck load*). A primeira diz respeito às cargas que saem completas das fábricas de origem, prontas para a entrega em armazéns. Já a segunda, se refere a cargas que são montadas com diferentes produtos e, geralmente, tem como destino diversas paradas. As entregas no varejo são, comumente, feitas com a utilização da modalidade fracionada.

b) Gerenciamento de pedidos e informações

O gerenciamento de pedidos e informações tem como objetivo a definição e ajuste constante das redes de movimentação de produtos acabados, entre os pontos de origem e demanda, como forma de atender aos clientes de maneira veloz e econômica (Augustina, 2014). Conforme descrito por Novaes (2007), informações como quantidades de produtos a serem entregues a

cada cliente, condições para efetuar entrega – horário e tipo de acondicionamento –, bem como roteiros de distribuição – sequência de clientes a serem atendidos –, são informações imprescindíveis para um eficiente planejamento de distribuição física de produtos.

No que diz respeito à gestão de pedidos, conforme abordado por Silva (2004), geralmente o processo se inicia pelos vendedores que consolidam as vendas através de algum dispositivo, ou pelos clientes, diretamente via *site*. Após a recepção e registro de cada pedido, ocorrem as etapas de verificação por parte do departamento financeiro de cada cliente, análise da disponibilidade de produtos no armazém e processamento dos pedidos no sistema. Antes de prosseguir para as etapas de carregamento da carga e entrega do produto aos clientes, existe uma etapa importante, definida como problema de roteirização (Novaes, 2007).

Brevemente, o termo roteirização significa o processo de determinar roteiros otimizados para uma frota de veículos, a fim de visitar pontos geograficamente dispersos, os quais necessitam de atendimento (Pillac, Gendreau et al., 2013). Devido à importância e complexidade da roteirização, as empresas de tecnologia de informação desenvolveram inúmeros *softwares*, que baseados em conceitos de otimização de recursos, permitem a criação de rotas que levam em conta diversas restrições, com maior confiabilidade, velocidade, flexibilidade, eficiência e pontualidade na distribuição (Awasthi et al. 2011). A etapa de roteirização merece atenção especial e, portanto, será tratada separadamente, ao fim desse capítulo.

Com a roteirização definida, pode-se prosseguir com o carregamento dos veículos e o processo de entrega aos clientes.

c) Gestão do processo de carregamento e entregas

O processo de carregamento de caminhão consiste em içar paletes com produtos, nas baias dos veículos, de acordo com as premissas de entrega que cada empresa adota (Novaes, 2007). Tal processo se inicia na fase de roteirização, onde são definidas as quantidades de mercadoria a serem entregues por cada veículo, bem como a densidade da carga. O processo procede na fase de *picking* através da montagem de paletes, na qual se definem a forma de acondicionamento da carga – solta, paletizada ou a granel – e a ordem de montagem – por peso, formato, altura, etc. Finaliza-se esse processo com a consolidação da carga através de filmes plástico e, finalmente, -com seu carregamento no veículo.

O formato do carregamento é caracterizado pela consolidação de cargas. Segundo Ballou (2001), esse processo pode ser definido como o agrupamento de vários embarques para um mesmo destino final, com o objetivo de diminuir custos através da economia de escala. Os embarques podem ser de um mesmo embarcador ou de embarcadores diferentes, como é o caso da distribuição urbana (Dias, 2012). Para Novaes (2007), operar com a capacidade máxima dos veículos promove redução de custos e aumento da produtividade.

A forma como o carregamento é feita, segundo Moura (2016), depende de algumas premissas, sendo elas: sequenciamento de roteirização de entregas; espaço de carregamento; altura do caminhão; altura de empilhamento de um ou mais paletes permitida. Em relação à sequência de entregas, por se tratar da modalidade de carregamento “de um para muitos” (Novaes, 2007), o carregamento deve ser feito na ordem inversa ao processo de entrega. Por sua vez, o espaço de carregamento normalmente é dividido em duas faixas, como mostra a figura 7. Finalmente, a altura do caminhão define a altura empilhamento de paletes, sendo um pré-requisito para uma o processo de montagem, referente à fase de *packaging*.

Após o carregamento dos paletes no veículo, ele está apto para sair em rota.

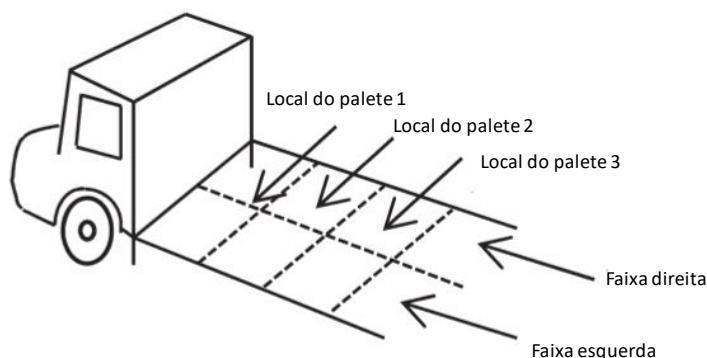


Figura 7- Organização do espaço de carregamento do caminhão

Fonte: Moura (2016)

O processo de entrega se inicia quando as equipes, com o roteiro de entrega em mãos, se encaminham ao primeiro ponto de atendimento da sua rota. Chegando ao destino, o motorista estaciona o caminhão em um local adequado e inicia o processo de descarregamento do pedido que será entregue (Novaes, 2007). No caso em que os paletes são montados por cliente, o pedido de cada ponto de parada já está individualmente separado, e sua entrega é simples. Já no caso de paletes montados por grupos de produto, a montagem do pedido é feita em rota, pelos

motoristas, através do rompimento do filme plástico e seleção dos produtos da carga (Hellstrom e Saghir, 2007). Durante a entrega, alguns pontos de atendimento não recebem seus pedidos ou devolvem itens avariados; nesse caso, os motoristas têm o trabalho de recarregar os produtos nos caminhões e seguir rota. Esse processo se repete até que a rota seja finalizada.

O processo de entregas envolve uma série de indicadores que influenciam no seu desempenho, a saber: jornada laboral do motorista, tempo de descarga, tempo de espera, aderência à sequência de entregas, total de caixas entregue e total de caixas devolvidas. Esses indicadores funcionam como base de dados para os *softwares* de roteirização e são impactados pelos modelos de montagem de paletes (Novaes, 2007; Moura; 2016). Eles serão discutidos e analisados nos capítulos 5, 6 e 7.

Com o intuito de gerar um banco de dados para os *softwares* de roteirização, foram desenvolvidos e aplicados *softwares* de rastreamento no processo de entrega (Novaes, 2007). Inicialmente, existia a necessidade de comunicação com os motoristas, bem como o acompanhamento dos veículos em tempo real, com o objetivo de possibilitar decisões mais ágeis por parte dos gestores de frota (Enderer et al, 2017). Portanto, foram inseridos aos veículos dispositivos de identificação geográfica através de rastreadores, sistemas de radiofrequência e receptores GPS (Global Positioning System), capazes de fornecer a latitude e a longitude do caminhão em tempo real (Novaes, 2007). Além disso, segundo Magno (2013), a utilização de dispositivos portáteis pelos motoristas possibilitou a introdução de informações sobre a rota – demora no processo de entrega, status de ponto de venda fechado, devolução por parte do cliente, etc. -, pelos motoristas, em tempo real. Tais informações permitiram uma melhora significativa no monitoramento do processo.

Uma vez consolidada essa etapa de informação, o foco passou a se centrar em sistemas de controle e gestão de frotas (SCGF), utilizando ferramentas de sequenciamento dinâmico inteligente, baseadas em análise de dados e inteligência artificial (Cabrera, 2019). Além disso, devido às restrições urbanas impostas à distribuição física, como fluxo de tráfego caótico e restrições de locomoção (Ma et al., 2015; Bauza et al., 2013), a utilização de sistema inteligentes de transportes (SIT) se fez necessária. Tais sistemas integram informações de roteirização, posicionamento do veículo em tempo real e situação de tráfego das vias, utilizando *softwares* específicos para cada fim.

Conforme abordado por Brennan et al. (2019), os SCGF e SIT são responsáveis por controlar a operação dos veículos e avaliar a conformidade com o atendimento programado. Comumente, esse monitoramento é feito em tempo real, gerando alertas em caso de divergências com rotas estipuladas (Salazar, 2019). Tais sistemas necessitam de uma calibragem inicial, com *input* de base de dados sobre as rotas programadas (Billhardt, 2014). Uma vez em utilização, os sistemas são capazes de gerar respostas dinâmicas, reprogramando rotas de acordo com o tráfego, e rastrear a frota de veículos de forma *online* e com longo alcance. Através das informações coletadas nesses dispositivos é possível retroalimentar os sistemas de roteirização, tornando o processo de entregas cada vez mais preciso (Salazar, 2019).

4.1 ROTEIRIZAÇÃO

O termo roteirização diz respeito ao processo de determinar roteiros otimizados, percorridos por veículos, com a finalidade de atender a demanda de pontos dispersos geograficamente (Cunha, 2002). Através desse processo, busca-se encontrar a melhor sequência na qual pontos de atendimento serão percorridos por cada veículo para realizar entregas, visando minimizar custos operacionais, distâncias percorridas ou os tempos de trajeto. A literatura define esse processo como “Problema da roteirização de veículos – PRV” (Dantzig e Ramser, 1959), o qual vem sendo largamente explorado e desenvolvido devido ao seu impacto, complexidade e potencial de aplicação com novas tecnologias.

O problema de roteirização é definido por três fatores preponderantes: decisões, objetivos e restrições (Partyka e Hall, 2000). As decisões se referem à programação e sequenciamento das visitas, ao grupo de clientes que devem ser visitados e à quantidade de veículos e motoristas. O objetivo se concentra na finalidade de prestar um qualificado atendimento aos clientes, mantendo os custos operacionais controlados. As restrições existem em dois âmbitos: o primeiro diz respeito às particularidades de cada cliente, como a janela de tempo para receber a entrega; o segundo se refere a limitações de dimensionamento como tempo de jornada de trabalho dos motoristas e ajudantes, velocidade das vias, tempo de carga e descarga, tamanho máximo e tipo de veículo, volume máximo transportado e distância de rodagem máxima permitida e custo do transporte (Novaes, 2007).

A distribuição física urbana se encaixa em subgrupos específicos dentro do problema de roteirização. No tocante ao tipo de frota, a distribuição urbana geralmente se insere no

“problema de veículos com frota heterogênea” (Choi e Tcha, 2007), uma vez que diferentes tipos de veículo são necessários para atender áreas com restrições de espaço, peso e dimensões, devido à concentração de residências e atividades comerciais ao redor (Oliveira et al., 2010).

Em relação ao tipo de modelagem, conforme exposto por Golden et al. (1983), o PRV pode ser dividido em duas classes gerais, sendo elas: (a) roteirização em nós e (b) roteirização em arcos:

- (a) Roteirização em nós, em que os locais de atendimento são representados como pontos em uma rede viária, como vértices e nós;
- (b) Roteirização em arcos, em que os locais de atendimento são representados de forma contínua, como arestas e arcos;

Uma vez que o trabalho se refere à distribuição física urbana de mercadorias, a metodologia abordada será a roteirização em nós. Para maiores informações sobre a Roteirização em Arcos sugere-se a consulta ao trabalho de Araújo (2003).

Ainda em relação a modelos de roteirização, Bott e Ballou (1986) definiram duas sequências de roteirização, a saber: agrupar primeiro – roteirizar depois; roteirizar primeiro – agrupar depois. O primeiro caso consiste em, primeiramente, criar grupos contendo pontos de demanda, para posteriormente definir a melhor sequência de rota, em cada um desses agrupamentos (Bodin et al., 1983). Já o segundo tipo de sequência considera a geração de um grande roteiro contendo todos os pontos de entrega. No segundo passo desse modelo, o roteiro é dividido em outros menores. O primeiro modelo é muito útil em roteiros com grande volume de demanda (Bodin et al., 1983).

É importante ressaltar a existência de modelos que integram os problemas de roteirização e carregamento de veículos. Embora seja uma abordagem considerada recente na literatura (Zachariadis et al. 2012), a roteirização em arranjos é extremamente relevante, uma vez que, segundo Iori et al. (2007), o carregamento de produtos nos veículos caracteriza um problema muitas vezes complexo, capaz de impactar negativamente o sequenciamento de entregas.

Os autores indicam que, como base para o processo de roteirização, a demanda dos clientes é considerada simplesmente como a soma do peso dos itens transportados. Nesses casos, a solução proposta pelo PRV concentra-se na divisão de carga entre os veículos disponíveis para que não excedam sua capacidade máxima. No entanto, uma vez que o carregamento dos veículos representa uma atividade complexa, a roteirização proposta deveria ser viabilizada pelo padrão de carregamento dos veículos, como forma de permitir melhor aderência no

sequenciamento de entregas proposto (Ioti, 2007). Tal proposta integrativa será abordada mais detalhadamente ao fim desse subcapítulo.

Independentemente do modelo utilizado, dada a necessidade de atender aos clientes em um contexto de demanda muito variável, dispersa geograficamente e com grande diversidade de produtos, dispor de *softwares* e tecnologias para otimizar recursos de distribuição se tornou muito relevante (Enderer et al., 2017). Nesse cenário, ao longo dos anos, muitos dispositivos de roteirização foram desenvolvidos pelas empresas de tecnologia da informação, aproveitando a popularização dos dispositivos móveis e o sistema de comunicação de dados sem fio (Novaes, 2007; Tse et al., 2012; Anagnostopoulou, 2019). Fernandes Júnior (2001) os descreveu da seguinte forma:

o roteirizador é um instrumento de planejamento e simulação de situações na área da logística. Trata-se especificamente de um *software* capaz de montar um modelo matemático que seja fácil de manipular e parametrizar e que represente de maneira mais fiel possível, as condições externas de trabalho (distancias entre pontos, condições de trânsito, tempos de deslocamento e de trabalho, etc.), possibilitando assim a simulação do que ocorrerá nas ruas e estradas durante o trabalho de vendas, coleta ou entrega de materiais.

Tais *softwares* podem ser apreciados na publicação *OR/MSToday*, promovida anualmente pelo *Institute for Operations Research and Management Sciences* (Hall, 2006). Alguns mais recentes vêm sendo desenvolvidos a partir de demandas atuais e merecem ser salientados. Cabe salientar que, para a resolução de problemas de roteirização, devido à complexidade, se utilizam modelos heurísticos e meta-heurísticos. Por definição, heurísticas são processos cognitivos empregados em decisões não racionais, sendo definidas como estratégias que ignoram parte da informação com o objetivo de tornar a escolha mais fácil e rápida. Já a meta-heurística é um método heurístico para resolver de forma genérica problemas de otimização, uma vez que o algoritmo solucionador do problema não é conhecido (Dias, 2012).

Em relação ao desenvolvimento dos *softwares* de roteirização, as atenções foram centradas, por um lado na satisfação dos clientes em ambiente de negócios competitivo (Javadi et al, 2016), e por outro, na minimização de custos de manuseio e transporte de materiais (Enderer et al., 2017). Baseado no primeiro viés, pode-se citar modelos de roteirização focados em minimizar a soma dos tempos de chegada (latência) nos pontos de entrega, como “Problemas Cumulativos de Roteirização de Veículos (PCRVC)”, descrito por Chen et al. (2012) e “Problemas de roteirização de veículos centrados no cliente (PRVCC)”, aprofundado por Martínez-Salazar et

al. (2014). Ampliando os objetivos, alguns autores adicionaram restrições como janela de tempo (Bjelic et al., 2013) – “Problema do reparador viajante (PRV) - e maximização dos lucros (Dewilde et. al, 2013). Para resolver tais problemas, muitas vezes se utilizam a modelos heurísti

Por outro lado, visando otimizar custos de manuseio e transporte de materiais, muitos estudos foram direcionados acerca do modelo de “Atribuição da doca e problema de roteirização do veículo (DAVRP)”. Zhu et al. (2009) utilizaram um algoritmo com a premissa de que os destinos dos veículos carregados no armazém são muito superiores ao número de caminhões, bem como introduziram restrições de capacidade em cada carga. Guignard et al. (2012) fizeram uso de heurística para resolver o modelo introduzido por Zhu et al. (2009). Agustina et al. (2014) desenvolveram um modelo integrado para uma empresa varejista de alimentos responsável pelo manuseio das operações internas (estoque) e remessas de saída. Os autores enfatizam a rota ideal de entrega como motivo significativo na redução dos custos de transporte, utilizando um modelo de roteamento de veículo.

Devido à globalização, competitividade nos negócios, dispersão geográfica dos pontos de atendimento e diferentes características dos clientes, o processo de roteirização se tornou muito complexo. Tal realidade, combinada com a atual dinâmica das megacidades, extremamente restrita em termos de locomoção e estacionamentos, estimularam estudos que traduzissem melhor a realidade do sistema de distribuição (Ma, Nie e Lu, 2015). Portanto, o modelo integrativo entre roteirização e carregamento será abordado a seguir, como meio de desenvolver uma roteirização mais precisa, fato que será exposto no subcapítulo 6.2.2.

4.1.2 Abordagem integrativa entre roteirização e carregamento

Embora considerar informações a respeito do carregamento de veículos aumente significativamente a dificuldade da roteirização, a vantagem é muito expressiva, uma vez que leva à construção de roteiros mais adequados (Wu et. al, 2013). A literatura divide os problemas integrados de roteirização em duas classes:

- (a) 2L-CVRP CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem with Two-dimensional Loading Constraints*) ou Problema da Roteirização de Veículos com Restrições de Carregamento em Duas Dimensões, introduzido por Iori et al. (2007);

(b) b) o 3L-CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem with Three-dimensional Loading Constraints*) ou Problema da Roteirização de Veículos com Restrições de Carregamento em Três Dimensões, introduzido por Gendreau et al. (2006).

O 3L-CVRP diz respeito à determinação das rotas percorridas por uma frota de veículos homogênea que entregam itens a clientes de tal forma que a distância total percorrida por todos os veículos é minimizada. Além disso, o plano de carregamento tridimensional para cada veículo deve ser formulado enquanto cumpre uma série de restrições que abordam questões como a estabilidade dos itens, requisitos de embalagem para itens frágeis e a conveniência de carregamento. (Wu et al, 2013).

Em relação à estabilidade dos itens, Gendreau (2006) introduz a possibilidade de girá-los em 90°, no plano de comprimento médio, mantendo fixa a orientação vertical. Focalizando no quesito fragilidade, os itens não-frágeis não podem ser colocados acima dos itens frágeis. Por sua vez, a respeito da conveniência de carregamento, o autor define dois pontos a se atentar: área de apoio mínimo e política LIFO (último a entrar – primeiro a sair). A área de apoio mínimo prevê que a base de cada item deve ser suportada por outros itens ou pelo piso do veículo, pelo menos, por uma área mínima de apoio, que é proporcional ao lado inferior do item. Finalmente, a política de LIFO pressupõe uma ordem de carregamento inversa às visitas dos clientes. Desta forma, é possível descarregar itens de um cliente sem mover itens pertencentes a outros clientes que serão visitados mais tarde. O procedimento de descarga é realizado através de movimentos retos paralelos ao comprimento e ao plano da altura.

Percebe-se que o problema de 3L-CVRP abordado por Gendreau (2006) não descreve algumas situações reais de distribuição urbana, referentes à carga, sendo elas: heterogeneidade da frota, diversidade dos produtos, resistência, estabilidade, entaves da restrição de LIFO e necessidade de dividir as entregas (Ceschia et al., 2013). Primeiramente, entregas urbanas são caracterizadas por frotas heterogêneas, conforme foi supracitado. Além disso, em casos reais, existem rotas que incluem um grande número de itens idênticos a serem carregados, bem como itens completamente diferentes.

Já em relação à estabilidade da carga, Ceschia et al. (2013) afirmam que, em casos reais, a área de suporte mínima deve ser garantida para todos os itens da pilha. Isso significa que, para cada item, a restrição de área de apoio mínimo é aplicada não apenas ao item subjacente, mas também a todos os itens abaixo dele.

A restrição LIFO requer refinamento para que possa ser aplicada a casos reais. Dependendo da dimensão e formato dos itens carregados, devido a restrições físicas, o operador humano fica impossibilitado de descarregar um produto sem ter que mover os outros, como mostra a figura 8 (Ceschia et al. 2013). Conforme a figura, considerando que o cliente 1 é o primeiro a ser visitado, a caixa 1 deve ser descarregada antes das demais. No entanto, tanto um operador humano quanto uma empilhadeira não podem descarregá-lo sem mover os outros, uma vez que estão na porta traseira do veículo e a caixa 1 está muito distante da parte inferior. Neste caso, qualquer colocação subsequente da caixa em uma posição mais próxima da porta traseira incorreria em uma violação de fragilidade ou estabilidade, que um dos preceitos anteriores do modelo.

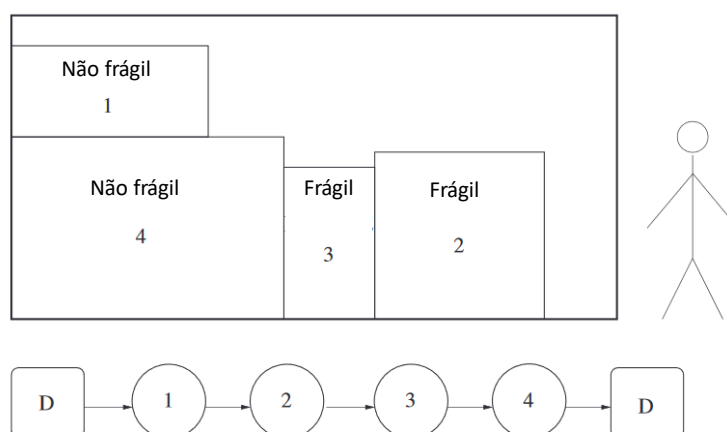


Figura 8 - Situação impraticável para o descarregamento da caixa 1

Fonte: Ceschia et al. (2013)

Assim, os autores introduzem uma nova restrição de carga, a acessibilidade. Um item é considerado acessível se a distância entre ele e um operador humano ou uma empilhadeira é menor ou igual a um comprimento fixo. Através da figura 9, esse conceito torna-se visual. A partir da figura 9, pode-se visualizar a posição de um operador dentro de um veículo e como as distâncias são calculadas. Nesse caso, os itens 1 e 2 podem ser descarregados sem mover outros itens, portanto, esse carregamento não viola a restrição LIFO. No entanto, devido às limitações físicas do operador, somente o item 1 pode ser descarregado, enquanto a caixa 2 é inacessível. Portanto, o conceito de acessibilidade se torna relevante no momento de realizar a roteirização.

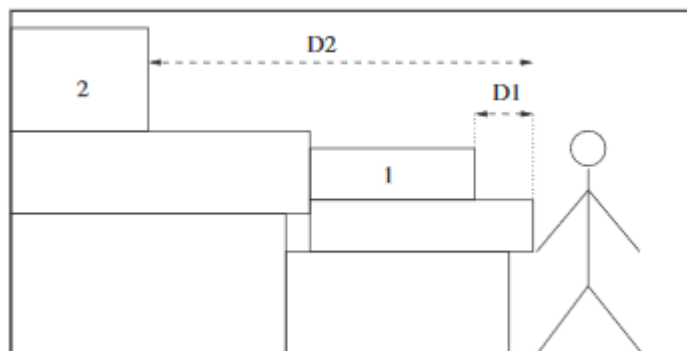


Figura 9 - Restrições de acessibilidade

Fonte: Ceschia et al. (2013)

Por fim, em situações reais, é possível que um cliente tenha uma demanda maior que a capacidade do veículo. Neste caso, a demanda precisa ser dividida e entregue por mais de um veículo, diferentemente do que é previsto por Gendreau (2006). Esse problema de roteirização apresenta resolução complexa, configurando um novo modelo de roteirização integrado ao carregamento, denominado de “Problema de roteirização de veículos com entrega dividida (SDVRP)”, que usa abordagens bastante diferentes das do CVRP clássico.

A partir de Gendreau (2006), diversos estudos vêm sendo feitos acerca dos problemas de 3L-CVRP, utilizando diferentes modelos computacionais, abordagens heurísticas e meta-heurísticas, dada a complexidade do problema. Pode-se citar os casos de Moura e Oliveira (2008), Bortfeldt (2012), Ceschia et al. (2013), Junqueira et al. (2013), Tao e Wang (2015), Junqueira e Morabito (2015) como estudos relevantes, dos quais se recomenda a consulta.

Dirige-se atenção especial ao estudo de Moura e Oliveira (2008), uma vez que o problema estudado pelos autores leva em conta vários recursos adicionais do mundo real, como janelas de tempo do cliente, tempos de atendimento, cargas pouco ou muito heterogêneas, orientação da carga, restrição LIFO e estabilidade de carga. A função objetivo é uma soma ponderada de três componentes: o número de veículos, o tempo total de viagem e os veículos espaciais desperdiçados.

Eles propõem duas abordagens de solução: na primeira, denominada método sequencial, resolvem simultaneamente a roteirização e o problema da montagem dos pedidos. Nesse caso, duas restrições são dispensadas: a que declara que cada cliente pertence exatamente a uma rota

e LIFO. Portanto, o problema passa a ser VRP de Entrega Dividida. A segunda abordagem de solução segue o método hierárquico no sentido de que primeiro resolve o problema de roteirização e, em seguida, tenta acondicionar os itens nos veículos. Além disso, no método hierárquico, todas as restrições são consideradas.

Eles discutem amplamente a interdependência entre roteirização e o problema de carregamento em diferentes casos (número de clientes por rota, heterogeneidade de carga, densidade de mercadorias). Sua conclusão é que, no caso de rotas com muitos clientes, os aspectos de roteirização dominam os carregamentos; por outro lado, quando a demanda de um cliente é grande, de modo que ele preenche uma grande parte do veículo, o problema de carregamento torna-se importante (Ceschia, 2013).

O problema é de interesse prático na distribuição de mercadorias, uma vez que modela situações da vida real, especialmente quando a entrega envolve vários itens, de dimensões diferentes (Li et al., 2018), levando em conta restrições como peso e estabilidade de carga (Alonso et al., 2016). Uma vez que a distribuição de bebidas se enquadra nessas características, o estudo desses modelos se faz extremamente relevante, sendo abordado no capítulo a seguir.

5. DISTRIBUIÇÃO DE BEBIDA NA EMPRESA ESTUDADA

Uma vez que esse estudo se caracteriza pela abordagem metodológica proposta para uma unidade de uma empresa específica, o desenvolvimento desse capítulo inicia-se pela descrição da unidade estudada. Posteriormente, define-se o processo de distribuição dentro da empresa estudada para, assim, apresentar e analisar dados coletados. Para viabilizar o desenvolvimento desse trabalho, foram utilizados dados de um centro de distribuição de uma grande empresa produtora e distribuidora de bebidas. Essa empresa tem sede em 14 países e conta com mais de 40 mil funcionários próprios. Além disso, atualmente a empresa conta com mais de 100 CDDs próprios, sendo cinco deles internos. A unidade em análise é um dos cinco casos de CDD interno.

Uma vez que, atualmente, a empresa opta por não conceder seus dados internos, a base de dados que fundamentou esse estudo foi obtida a partir dos estudos de Magno (2013), Kusiak (2012), bem como o relatório publicado por Müller (2017), dos quais recomenda-se a leitura. Quaisquer informações além desses estudos foram devidamente referenciadas.

5.1 PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DE BEBIDAS

A área logística das empresas distribuidoras de bebidas se divide em dois grandes módulos, denominados *First Tier* e *Second Tier* (Magno, 2013). O primeiro módulo conecta as matérias-primas às fábricas produtoras, sendo responsável desde a captação de insumo até a fabricação do produto acabado. O segundo módulo é referente às atividades logísticas a partir do armazenamento do produto acabado, nos armazéns, até a distribuição física aos clientes, nos centros urbanos. Dentro do *Second Tier* existem também as revendas. Elas são terceirizadas e geralmente localizadas em regiões afastadas aos grandes centros (Alvarenga e Novaes, 2002). Essa estrutura pode ser observada na figura 10.

A distribuição física de produtos ao mercado se ramifica em dois canais: rota, responsável por atender a bares, minimercados e restaurantes, e autosserviço, que atende a grandes redes de mercado, estaduais ou nacionais. É importante salientar a diferença entre essas modalidades, pois sua estruturação logística é muito distinta. A rota opera com muitos clientes de pouco volume, caracterizando alta complexidade, na modalidade de entrega “um para muitos”. O

autoserviço atende a poucos clientes com muito volume, integrando a categoria de entrega “um para um”.

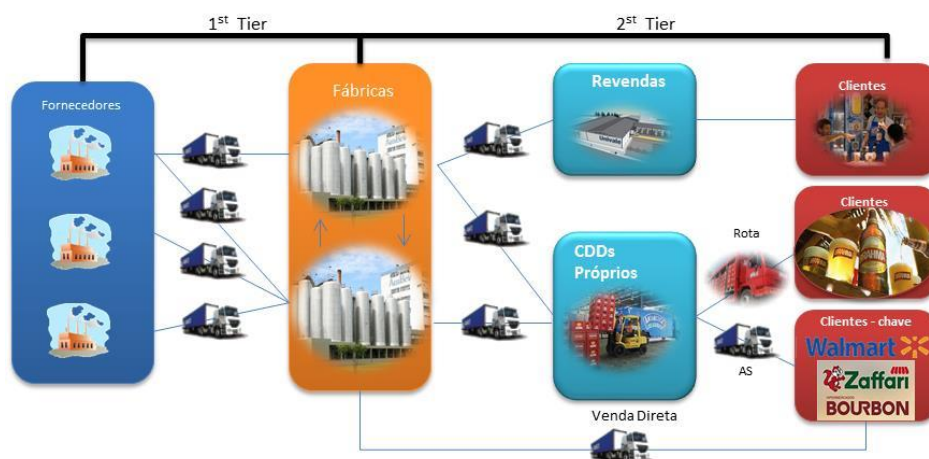


Figura 10 - Estrutura logística das empresas distribuidoras de bebidas

Fonte: Magno (2013)

A escolha do modal utilizado pela empresa, é feita objetivando maior velocidade de resposta (Magno, 2013). Uma vez que ela é responsável pela distribuição urbana de bebidas, o modal escolhido é o rodoviário. No Brasil, conforme descrito por Magno (2013), a empresa conta com mais 3000 caminhões compondo sua frota, todos terceirizados, responsáveis por transportar cargas entre fábricas, centros de distribuição e revendas da empresa. O modelo de caminhão utilizado pela empresa, para executar entregas urbanas, de loja em loja, pode ser evidenciado na figura 11. Ele é denominado de Veículo Urbano de Carga (VUC), tem dois eixos e capacidade variável entre 10 e 12 paletes, dependendo do modelo.



Figura 11 - Modelo de caminhão utilizado pela empresa estudada

Fonte: Site <http://e.glbimg.com/og/ed/f/620x430/2012/03/08/truck.jpg>, acessado em 09/07, às

10h.

O processo de distribuição de bebidas é caracterizado por um sistema denominado “D+1”, no qual a entrega de produtos ocorre, impreterivelmente, um dia após a venda. Ele se desenvolve em um ciclo, através de fluxo de informações e fluxo de materiais (Pereira, 2008). Esse ciclo se inicia com o processo de venda, que passa pela crítica dos setores financeiro e logístico para ser efetivado. Depois disso, as vendas concretizadas do dia são roteirizadas e o sistema calcula ordens de carregamento, nas quais estão discriminados os pedidos a serem montados. O ciclo prossegue com a montagem dos paletes, carregamento de caminhão, entrega dos produtos e retorno do caminhão. Tal fluxo será descrito mais detalhadamente nesse capítulo, nos subcapítulos 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.1.5, 5.1.6 e 5.1.7, e pode ser apreciado na figura 12, que esquematiza o processo operacional logístico de uma empresa distribuidora de bebidas.



Figura 12 - Processo operacional logístico de uma empresa distribuidora de bebida

Fonte: elaborada pela autora

5.1.1 Processo de vendas

A identificação da necessidade de adquirir um produto, no caso bebidas, pode ser provocada pelos mais variados estímulos no momento de repor o estoque: a visita de um vendedor, uma ligação telefônica do ponto de venda ou envio de mensagem via Internet (Pereira, 2008).

No caso dessa empresa, as vendas ocorrem diariamente, de segunda-feira à sábado. O processo começa pela manhã, quando os supervisores e gerentes de vendas apresentam aos vendedores os resultados do dia anterior, bem como as estratégias do dia. Após esse momento, as equipes saem em rota predeterminada, nos pontos de vendas definidos, para efetivar as vendas.

Os pedidos são coletados com dispositivos eletrônicos que registram as quantidades solicitadas e o preço sugerido. Retornando à empresa, cada vendedor descarrega os pedidos no sistema e, após consolidadas as informações, são analisados e criticados, conforme a disponibilidade de produto no armazém, questões financeiras como política de crédito e, principalmente, análise de capacidade de entrega pela equipe de distribuição.

Finalizadas as críticas, os pedidos são exportados para o sistema, dando início ao processo de roteirização, que se finaliza pela formação de “mapas” de entrega. Esses mapas são constituídos por um conjunto de notas fiscais, específicas para cada ponto de venda atendido por cada rota. Cada caminhão é atrelado a um mapa de entrega.

5.1.2 Processo de planejamento da distribuição

No fechamento do dia, anteriormente ao início do processo de roteirização, a equipe de logística dos centros de distribuição devem informar com precisão a frota de caminhões disponíveis para sair em rota de entregas no dia seguinte. Tal informação é importante pois, segundo Magno (2013), a roteirização feita na empresa leva em conta apenas as variáveis do processo de entrega para calcular as rotas. Nesse caso, a informação da frota se faz necessária, uma vez que é necessário equacionar a divisão da carga total, proveniente do volume de vendas do dia, na quantidade de caminhões disponíveis.

Além da frota, o processo de roteirização leva em consideração fatores como a capacidade de cada caminhão, o perfil dos clientes, o horário de recebimento dos mesmos, o número de paradas durante a rota e a distância a ser percorrida pelos caminhões. A falta de precisão nessas informações pode comprometer a rota de uma equipe de entregas. Portanto, atualmente as

empresas já utilizam *softwares* de roteirização e rastreamento inteligentes, capazes de gerar dados utilizados na calibração das ferramentas de roteirização.

No caso da empresa em questão, o *software* utilizado para a roteirização e rastreamento são, respectivamente, o *Roadshow* e o *tracking*. O primeiro utiliza as informações do segundo para ser calibrado e melhorado. Segundo a autora, as informações que o *software* de rastreamento fornece são as seguintes: sequência de entregas; tempo total de entrega; tempo de deslocamento entre PDVs; tempo de espera por PDV; tempo de descarga por PDV; localização do PDV via satélite; tempo total em rota; quilômetros percorridos por frota. Para mais detalhes sobre o funcionamento desse dispositivo, sugere-se consulta ao trabalho de Magno (2013).

Recentemente, um novo *software* de rastreamento inteligente, denominado *foxtrot*, vem sendo utilizado pela empresa. Com esse dispositivo, o motorista tem sua rota recalculada de forma dinâmica, em caso de alguma divergência que impacta o sequenciamento de entregas, como, por exemplo, clientes que se recusam a receber os produtos ou acidentes que interrompem o fluxo do tráfego. Ele está em fase de testes e calibrações, na qual a aderência ao aplicativo se faz muito importante. Apesar do conhecimento de rota, é necessário que o motorista execute o trajeto estipulado pelo *foxtrot*, justamente para apontar divergências e erros que serão compreendidos pelo aplicativo e utilizados posteriormente para sugerir roteiros mais assertivos.

Após o processo de roteirização, finalizado à noite, os mapas gerados pelo roteirizador são enviados para o setor de faturamento para que as ordens de carregamento de produto (OCPs), descritas no subcapítulo a seguir, sejam emitidas.

5.1.3 Ordem de carregamento de produto

A ordem de carregamento de produto (OCP) nada mais é do que a descrição dos produtos que serão carregados em um caminhão. Essa ordem é utilizada pela equipe do armazém, e contém as informações necessárias para executar o carregamento dos paletes, como o número de caixas de cada produto e a forma como devem ser carregadas em cada caminhão – paletizadas ou não paletizadas. Nessa ordem, também constam informações como a quantidade de garrafas, garrafas, paletes e chapas presentes na carga.

Como descrito anteriormente, a empresa define as rotas de cada caminhão a partir da distância e perfil de cada cliente. Já na etapa de carregamento, a empresa executa a montagem dos paletes

de cada caminhão a partir da totalidade de produtos entregues por ele. Dessa forma, os produtos de diversos clientes ficam misturados no caminhão.

O cálculo da ordem de carregamento é feito automaticamente pelo sistema de tecnologia utilizado pela empresa. Kusiak (2012) descreve que esse cálculo considera certas regras como:

- a) Palete deve ser preenchido com produtos até os produtos atingirem a capacidade máxima do palete
- b) Paletes fechados sempre devem ser os primeiros a ser montados, uma vez que ocupam a maior quantidade de baias
- c) Os produtos devem ser separados nos paletes seguindo as mesmas regras de grupos – embalagens retornáveis, latas, garrafas pet, chope, etc. - da OCP de montagem
- d) A posição no palete deve ser priorizada de acordo com a compatibilidade dos produtos entre si
- e) O primeiro item do palete deve ser sempre o de maior quantidade, independente de peso, altura e tipo de embalagem
- f) Os produtos mais leves – pré-definidos como “produtos de topo” – devem ser colocados sempre no topo do palete, independentemente dos fatores descritos acima
- g) Produtos de topo devem ser colocados no palete com menor ocupação do veículo
- h) Chope deve ser sempre colocado em baia separada de outros produtos
- i) Somente devem ser gerados itens “não paletizados” quando a ocupação das baias já tiver sido atingida e ainda existirem produtos a ser carregados, como unidades avulsas

Após a impressão das ordens de carregamento e a posse das mesmas nas mãos dos operadores, inicia-se o processo de montagem de paletes, no processo de *picking*.

5.1.4 Picking

A empresa utiliza o sistema de *picking* discreto. No entanto, diferentemente da maioria das empresas, o *mix* de produtos coletado não diz respeito a um cliente individual, mas sim, à soma de pedidos de clientes referentes ao mesmo mapa de entrega. A montagem dos paletes que serão carregados no caminhão é feita pelo tipo de produto.

Nesse modelo, o operador responsável pela montagem dos pedidos entra pelo corredor esquerdo, representado na figura 13, e o percorre até o pedido estar completamente selecionado. Após esse procedimento, o palete é destinado à área de carregamento correspondente ao seu veículo e, então, o operador recomeça o processo até que todos os paletes do mapa estejam montados.

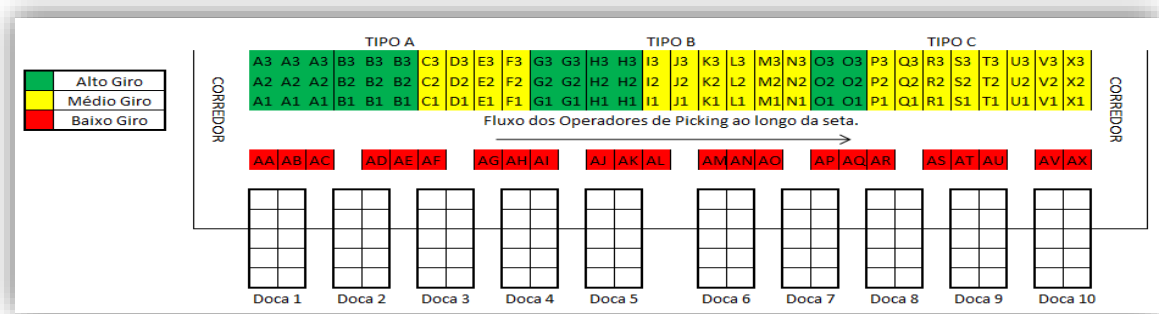


Figura 13 – Leiante e fluxo atual da atividade de *Picking* na empresa estudada

Fonte: Kusiak (2012)

Observa-se que, como o volume de vendas é muito grande e a variedade de produtos é considerável, a empresa opta por utilizar um sistema de *picking* definido por um *layout* que divide os produtos em classes de frequência de demanda (de Koster et al., 2007). De acordo com essa premissa, os 15% de produtos que representam cerca de 85% do volume de negócios podem ser posicionados de forma estratégica e acessados de forma mais ágil, reduzindo a perda de produtividade pelos deslocamentos.

É possível observar, na figura 14, que a empresa opta pelo sistema de classes ABC. Nesse caso, a área de *picking* aloca produtos com diferentes fluxos de saída, sendo a área “A” com produtos de alto giro, “B” de médio giro e “C” de baixo giro. Dessa forma, no que tange ao processo de *picking*, a alocação das modalidades de produto é fundamental.

Em seu estudo, Kusiak (2012) indica que o tempo médio de *picking* por palete é de 38 minutos e 37 segundos. Além disso, o tempo entre o fim de uma coleta e início da outra corresponde a 49 segundos, representando 2,1% do tempo total da atividade. O caminho de deslocamento entre uma coleta e outra pode ser apreciado na figura 14 entre os pontos A e B. Após a montagem de todos os paletes de um pedido, eles são içado no caminhão a cujo mapa estão vinculados. Assim, inicia-se o processo de carregamento.

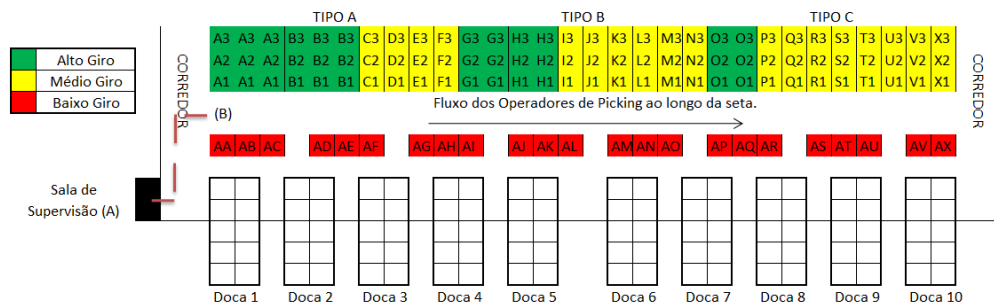


Figura 14 - Layout com indicação de deslocamento entre os pontos (A) e (B).

Fonte: Kusiak (2012)

É importante salientar que, para ser produtivo, o processo de montagem de paletes necessita de uma série de informações prévias. Em caso de priorização de clientes importantes ou complexos, compete à área de distribuição definir a ordem na qual os caminhões serão carregados e, conseqüentemente, os paletes serão montados. Todas as restrições e características definidas na fase de roteirização têm um impacto significativo nesse processo.

5.1.5 Carregamento dos caminhões

O processo de carregamento do caminhão ocorre após a montagem dos paletes referentes aos pedidos de cada um deles. Idealmente, o armazém deve ter o processo de carregamento finalizado antes das chegadas das equipes de entrega, fato que varia muito conforme o volume de vendas do dia anterior. Já carregados, os caminhões são posicionados para a saída em rota, assim que as equipes chegam para iniciar a distribuição.

Entretanto, antes de efetivar a saída, existe mais um processo. Cada motorista é responsável por conferir a carga montada com o que de fato está definido nas OCPs. Esse processo é feito para assegurar os motoristas, uma vez que, por ser muito manual, podem existir falhas no processo de carregamento. Caso seja identificada alguma divergência entre OCP e montagem física, os

caminhões devem ser direcionados para uma zona de reposição, em que o problema é corrigido. Após a saída do caminhão, qualquer falta ou avaria de produto passa a ser responsabilidade do motorista. O processo de montagem e conferência da carga podem ser visualizados nos esquemas das figuras 15 e 16, respectivamente. As formas em azul caracterizam processos sem nenhum valor agregado aos processos.

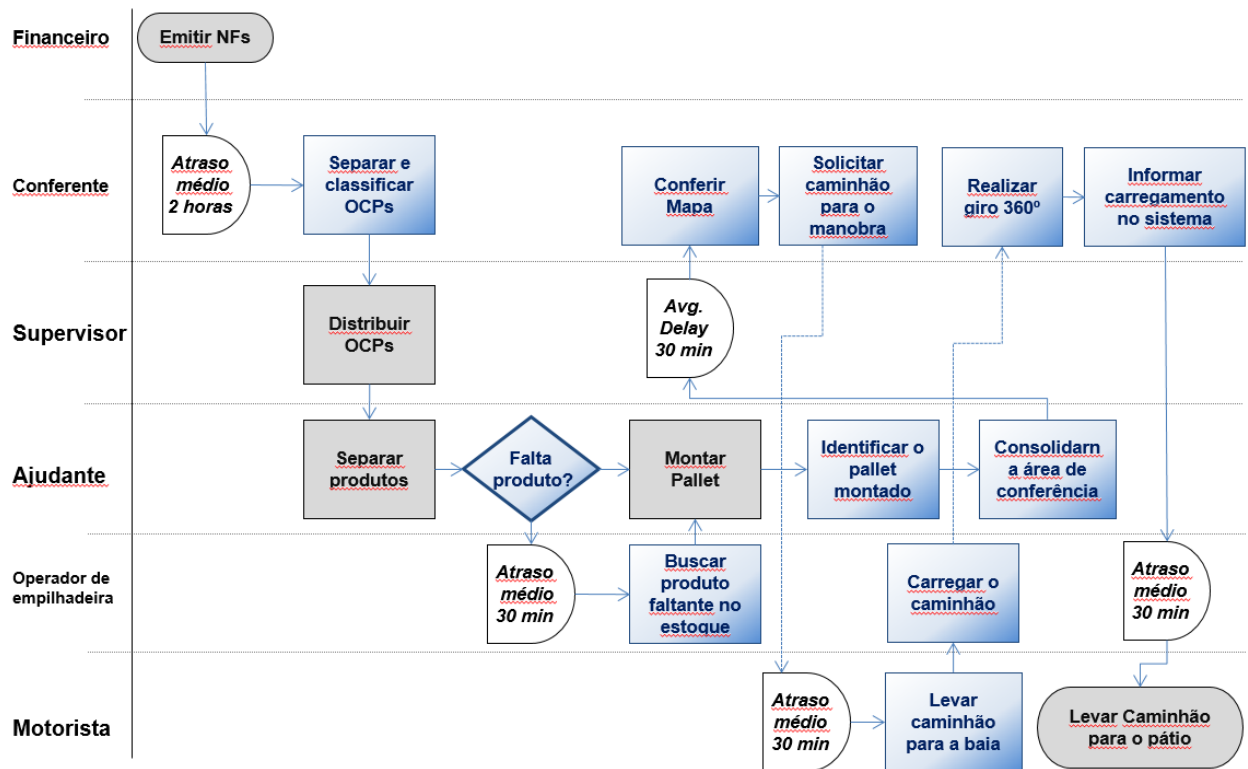


Figura 15 - Processo interno de montagem

Fonte: elaborada pela autora

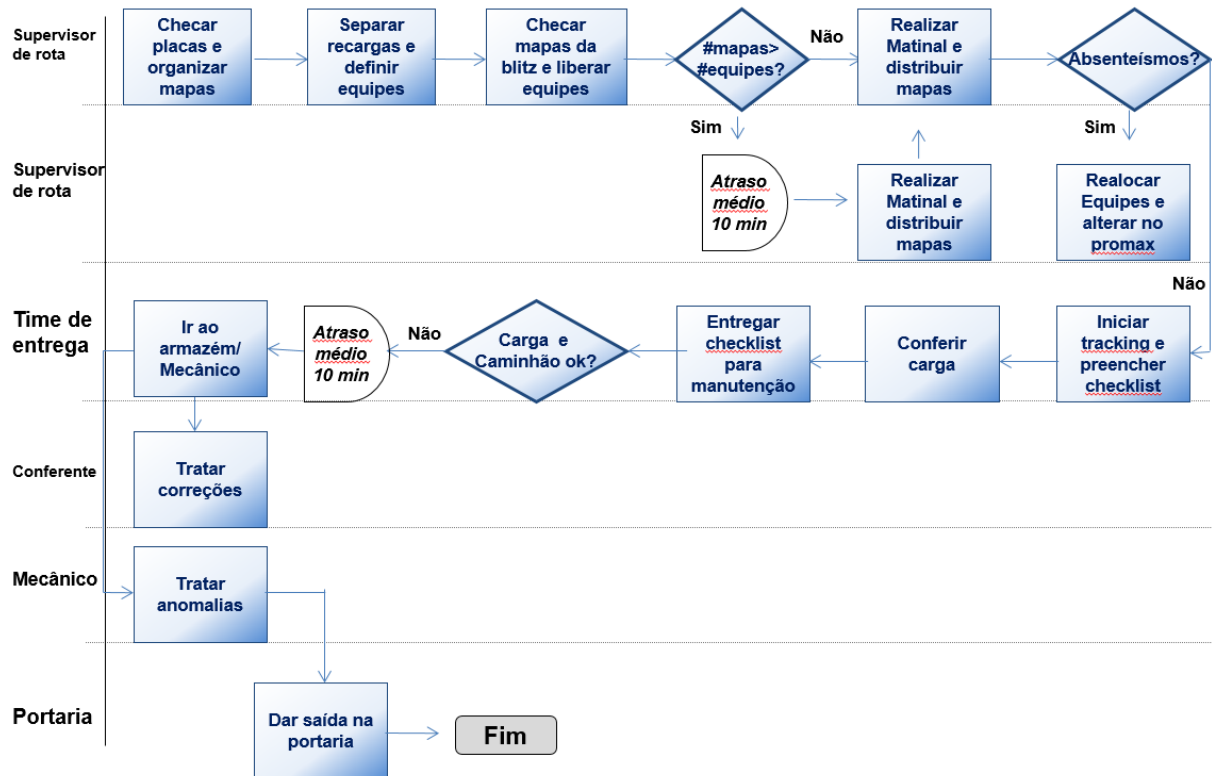


Figura 16 - Processo de conferência e regularização do carregamento

Fonte: elaborada pela autora

5.1.6 Processo de entrega

Conforme exposto por Pereira (2008), o processo de entrega se inicia quando as equipes se locomovem até o primeiro ponto de parada da sua rota. Procura-se um local próximo ao cliente para estacionar e posteriormente se inicia o processo de descarregamento em concordância com as especificações da nota fiscal vinculada ao mapa. Nesse momento, o processo logístico se torna manual e passível de erro humano. Como tradicionalmente as cargas são montadas por produto, é no momento do descarregamento que se faz a montagem do pedido a ser entregue individualmente por cliente. Os produtos devidos, conferidos pelo motorista nas notas fiscais, são separados após a procura dos mesmos nas baias do caminhão, agrupados e levados ao cliente. Durante a rota de entrega, repete-se o processo até o último cliente do mapa de cada motorista.

Uma vez que a montagem de paletes é manual, no ato da montagem, os operadores podem inverter produtos ou não os carregarem. Nesse caso, abre-se um precedente grave, no caso de

os clientes não aceitarem receber as cargas com produtos errados ou faltantes. Esse processo gera a devolução de pedido, cujos produtos deverão ser retrabalhados no armazém.

Segundo a autora, a devolução configura uma das maiores lacunas do processo logístico, uma vez que o retorno de produto significa a inutilização da força laboral responsável pelo manejo desse produto, desde sua identificação e separação até sua montagem. Nesse processo, há perda de diversos parâmetros, como o tempo de identificação dos paletes contendo o produto no estoque, a utilização de empilhadeira em direção ao mesmo, o tempo de locomoção do operário até o produto, o tempo de manuseio e transporte do mesmo até a área de *picking*, o tempo e força laboral para separar em pacotes a carga paletizada, montar o *mix* de produtos e carregar no caminhão correto e o tempo e esforço dispendidos pelos motoristas na atividade de seleção de produtos para descarregamento no cliente.

Os motivos identificados como maiores causadores de devoluções na empresa estudada, podem ser apreciados na figura 17, em ordem decrescente de impacto. Apenas os três primeiros motivos serão debatidos, uma vez que representam 55,4% do impacto no indicador de devolução e, portanto, amenizar esses pontos representaria uma grande melhoria no indicador de devolução.

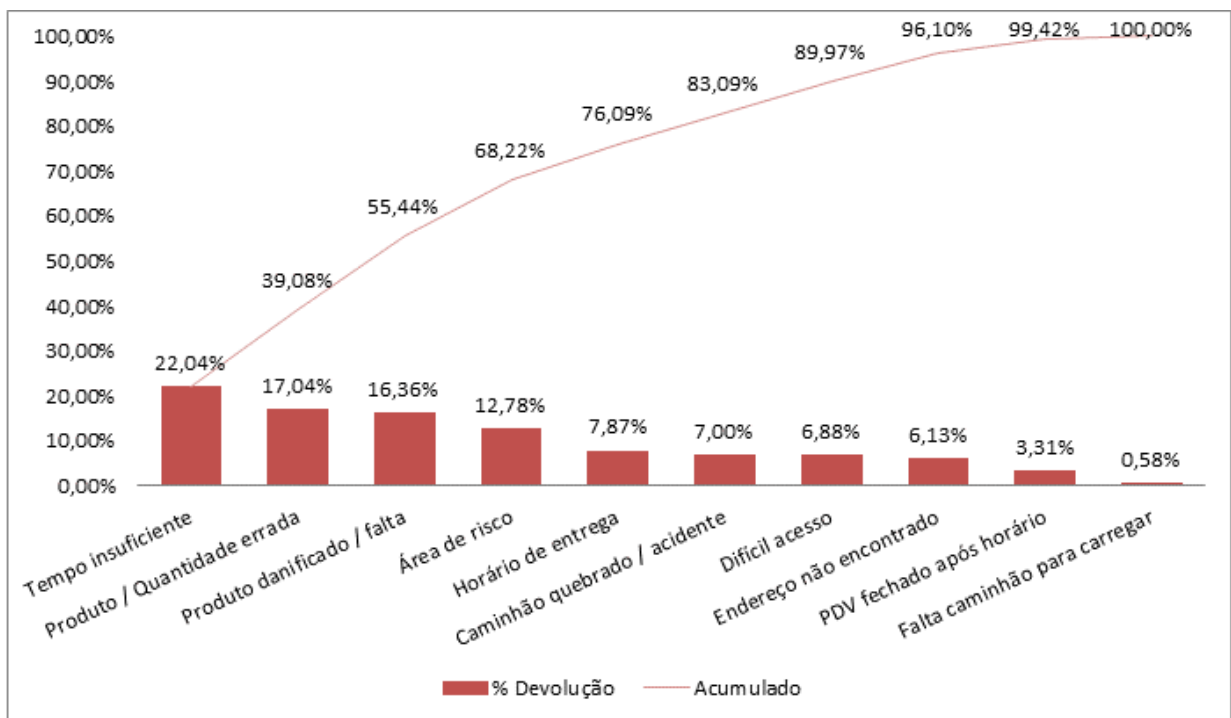


Figura 17 - Gráfico de pareto dos motivos de devolução de transporte.

Fonte: Magno (2013)

O primeiro motivo, “tempo insuficiente”, refere-se à falta de tempo para realizar a rota planejada. Como abordado anteriormente, independentemente da empresa, existe um período máximo de jornada laboral diária permitido, fator esse que é considerado na atividade de roteirização. Conforme Magno (2013), a jornada laboral na empresa estudada é estipulada em 10 horas e 20 minutos. Segundo a autora, aproximando-se desse valor de horas trabalhadas no dia, a equipe de entregas deve retornar ao centro de distribuição, sem realizar as entregas faltantes. Tais entregas não feitas são classificadas como devolução, por motivo de tempo insuficiente.

O motivo “Produto/quantidade errada” refere-se a pedidos identificados como incorretos por parte dos clientes. Uma vez que a montagem de paletes é manual, podem existir inversão ou esquecimento de produtos no processo de *picking*. Tais divergências muitas vezes não são aceitas pelos clientes, que acabam devolvendo o pedido. Embora Magno (2013) exponha esse dado, o impacto da montagem de paletes na devolução não foi avaliada em seu estudo. No presente estudo, esses indicadores serão relacionados.

Finalmente, o motivo de devolução por “falta de produto” no caminhão pode ser gerado devido à falha na entrega por parte da equipe, uma vez que, com um número de entregas extremamente alto e a necessidade dos motoristas de montarem manualmente os pedidos, ocorrem baixas indevidas que só são notadas no cliente seguinte. Nesses casos, devido à falta de produto nos clientes seguintes, podem ocorrer devoluções. Esse motivo, embora não seja analisado nos estudos citados, será relacionado no presente estudo.

5.1.7 Processo de fechamento

O processo de fechamento dos mapas ocorre ao fim da rota, quando os caminhões retornam ao centro de distribuição. Esse processo é dividido em duas etapas a saber: fechamento físico e fechamento financeiro, que devem ocorrer de forma consecutiva, dentro do armazém. A primeira etapa confere se houve retorno de algum produto na carga e a segunda confere o valor recolhido em rota de entregas. Após o fechamento dos mapas, as equipes são liberadas e os caminhões encaminhados para recomeçar todo processo.

Diante do que foi exposto, fica evidente a complexidade no processo de distribuição de bebidas. Devido ao fato da etapa de montagem de paletes ser executada por lotes de produto, e não por pedido individual de cada cliente, a etapa de distribuição física fica muito impactada. O fato

dos motoristas terem que montar os pedidos dos clientes no momento da rota torna o processo passível de erros e avarias. Mais ainda, a possibilidade de os operadores cometerem erros na etapa de montagem, ao esquecer de selecionar algum produto específico, aumenta a quantidade de devoluções de pedidos devido ao maior número de clientes afetados. Devido a essas inconsistências, capazes de impactar severamente a operação de distribuição, a empresa em estudo optou por implementar o sistema WMS, já exposto anteriormente, para evitar erros nos processos do armazém.

5.1.8 WMS

A empresa já utiliza o sistema WMS. Devido ao aumento anual dos custos dos armazéns, o crescimento dos centros de distribuição e a variedade dos tipos de produto disponíveis, considerou-se necessária a aplicação de um sistema tecnológico para melhor gerir os processos dos armazéns (Müller, 2017).

Os módulos atualmente utilizados pela unidade estudada são: contagem de estoque, *picking*, carregamento e descarregamento. Para aplicar esses módulos, a empresa distribuiu aos operários *palmtops* com o aplicativo de WMS instalado, desenvolvidos com fornecedores específicos. Nesse aplicativo, os operadores imputam manualmente cada etapa de processo que estão executando. Tais módulos serão melhor detalhados no subcapítulo 5.1.8, mas, em sua maioria, seguem as dinâmicas descritas na tabela 3, presente no capítulo de armazém, subcapítulo 3.3, referente aos módulos do WMS.

Uma vez que o 2nd tier se caracteriza pelo desmembramento das cargas paletizadas para que sejam remontados em pedidos menores, em diversos caminhões, com diversos destinos, necessita de uma abordagem modular de rápida aplicação. Na empresa estudada, desenvolver um aplicativo que contivesse suas particularidades teve impactos positivos, rapidamente observados. Pela primeira vez em sete anos, em 2016, os armazéns da empresa estudada apresentaram redução de custos, com um valor 6% inferior ao ano anterior, conforme figura 18, extraída da apresentação de Müller (2017). Segundo informações desse relatório, após a aplicação do sistema WMS, a produtividade das operações de armazém cresceu 270% e o número de operários na etapa de *picking* reduziu em 36%.

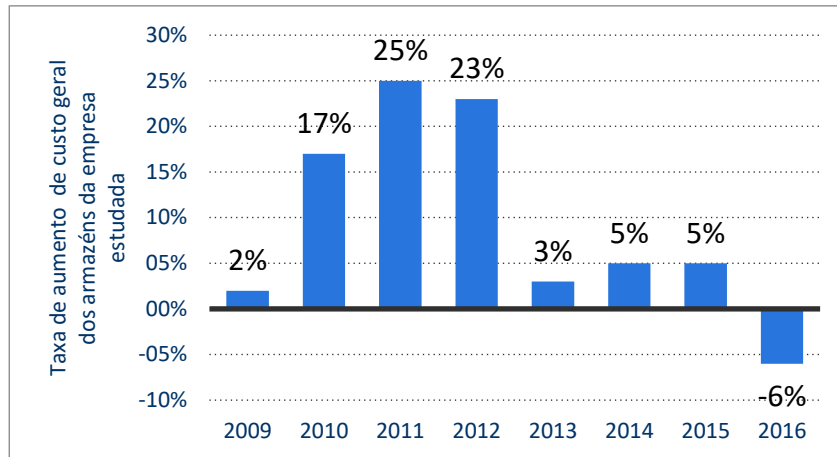


Figura 18 - Resultados obtidos com a aplicação do sistema WMS na empresa estudada

Fonte: Müller (2017)

Embora a aplicação de WMS já venha apresentando melhorias nos indicadores de produtividade do armazém, os indicadores da distribuição física ainda não foram positivamente impactados. Acredita-se que, devido ao processo de WMS ser muito manual – todos os dados são inseridos pelos operadores –, problemas sistêmicos ainda não foram resolvidos. O primeiro passo em direção à tecnologia já foi dado. O modelo proposto no capítulo 6 aborda um próximo passo, que envolve a aplicação de novos módulos de WMS, de novas maneiras de integrá-lo ao armazém, visando formar um novo tipo de distribuição. Tais ações buscam impactar positivamente as etapas hachuradas na figura 12, no início do capítulo, sendo elas: cálculo das ordens de carregamento, montagem de paletes e entrega de produto.

6 ESTUDO DE CASO

O nível de serviço na entrega mede a qualidade do processo de distribuição física. Para quantificar esse nível, a empresa estudada define indicadores de desempenho, os quais acredita serem capazes de medir a eficiência das atividades logísticas, bem como o atendimento prestado pelas equipes aos clientes. A partir desses indicadores, a empresa é capaz de gerenciar itens críticos que podem afetar seu relacionamento com o mercado.

O presente estudo foi baseado em dados do centro de distribuição da cidade de Sapucaia do Sul. Ele se localiza no estado do Rio Grande do Sul e se encontra entre os 23 maiores CDDs do Brasil. A filial atende a 18 cidades em torno da Região Metropolitana de Porto Alegre e Vale do Rio dos Sinos, atendendo cerca de 7500 clientes. Com uma venda mensal em torno de 200.000 hectolitros/mês, Sapucaia fatura mais de R\$ 1,5 milhão por dia.

Como mencionado anteriormente, esse estudo se apresentará de forma metodológica, baseado em dados de uma unidade específica de análise, obtido em estudos. Conversas informais com funcionários da área de distribuição, coordenadores de armazém e distribuição e gerentes de operações de distribuição, bem como dados retirados da literatura e relatórios oficiais em *sites*, a respeito da empresa, deram base para o direcionamento da análise, apresentada a seguir.

6.1 PROBLEMÁTICA

Conforme explicitado no decorrer desse trabalho, estudos foram feitos com o objetivo de compreender as restrições logísticas enfrentadas no processo de distribuição física de bebidas. A maioria desses estudos analisa a inter-relação de dados referentes exclusivamente à etapa de entrega. Entretanto, tais análises ainda trazem resultados inconclusivos, como é o caso de Magno (2013).

Neste estudo, a autora relaciona diversos indicadores de entrega – jornada de trabalho, tempo em rota, aderência ao *tracking* e aderência à roteirização - com o objetivo de compreender seus impactos na devolução de produtos. Entretanto, não encontra nenhuma correlação específica entre comportamentos. Os indicadores abordados pela autora serão brevemente detalhados a seguir, com o intuito de analisá-los posteriormente sob o viés dos processos de armazenamento do modelo proposto. Tais indicadores são: (a) jornada de trabalho e (b) roteirização.

- (a) Jornada de trabalho

Na empresa estudada, a jornada de trabalho começa a ser calculada no momento em que se inicia o expediente de trabalho. Esse indicador é primordial, uma vez que, além de ser relevante para garantir um bom nível de atendimento aos clientes, é essencial para proporcionar qualidade de vida aos motoristas e ajudantes. Uma jornada laboral sem excessos promove descanso para as equipes e, conseqüentemente, motivação e produtividade. Por outro lado, uma jornada laboral excessiva gera exaustão e, conseqüentemente, absenteísmos. A falta de um único motorista já implica na redução de uma frota disponível, fato que acaba sobrecarregando os demais veículos – caso a carga seja distribuída entre as frotas ativas – ou, então, gerando prejuízo para operação, no caso do caminhão não sair em rota, deixando de atender ao mercado.

Para calcular esse indicador, a empresa estipula frações de jornada. Dessa forma, consegue compreender o momento no qual as equipes estão falhando. As frações que compõem a jornada líquida são: tempo de liberação, tempo em rota, tempo de almoço e tempo interno. O tempo de liberação começa a ser contabilizado a partir do início do expediente dos funcionários; a meta estipulada para essa fração é de 30 minutos, e nela devem ser contempladas as atividades de conferência da carga, ajuste de anomalias e saída na portaria. O tempo em rota contempla todas as entregas do dia e mais uma hora de almoço; essa fração tem como meta 9 horas e 20 minutos. Finalmente, a última fração diz respeito ao tempo interno, que contabiliza o tempo de fechamento dos mapas, para prestação de contas físicas e financeiras; nesse tempo, o armazém confere tudo o que foi entregue ou devolvido, e a meta também é de 30 minutos.

A figura 19 representa a distribuição de jornada líquida utilizada pela empresa. A equação 1 demonstra a memória de cálculo utilizada para quantificar o indicador.

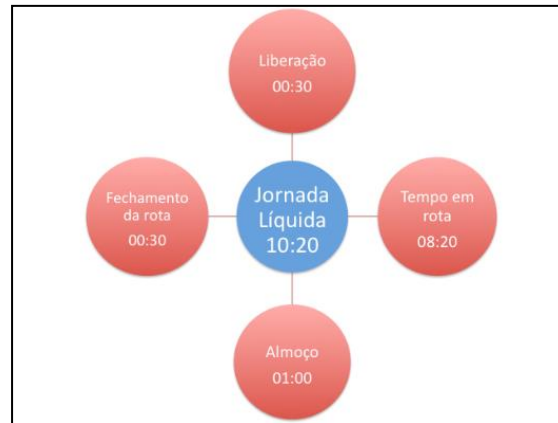


Figura 19 - Jornada de trabalho da equipe de distribuição

$$Jornada\ de\ trabalho = \frac{Caminhões\ c/ jornada\ menor\ que\ 10:20}{Total\ de\ caminhões} \times 100\% \quad (\text{equação 1})$$

(b) Roteirização

Conforme já foi exposto, a roteirização é vista como um ponto essencial para promover uma distribuição urbana eficiente. Atualmente, a empresa utiliza o *tracking* para atualizar a base de dados do *software* de roteirização e, assim, garantir sua melhoria contínua. Para isso, o dispositivo de *tracking* deve ser utilizado de forma consistente, caso contrário, o banco de dados gerado por ele não reflete a realidade.

Para medir tal consistência, existe um indicador de aderência, ou utilização correta, à ferramenta. Esse indicador depende de variáveis inseridas pelo motorista, em seu *palmtop*, a respeito da rota que está executando. As equipes devem garantir que as informações sejam imputadas em frente ao estabelecimento, de acordo com a localização cadastrada, caso contrário entrarão para o grupo de entregas com “erros de km”. Além disso, as informações de tempo de chegada, espera e descarregamento devem ser fiéis ao estipulado pela roteirização, caso contrário serão consideradas como “erros em horas”. O cálculo de aderência ao *tracking* é definido segundo equação X. A partir das informações imputadas no *tracking*, pode-se também chegar ao indicador de aderência ao Road, que quantifica o percentual seguido no sequenciamento de rota

proposto pelo *software* de roteirização. O equacionamento desse indicador é definido pela equação 2.

$$\text{Aderência } T = \frac{\text{Entregas programadas} - \text{Entregas c/ erros de km e horas}}{\text{Entregas programadas}} \times 100\% \quad (\text{equação 2})$$

$$\text{Aderência } R = \frac{\text{Número de entregas realizadas conforme sequência do road}}{\text{Número de entregas totais}} \times 100\% \quad (\text{equação 3})$$

É importante ressaltar que, durante a rota, diversas equipes não conseguem atender ao tempo de entrega estipulado na roteirização por alguns motivos, a saber: demora ou indisponibilidade dos pontos de atendimento para receber os pedidos descarregados; desorganização da carga no decorrer da rota; falta de local próximo ao ponto de atendimento para estacionar o caminhão; trânsito intenso em horários de pico. A autora enfatiza o caso de motoristas com dificuldade de descarregar o pedido nos clientes, devido à posição da mercadoria na carga. Uma vez que o produto referente à nota fiscal de um cliente se encontra embaixo de diversos outros produtos, o descarregamento se torna dispendioso e, muitas vezes, inviável. Tal situação pode ocorrer de forma aleatória, dependendo de como a carga é montada e dos produtos solicitados pelo cliente. Portanto, não é previsível pelo *software* roteirizador.

Além disso, através de relatos de motoristas, é descrita uma enorme divergência entre as orientações de roteiro geradas pelo *software* roteirizador e a realidade das rotas. Entregadores com experiência em certas rotas alegam aleatoriedade no horário de recebimento e sequenciamento de entregas estipulados para certos pontos de atendimento. Embora algumas decisões sejam óbvias e as informações sejam imputadas de forma correta e diária, por parte da equipe, os *softwares* parecem não assimilar essas considerações no cálculo de roteirização. Dessa forma, a baixa aderência ao *tracking* e ao *roadshow*, afetadas pela dispersão de km e tempo previsto em rota, se tornam problemas no modelo de roteirização.

Para tentar estipular um comportamento das equipes mais impactantes, a autora fez diversas análises cruzadas entre indicadores, sendo eles: tempo em rota x aderência ao *tracking*; tempo em rota x aderência ao *roadshow*; jornada de trabalho x aderência ao *roadshow*; entre outros.

A conclusão obtida foi que tais indicadores não apresentam comportamento correlacionável, como pode ser identificado na figura 20.

Analisando a figura 20 de forma breve, é possível identificar a falta de correlação entre os indicadores. No primeiro gráfico – tempo real em rota x aderência ao *tracking* - pode-se observar que, mesmo as equipes que seguiram 100% os tempos e roteiros sugeridos pela *tracking* não obtiveram redução em seus tempos em rota. No segundo gráfico - tempo em rota real x aderência ao *roadshow* -, conclui-se que a aderência ao *roadshow* não tem relação com o tempo em rota realizado pelas equipes. A mesma realidade dispersa é encontrada ao analisar o terceiro e quarto gráficos. Para mais detalhes sobre as análises, recomenda-se a consulta ao estudo de Magno (2013).

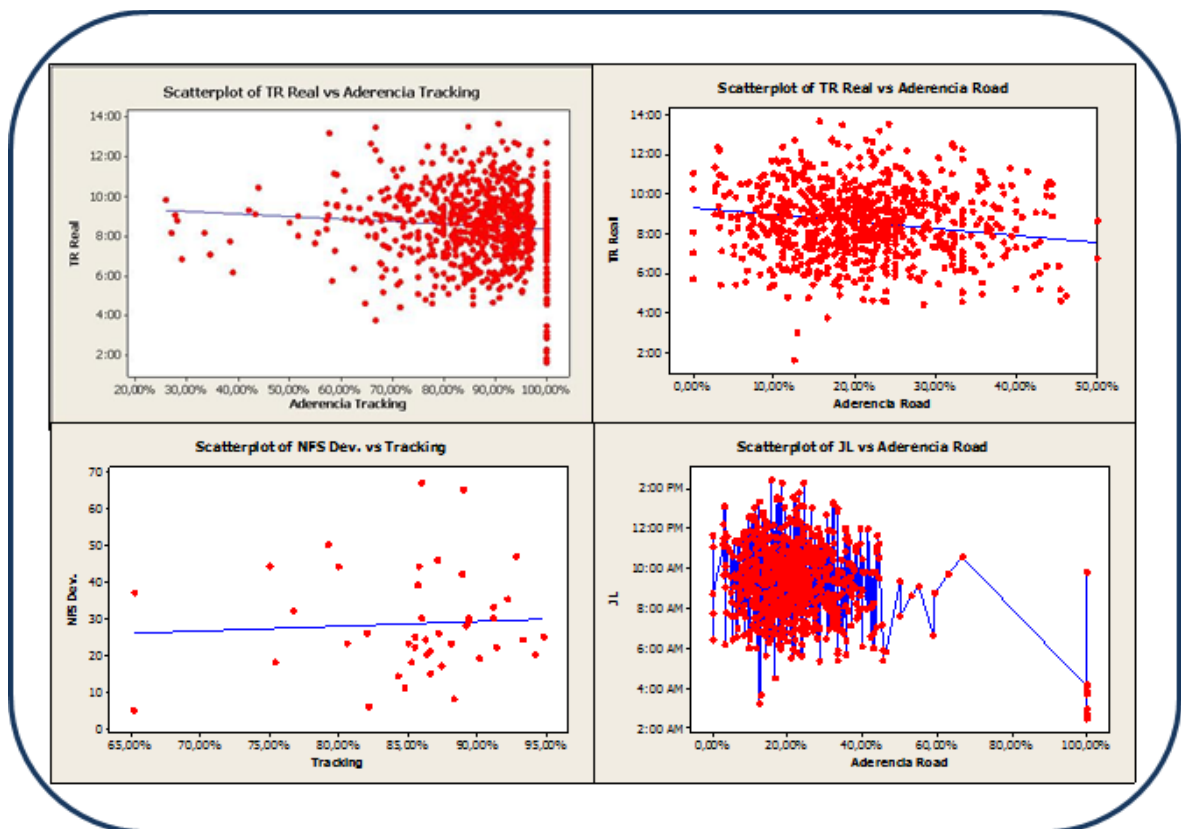


Figura 20 - Análise de possíveis correlações entre os dados

Fonte: Magno (2013)

Diante do que foi exposto, fica clara a dificuldade de encontrar correlação entre os indicadores de entrega e os impactos na distribuição física. Conforme as análises, não existe conexão entre a aderência ao *tracking* das equipes e um bom desempenho das mesmas na jornada de trabalho. Da mesma forma, as melhores equipes em aderência à roteirização não necessariamente apresentam bons indicadores de devolução e tempo em rota. Tais conclusões evidenciam a

necessidade de análise de outros processos, com intuito de compreender seus impactos na distribuição física e, assim, propor melhorias.

Acredita-se que a maneira de superar os desafios impostos pelo cenário de distribuição física é encontrar o equilíbrio entre indicadores de produtividade e complexidade. A produtividade é um indicador que varia em função de três índices: capacidade física das cargas; tecnologia aplicada aos processos do armazém; tecnologia aplicada à distribuição física; motivação das equipes do armazém e da entrega.

Já a complexidade, é afetada por outras duas variáveis, a saber: variedade de produtos disponíveis no armazém e volume de entrega. É importante salientar que os índices que afetam a complexidade da operação – grandes volumes de venda e variabilidade de produtos - impactam diretamente nos índices de produtividade, conforme será detalhado no subcapítulo 6.2.1.

Portanto, uma vez que a complexidade afeta diretamente na produtividade, esse estudo será focado na análise de possíveis mudanças no armazém que impactem positivamente as variáveis de complexidade, como forma de resolver os problemas de produtividade e nível de serviço no processo de distribuição física.

Voltando as atenções para os problemas de roteirização, descritos acima, pode-se questionar o fato da mesma ser feita utilizando como premissa apenas a carga total de produto vendido dividida pelas frotas disponíveis. Se a roteirização fosse feita levando em conta duas premissas – por peso da carga e ordem de clientes - provavelmente os problemas relatados seriam amenizados.

A utilização de um *software* roteirizador, capaz de levar em consideração informações sobre o carregamento dos caminhões - não somente em capacidade, mas por pedido individual de clientes - provavelmente impactaria nos indicadores de tempo em rota, jornada de trabalho, aderência ao *tracking*, aderência ao *roadshow* e devolução.

Em relação ao tempo em rota, dispor de pedidos ordenados conforme a sequência de entrega, transformaria os descarregamentos em atividades muito mais simples e ágeis, uma vez que os motoristas não necessitariam fazer a separação manual dos pedidos em cada ponto de atendimento. Além disso, com cada pedido consolidado e separado individualmente, o risco de

um produto específico de certo cliente ficar inacessível embaixo de vários produtos de outro cliente é muito pequeno.

Em relação à jornada de trabalho, primeiramente, a montagem de pedidos separados individualmente por clientes, provavelmente diminuiria os erros de *picking* ligados a inversões e esquecimentos. Dessa forma, a conferência das cargas antes da saída para a rota seria muito mais breve, impactando positivamente no tempo de liberação. Em relação à rota, a rapidez das entregas, proporcionada pela disponibilidade de pedidos já organizados em relação ao sequenciamento, permitiria os caminhões voltarem aos CDDs dentro do expediente estipulado. Mais ainda, criariam a possibilidade de executar recargas diárias com maior frequência e agilidade.

Observando o indicador de aderência ao *tracking* e ao *roadshow*, tudo leva a crer que entregas bem organizadas e individualmente separadas reduziram os esforços de descarregamento em frente aos clientes. Além disso, a montagem dos pedidos individualmente no armazém, reduziria os erros causados pelo esquecimento ou inversão de produtos. Sendo assim, as horas de descarregamento e o desperdício de km rodados até clientes que, devido à carga estar incorreta, não aceitam a entrega, provavelmente seriam reduzidas.

Por fim, a devolução de produtos, citada no capítulo 5, provavelmente seria positivamente impactada. Com a montagem dos pedidos individuais, a probabilidade de cometer erros ou esquecer produto é reduzida. Mais ainda, a economia no tempo de descarga, como já foi citado acima, possivelmente tornaria suficiente o tempo de atendimento estipulado por cliente. Considerando tais impactos, os três maiores motivos das devoluções poderiam ser reduzidos.

Diante do cenário exposto, esse trabalho propõe a adoção da montagem de pedidos por cliente como forma de resolver problemas de distribuição física, uma vez que ela representa 54% dos custos logísticos (Alvarenga, 2016).

6.2 METODOLOGIA PROPOSTA

O estudo propõe uma nova metodologia para processo de montagem de pedidos na empresa estudada. Analisa-se a possibilidade de executar a montagem de pedidos e carregá-los, individualmente para cada cliente, dentro do armazém. Dessa forma, não havendo a necessidade de os motoristas separarem os pedidos em rota, o processo de entrega tende a se tornar mais rápido e preciso.

Como já foi explicitado anteriormente, o problema se dá ao redor de desafios enfrentados no processo da distribuição urbana de bebidas, os quais dificultam a execução de entregas qualificadas, dentro do tempo esperado pelo cliente, com os pedidos completos e sem avarias. Tais desafios são, em grande parte, ocasionados pelo grande volume de entregas, restrições de tráfego, problemas de estacionamento, redução da capacidade das cargas, e aumento da variedade de produtos disponíveis nos armazéns.

Nesse cenário, buscando encontrar uma metodologia capaz de superar esses problemas, são sugeridas mudanças dentro de processos, sendo eles: roteirização, ordem de carregamento, frota, *picking* e *packaging* e WMS, como mostra o esquema da figura 21.

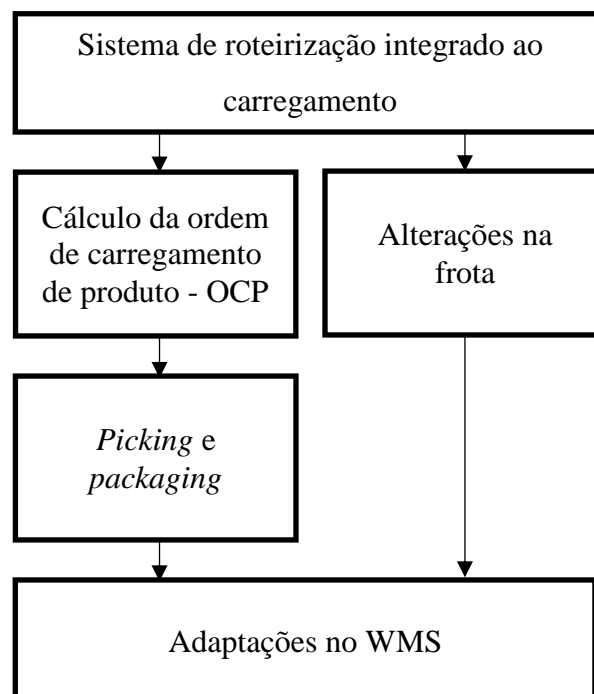


Figura 21- Etapas da metodologia de montagem de pedidos proposta

Fonte: elaborada pela autora

Na etapa de roteirização (subcapítulo 6.2.2), busca-se uma maneira de integrar o sequenciamento de entregas às restrições de carregamento dos caminhões. Na etapa de frota (subcapítulo 6.2.3), é proposta uma setorização no design dos caminhões. Na etapa de *picking*, confronta-se o problema em seu cerne, uma vez que, é nessa etapa que a montagem dos pedidos é feita em paletes. As mudanças propostas para essa etapa se iniciam com a reformulação da ordem de carregamento de produtos, detalhada no subcapítulo 6.2.4. Em relação ao *packaging*, se analisam meios através dos quais seja possível acomodar, no caminhão, diferentes conformações de pedidos buscando aproveitar ao máximo a capacidade da carga. Essa etapa se

faz presente em todos os subcapítulos. A proposta, abordada nesse estudo, diz respeito a manter um fluxo constante de informações entre os dois subproblemas, levando em conta as restrições e as características de ambos. Na fase de carregamento do caminhão, devem ser coletadas informações sobre os recursos do palete. Por sua vez, durante a fase de montagem do palete, devem ser coletadas informações sobre a colocação do palete no caminhão. Com esse conjunto de informações, pode-se montar o melhor palete para uma posição específica no caminhão, usando os produtos necessários.

Para resolver esse problema – bem como problemas de roteirização - é necessária a utilização de modelos computacionais e algoritmos presentes no mercado de tecnologia. O propósito do modelo computacional é definir uma fase construtiva na qual uma solução é construída. Essa solução, por sua vez conecta-se a uma solução aleatória para obter as diversas soluções em um processo iterativo. Para mais detalhes sobre os algoritmos utilizados para solucionar problemas de carregamento, sugere-se consulta de Alonso et al. (2016), Ceschia et al. (2013), Yi et al. (2017) e Morabito et al. (2000)

Em suma, o objetivo do trabalho é propor uma metodologia que possibilite a montagem de paletes por pedido individual de cliente. Para tal, um *upgrade* no *software* de roteirização, para que leve em conta restrições de carregamento, é um passo primordial. Além disso, mudanças no processo de *picking* e no modelo e capacidade das frotas são pré-requisitos importantes. Vale ressaltar que o propósito do estudo é definir uma metodologia que permita a montagem de paletes por cliente em uma empresa distribuidora de bebidas. Para que ela seja efetivada, acredita-se que as etapas propostas nesse capítulo devem ser aplicadas e analisadas.

A proposta dessa nova metodologia de montagem de paletes tem dois vieses: (a) centrado no consumidor (b) centrado no negócio

- (a) Viés centrado no consumidor: o objetivo é ter os produtos separados em pedidos para atender cada ponto de atendimento individualmente, tornando o processo de recebimento de produto mais rápido e preciso
- (b) Viés centrado no negócio: o objetivo é ter um processo de descarregamento mais eficiente durante a rota de distribuição física, com o menor impacto nas operações do armazém e distribuição

A metodologia proposta para permitir a montagem de pedidos individualmente por cliente será descrita em etapas. Caso haja o interesse de executar esse tipo de montagem, tais etapas devem ser aplicadas e analisadas. Inicialmente, são identificados os indicadores utilizados para fins de mensuração das vantagens e desvantagens causadas pela aplicação do modelo proposto. Posteriormente, são abordadas possíveis mudanças na dinâmica de cálculo do *software* de roteirização e das OCPs, bem como uma abordagem interativa entre os dois. Por fim, são sugeridas modificações no WMS utilizado pela empresa, com o objetivo de melhorar o processo de *picking*. No subcapítulo 6.2.5, novos indicadores são propostos para mensurar os novos módulos de WMS

6.2.1 Indicadores analisados

Alguns indicadores foram considerados com o objetivo mensurar vantagens e desvantagens da aplicação da metodologia proposta. No que diz respeito à distribuição física, os indicadores já foram citados no início do capítulo, assim como os possíveis impactos que o modelo proposto pode trazer a eles. Tais indicadores são: devolução, jornada de trabalho, tempo de descarga, aderência à sequência de entrega e aderência ao *tracking*. Eles serão detalhados no decorrer desse capítulo e estão apresentados na tabela 4, juntamente com sua memória de cálculo.

Já em relação ao armazém, os indicadores sugeridos foram escolhidos como forma de medir mudanças relevantes causadas no armazém, uma vez que essa etapa sofre os maiores impactos, devido à complexidade de alterações que o modelo proposto sugere. Os indicadores são: produtividade laboral do armazém, palete por ajudante, produtividade das empilhadeiras, eficiência de montagem e eficiência de carregamento. Sua definição bem como a memória de cálculo para quantificá-los pode ser apreciada na tabela 5. A definição teórica dos indicadores de armazém pode ser apreciadas abaixo.

(a) Produtividade laboral do armazém - PLA

Indicador de performance utilizado para mensurar produtividade e dimensionamento do armazém, baseado na relação entre volume e quantidade de pessoas na operação. Tal indicador serve para mensurar o desempenho das equipes, as horas de trabalho excedidas e o absenteísmo na operação. Ao mesmo tempo, pode ser analisado juntamente eficiência de carregamento e de montagem.

(b) Palete por ajudante

Indicador utilizado para demonstrar a capacidade do armazém de atender demanda de pedidos de venda. Impacta diretamente na disponibilidade dos caminhões para a equipe de rota poder iniciar a distribuição. Embora a memória de cálculo considere, no denominador, o somatório de funcionários no armazém, é recomendável acompanhar esse indicador por operador, para analisar mais detalhadamente os gargalos e pontos fortes da operação.

(c) Produtividade das empilhadeiras

Indicador de performance, utilizado no mundo todo para mensurar a produtividade e estrutura alocadas em empilhadeiras no armazém. A utilização ou ociosidade das frotas de empilhadeiras do armazém podem compor um bom indício da complexidade da operação;

(d) Eficiência de montagem

Indicador que relaciona o tempo de montagem de cada palete com o tempo de montagem esperado. Esse segundo termo é definido através de algoritmos que quantificam, através de algumas variáveis de complexidade, o esforço utilizado para executar a montagem. Esse indicador deve ser acompanhado diariamente pelos mesmo motivos do indicador (b). Mais ainda, ele pode ser utilizado para dimensionar redução de operadores. No caso desse indicador, o WMS aceita o input do operador com o status “paletê montado”, mas ainda não monitora a ordem de *picking* dos produtos.

(e) Eficiência de carregamento

Indicador de nível de serviço, que mensura a capacidade do armazém de entregar todos os caminhões carregados, com todas as condições de realizar suas rotas, para a equipe de distribuição física. O carregamento só deve ser dado como finalizado após a conferência física do mesmo. Esse indicador caracteriza o mais utilizado pelo WMS atualmente

Tabela 4 - Definição indicadores da distribuição física.

Indicadores de distribuição física			
Informação	Descrição	Memória de cálculo	Unidade
Jornada de trabalho	Tempo entre a saída do caminhão do CDD até seu retorno. Contempla tempo de liberação, tempo em rota e tempo interno	$Jornada\ de\ trabalho = \frac{Caminhões\ c/\ jornada\ menor\ que\ 10:20}{Total\ de\ caminhões} \times 100\%$	Horas
Tempo Descarga	Tempo entre o início da descarga no cliente até a saída do caminhão do PDV	Hora do <i>input</i> de “Fim de entrega” - Hora do <i>input</i> de “Início de entrega”	Horas
% Aderência Sequência	Aponta se a equipe segue as orientações de sequenciamento do <i>Road</i>	$\frac{Número\ de\ entregas\ realizadas\ conforme\ sequência\ do\ Road}{Número\ de\ entregas\ totais} \times 100\%$	%
% Caixas Devolvidas	Mede a devolução de volume	$\frac{Número\ de\ caixas\ devolvidas}{Número\ de\ caixas\ vendidas} \times 100\%$	%
Aderência ao <i>Tracking</i>	Mede se a equipe está utilizando a ferramenta corretamente	$\frac{Número\ de\ entregas\ utilizadas\ incorretamente\ (inputs\ com\ tempo\ inválido\ ou\ não\ na\ frente\ do\ PDV)}{Número\ de\ entregas\ totais\ programadas} \times 100\%$	%

Fonte: Magno (2013)

Tabela 5 – Definição de indicadores do armazém

Indicadores do armazém			
Informação	Descrição	Memória de cálculo	Unidade
PLA	Indicador de performance, baseado no conceito de volume vs. número de pessoas na operação	$\frac{\text{Volume total fornecido (hl)}}{\text{Total de funcionários} \times \text{horas por turno} \times \text{dias úteis}} \times 100\%$	%
Palete por ajudante	Indicador que serve para entender a exatidão do dimensionamento para atender o volume de paletes a serem montados no turno da noite	$\frac{\text{Quantidade total de paletes montados}}{\text{Quantidade total de operadores no turno da noite}}$	Número
PE	Indicador de performance utilizado para mensurar a produtividade e estrutura empregada no armazém	$\frac{\text{Volume total fornecido (hl)}}{\text{Total de empilhadeiras na operação}}$	Número
Eficiência de montagem	Indicador que mede se o tempo de montagem do palete é aderente ao tempo esperado	$\frac{\text{Tempo de montagem do palete}}{\text{Tempo esperado de montagem do palete}} \times 100\%$	%
Eficiência de carregamento	Indicador de nível de serviço do armazém utilizado para mensurar a capacidade do armazém de entregar todos os veículos carregados e prontos para realizar entrega no horário previsto	$\frac{\text{Nº de mapas carregados até o horário estipulado}}{\text{Nº de mapas válidos}} \times 100\%$	%

Fonte: elaborada pela autora

6.2.2 Sistema de roteirização

Conforme foi exposto anteriormente, nota-se a deficiência, por parte do *software* roteirizador utilizado pela empresa estudada, em considerar as restrições inseridas pelos motoristas. Portanto, sugere-se algumas melhorias no *software* de roteirização, para que ele opere através do modelo “agrupar primeiro – roteirizar depois”, com a ressalva de que o “roteirizar depois” seja feito de acordo com o pedido individual de cada cliente, e esse processo ocorra de forma iterativa. Para que isso seja possível, se torna necessário o uso de um sistema de roteirização que considere restrições de carregamento, como é o caso de sistemas envolvendo o problema 3L-CVRP, exposto no capítulo de distribuição. O sistema de roteirização descrito é conhecido como roteirização em arranjo.

Nesse caso, uma roteirização eficiente não deveria ter como único resultado pedidos compostos por blocos de produtos homogêneos, mas sim, levar em consideração os blocos de produtos de cada cliente, roteirizados de forma iterativa, de modo a não quebrar a regra de LIFO (último a sair – primeiro a entrar).

Com o intuito de resolver os problemas já citados do sistema de roteirização, se faz necessária a utilização de modelos computacionais e algoritmos capazes de definir uma fase construtiva, na qual a primeira solução é construída. Essa solução, por sua vez conecta-se a uma solução aleatória para obter as diversas soluções em um processo iterativo (Alonso et al., 2016). Algumas abordagens desse sistema proposto são sugeridas, como forma de viabilizar um modelo de roteirização ligado ao carregamento.

O novo modelo de roteirização idealmente proposto seria capaz de gerar as rotas dos clientes, definindo a ordem na qual os itens de cada pedido devem ser carregados e, por fim, selecionar a heurística de carregamento que será usada para determinar o carregamento real do paletes no veículo. Buscando aplicar essa dinâmica na empresa estudada, sugere-se a análise a seguir, detalhada nos estudos de Ceschia (2013), levando em conta uma definição prévia de roteirização já feita. Tal análise também pode ser visualizada na figura 22.

- (a) Seleção aleatória de um cliente da rota pré-definida
- (b) Atribuição desse cliente a um veículo aleatório disponível na frota

- (c) Seleção, de forma iterativa e aleatória, de um tipo de caixa, presente no pedido do cliente selecionado
- (d) Formação de blocos de itens homogêneos, para o cliente selecionado
- (e) Adição desse bloco de itens homogêneos à sequência de blocos do veículo selecionado
- (f) A partir de cada sequência de blocos, executar a reconstrução da sequência de clientes correspondente

Alguns índices, ainda que pouco explorados, conhecidos como “relações de vizinhança”, podem ser adicionados à etapa de roteirização em arranjo, com o intuito de promover uma correlação maior entre sequenciamento de montagem de pedidos e sequenciamento de entregas. Através desses indicadores, é possível mudar os clientes de rota, levando as informações dos seus produtos. Tais indicadores, melhor detalhados no estudo de Ceschia et al. (2013), são brevemente descritos a seguir:

- (a) Movimentação do cliente e troca de estratégia (MCTE): Esse indicador de vizinhança é definido pela remoção de um cliente de uma rota e sua inserção em outra, em uma posição específica. Como consequência, todos os blocos de itens pertencentes ao cliente selecionado são removidos da sequência antiga e depois inseridos na nova, mantendo fixa sua posição relativa e sua orientação.
- (b) Troca de cliente (TC): A vizinhança é definida pela troca de um cliente por outro. Blocos de itens pertencentes aos clientes envolvidos no movimento são mantidos mantendo sua posição recíproca e sua orientação
- (c) Mover e rotacionar o bloco (MRB): Esta vizinhança é definida pela remoção de um bloco de itens homogêneos da sequência de blocos de uma rota e sua inserção, possivelmente com uma nova orientação, em outra rota.

Acredita-se que o desenvolvimento e aplicação desses procedimentos poderá beneficiar os indicadores de jornada de trabalho, tempo descarga, aderência à sequência e percentual de caixas devolvidas. Em relação à jornada de trabalho, uma entrega mais precisa e corretamente

sequenciada influencia em um processo de descarregamento mais ágil. Da mesma forma, uma vez que a montagem individual de produtos reduz a possibilidade de inversão e esquecimento de produto no armazém, o percentual de devolução tende a reduzir significativamente.

Além disso, a utilização de um *software* de roteirização atrelado ao processo de carregamento, de modo a sequenciar a organização do caminhão com as rotas de entrega, ao que tudo indica, tende a causar um impacto significativamente positivo no indicador de aderência a sequência de roteirização. No subcapítulo 6.2.3, será tratada um novo modelo de cálculo de ordem de carregamento de produtos.

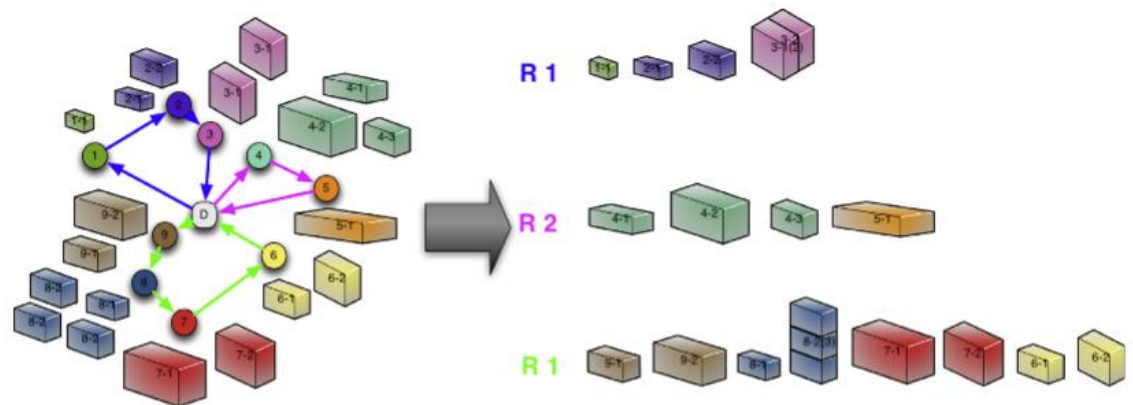


Figura 22 - Exemplo de processo de roteirização em arranjo

Fonte: Ceschia et al. (2013)

6.2.3 Frota

Diante da complexidade que pedidos montados individualmente por cliente podem gerar, um ponto importante a ser analisado é a conformação dos pedidos após consolidados, bem como sua alocação no veículo de transporte. Embora a etapa de *picking* englobe o procedimento de montagem de paletes, a colocação desses paletes no caminhão depende das restrições da frota.

Conforme abordado no capítulo de distribuição, existem certas restrições impostas pelo *design* das frotas que tornam o carregamento de pedidos individualizados por cliente em um grande desafio. A área de suporte mínima garantida pelo veículo, a acessibilidade aos produtos e a estabilidade dos paletes permitida pela alocação no caminhão são restrições que precisam ser resolvidas para permitir a metodologia proposta.

Dessa forma, uma vez que cada pedido pode ter a mais variada conformação, sugere-se uma mudança na conformação dos caminhões, em possíveis prateleiras e gavetas. Para atender pedidos muito pequenos – envolvendo unidades avulsas ou poucas caixas - é interessante fazer uso de uma gaveta. Sendo de fácil acesso, não impacta no sequenciamento de entregas. Além disso, sua capacidade serve como restrição para o limite de pedidos pequenos por veículo.

Por sua vez, para acomodar pedidos grandes, é necessário manter espaços inteiramente livres, capazes de alocar cargas paletizadas. Por fim, para transportar os pedidos que se inserem entre poucas caixas e cargas paletizadas, sugere-se a disposição de prateleiras móveis, passíveis de serem manejadas. A figura 23 ilustra um protótipo de caminhão setorizado.



Figura 23 - Possíveis modificações necessárias na frota de caminhões

6.2.4 Cálculo da ordem de carregamento de produto (OCPs)

No sexto capítulo, foi detalhada a maneira como as ordens de carregamento de produtos (OCPs) são calculadas pela empresa em estudo. Tal fluxo pode ser observado na figura 24. Brevemente, o sistema da empresa cruza a lista de produtos vendidos com as quantidades disponíveis em estoque e consolida a informação. A frota disponível, informada pelo time de distribuição, também é consolidada. Ambas as informações são processadas por um algoritmo que divide a carga total no número disponível de caminhões. Posteriormente, o cálculo é feito por lotes de produto, como já foi detalhado no capítulo 5, item 5.1.8.

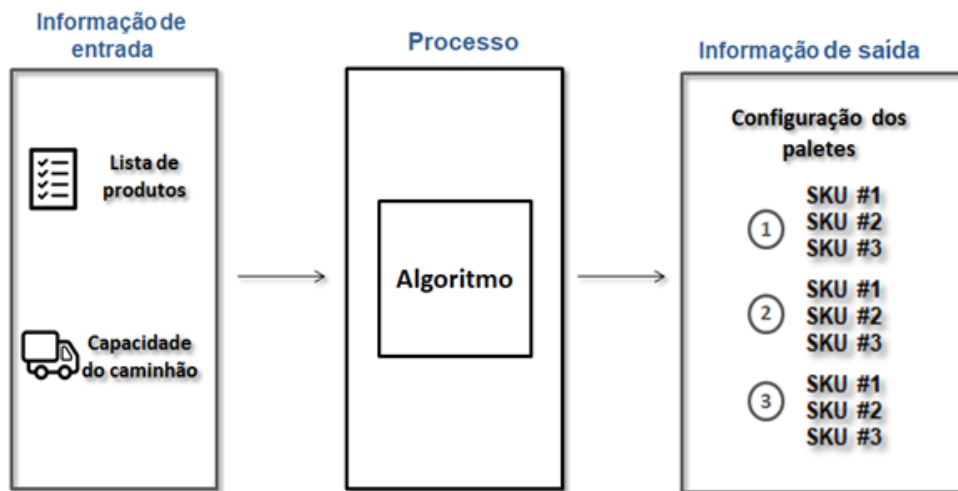


Figura 24 - Fluxograma de cálculo da OCP, atualmente, na empresa estudada

Fonte: elaborada pela autora

Para permitir um carregamento individualizado por cliente, o primeiro passo, após a roteirização, é alterar o equacionamento da OCP. Como sugestão de novo modelo de cálculo da OCP, sugere-se o fluxo ilustrado na figura 25. Tais processos serão detalhados logo a seguir.

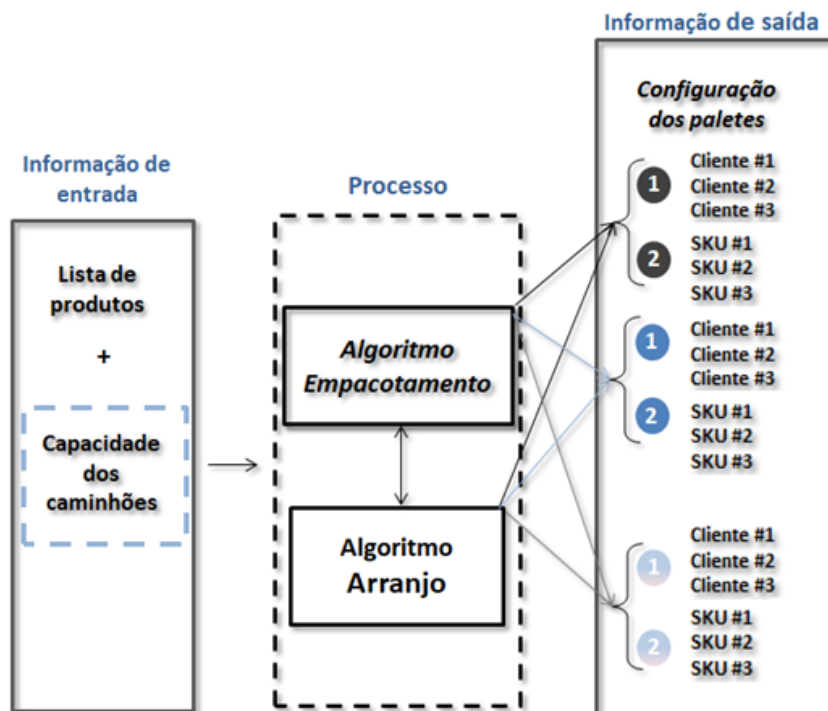


Figura 25 - Fluxograma de cálculo da OCP, sugerido para a empresa estudada

Fonte: elaborada pela autora

O fluxo representado na figura 25 tem, como informações de entrada, os mesmos indicadores do fluxo anterior. Entretanto, a informação de entrada “capacidade de caminhões” se encontra destacada pois, nesse novo modo de montagem proposto, após a contabilização da lista de produtos, a primeira verificação do algoritmo gerador das OCPs será à respeito da configuração dos caminhões disponíveis. Levando em conta os modelos de caminhões presentes no CDD – com divisórias adaptáveis e gavetas para acomodar pedidos pequenos - serão propostas diversas combinações de OCPs por palete, cada uma com uma acomodação diferente de produtos para o conjunto de clientes atendido.

Portanto, o cálculo da ordem de carregamento de pedido será feito, de forma inteligente, pela iteração de algoritmos diferentes: um propondo soluções de empacotamento por cliente, e o outro, soluções de arranjo, considerando a premissa de ordem dos clientes. A partir das combinações disponibilizadas pelos algoritmos, duas verificações serão responsáveis por escolher o modelo de montagem de palete final. A configuração que melhor satisfizer os itens da verificação, será escolhida. É importante assinalar que todos os itens marcados como “mandatórios” são necessárias em sua totalidade para que a configuração do palete seja aceita. Esses itens garantem condições básicas de segurança, produtividade e proteção contra avarias. Tais verificações encontram-se estratificadas a seguir:

Primeira verificação:

- a) Número de *skus*
- b) Número de embalagens
- c) Número de grupos de embalagens
- d) % de preenchimento dos paletes
- e) Quantidades de caixas avulsas
- f) Verificação de isolamento do chope – condição mandatória
- g) Verificação da localização de grupos pequenos de caixas no fundo do palete - mandatório
- h) Peso – condição mandatório

Segunda verificação:

- i) Caminhão está com baias vazias – condição mandatória
- j) Estabilidade do palete – condição mandatória
- k) Baixa variedade de *sku* no palete
- l) Palete montado por colunas

Por fim, sugere-se um novo fluxo de cálculo de OCP, cujas principais premissas têm como objetivo montar pedidos por ordem de cliente e, dessa forma, servi-los com maior nível de qualidade. Uma vez definida a disposição dos pedidos nos paletes, a OCP calcula a posição dos produtos por pedido, da mesma forma que fazia anteriormente. As premissas para o cálculo da OCP e, conseqüentemente, montagem de paletes pode ser visualizado a seguir.

Premissas voltadas para ordem de clientes:

- a) Palete deve ser preenchido com produtos por ordem de pedido de cliente
- b) Paletes fechados sempre devem ser os primeiros a ser montados, uma vez que ocupam a maior quantidade de baias
- c) Caso caibam mais pedidos por cliente, completos, num mesmo palete, todos devem ser montados e, posteriormente, empacotados separadamente. É importante separar esses pedidos, através de sarrafos ou cantoneira metálicas

Premissas voltadas para ordem de produto, uma vez que a fase anterior já foi definida

- d) Os produtos devem ser separados nos paletes seguindo as mesmas regras de grupos – embalagens retornáveis, latas, garrafas pet, chope, etc. - da OCP de montagem
- e) A posição no palete deve ser priorizada de acordo com a compatibilidade dos produtos entre si
- f) O primeiro item do palete deve ser sempre o de maior quantidade, independente de peso, altura e tipo de embalagem
- g) Os produtos mais leves – pré-definidos como “produtos de topo” – devem ser colocados sempre no topo do palete, independentemente dos fatores descritos acima
- h) Produtos de topo devem ser colocados no palete com menor ocupação do veículo

- i) Chope deve ser sempre colocado em baia separa de outros produtos
- j) Somente devem ser gerados itens “não paletizados” quando a ocupação das baias já tiver sido atingida e ainda existirem produtos a ser carregados, como unidades avulsas

Para permitir esse novo modelo, serão necessárias avaliações de capacidade das cargas, testes de novas configurações de caminhões e novos recursos operacionais. Primeiramente, o cadastro de capacidade das cargas dos caminhões lançado no sistema deve ser revisado, uma vez que, com a possível disposição de divisórias e gavetas, cada módulo do caminhão tem sua capacidade alterada.

Os testes de novas configurações de caminhão dizem respeito à parte de aplicabilidade do sistema, cujo objetivo é validar a utilização de novas frotas. Finalmente, os novos recursos computacionais dizem respeito a dispositivos capazes de calcular todas as combinações possíveis de OCPs e paletes, a fim de determinar e calibrar o melhor algoritmo de montagem de um palete.

Além disso, devido ao dinamismo da tecnologia, desenvolver um sistema que fique “pronto” para receber futuros algoritmos de OCP se torna muito relevante. Determinar a linguagem utilizada para escrever esses programas, bem como os modelos de informações de entrada e saída, é imprescindível e ficam de sugestão para próximos trabalhos.

A mudança no cálculo da OCP é um item que impacta principalmente a atividade de *picking*. No subcapítulo seguinte serão especificados os efeitos dessas alterações, bem como serão relacionados os indicadores de armazém evidenciados acima.

6.2.5 Adaptações no WMS

A atividade de *picking*, como já foi longamente descrita nesse trabalho, se caracteriza por ser a mais intensiva em trabalho, dentro do armazém. Além disso, uma vez que, conforme abordado no subcapítulo anterior, inúmeras restrições foram sugeridas para o cálculo das OCPs, tudo leva a acreditar que tais mudanças impactariam consideravelmente no desempenho do armazém,

uma vez que os operadores teriam muito mais itens a verificar para concluir a montagem dos pedidos.

Por outro lado, observa-se que a empresa já executa um movimento em direção à adoção de tecnologias, com o objetivo de aprimorar os processos do armazém e, assim, reduzir custos. A implantação do WMS, por exemplo, gerou uma economia geral nos armazéns de 6% em relação ao ano anterior (Müller, 2017), como foi evidenciado no capítulo anterior. Entretanto, a utilização dessa ferramenta, pela empresa, ainda ocorre de forma muito manual, e tem muito espaço de desenvolvimento nesse sentido.

Após o processo de roteirização, as OCPs são calculadas e disponibilizadas no sistema WMS. No início do expediente, os operadores do armazém, responsáveis pela etapa de montagem, acessam o aplicativo de WMS, em seu *palmtop*, e selecionam tal etapa. Dessa forma, visualizam a relação das quantidades de produtos a serem separadas para o mapa como um todo, bem como para cada palete específico.

Após separados todos os produtos, de todos os paletes, os operadores podem acessar a etapa de conferência. Nessa etapa, todos os paletes montados aparecem listados no aplicativo. Assim, os operadores podem finalizar a operação de montagem, dando como feita a conferência. Nesse momento, é possível revisar a montagem feita e identificar anomalias como falta, sobre ou inversão de produtos. Caso a anomalia seja encontrada, ela é registrada no aplicativo e tratada.

Após todos os paletes checados, o operador deve sinalizar o fechamento da carga, momento no qual os paletes são içados para as suas devidas baias. O processo de fechamento exige a checagem, no aplicativo, de cada baia do veículo. Portanto, a aplicação do WMS na empresa estudada permitiu a maior visualização da montagem de paletes, bem como a conferência forçada, no momento em que os operadores devem tratar cada passo como finalizado, para iniciar o próximo. Essa tratativa permite investigar o procedimento desenvolvido por cada operador, e isso dá mais visibilidade ao processo.

Embora essa sistemática de montagem de paletes tenha melhorado a produtividade dos armazéns, bem como diminuído a quantidade de operários, ela ainda não foi suficiente para sanar os erros de carregamento e falta de produto, fato que pode ser evidenciado pelos motivos de devolução evidenciados anteriormente. Uma vez que as informações são imputadas de forma manual, se há inversões ou faltas de produto na montagem, mas o operador não evidencia isso, não existem módulos de rastreamento capazes de captar essa divergência.

Dessa forma, com o objetivo de manter a produtividade, mesmo com a maior complexidade proposta pela nova metodologia de carregamento, algumas mudanças no WMS são sugeridas. Primeiramente, é sugerida a utilização de paleteiras com balança. Uma vez que as OCPs calculadas por cliente definem exatamente os produtos que devem ser carregados por palete, tais informações podem ser convertidas em peso. Utilizando paleteiras com balança, o conferente pode identificar se está esquecendo de algum produto ou se houve sobra.

Além disso, sugere-se a aplicação de dispositivos de rastreamento nos equipamentos dos operadores, como etiquetas RFID. Com essa informação, pode-se identificar exatamente de onde os operadores estão retirando os produtos, uma vez que o layout do armazém é definido por áreas com produtos específicos, como foi citado anteriormente. Dessa maneira, se houver registro de carga errada no momento da entrega, é possível conferir de onde cada produto foi carregado e em qual quantidade, dentro do armazém, passando a informação correta, em tempo real, para o time de distribuição. Mais ainda, com esse módulo operante, é possível gerir melhor a equipe, com as devidas cobranças a quem não executa o processo da forma correta, bem como elogios para os operadores de alta performance.

Tal sugestão pode ser mensurada pelo indicador “% WMS carregamento certo”, cuja memória de cálculo pode ser apreciada na tabela 6.

Através dessas sugestões, acredita-se que, embora a complexidade na ordem de pedidos impacte negativamente os indicadores do armazém, a aplicação de tecnologia é capaz de suprir essa lacuna, tornando os processos mais ágeis e visíveis.

Tabela 6 - Indicadores propostos para o armazém

Indicadores propostos para o armazém			
Informação	Descrição	Memória de cálculo	Unidade
% WMS carregamento certo	Indicador que identifica os paletes montados com balança.	$\frac{\text{Total de itens separados com paleteira com balança} + \text{Total de itens selecionados no local correto}}{\text{Total de itens separados}} \times 100\%$	%

Fonte: elaborada pela autora

7. CONCLUSÕES

Partindo do escopo do estudo, analisou-se, de forma metodológica, os processos compartilhados por armazenagem e distribuição. A partir disso, chegou-se à conclusão de que certas mudanças no sistema de montagem de pedidos poderiam reduzir impactos em indicadores negativos de distribuição física. Vantagens e desvantagens foram observadas e serão discutidas.

Com o objetivo de executar entregas mais ágeis e precisas, sugeriu-se a adaptação de quatro pontos principais da empresa distribuidora de bebidas, sendo eles roteirização, frota, *picking* e *packaging*. Em relação à roteirização, chegou-se à conclusão de que o aprimoramento do *software* envolvendo a integração entre distribuição e carregamento, poderia provocar um grande benefício nos indicadores de distribuição.

A utilização de um *software* roteirizador, capaz de levar em consideração informações sobre o carregamento dos caminhões - não somente em capacidade, mas por pedido individual de clientes - provavelmente impactaria de forma positiva nos indicadores de tempo em rota, jornada de trabalho, aderência ao *tracking* e aderência ao *roadshow*, uma vez que o sequenciamento de entregas estaria integrado às restrições de cada cliente. Por outro lado, a complexidade imposta por esse tipo de roteirização tornaria alto o investimento em busca de um modelo computacional adaptado. Embora vários estudos estejam sendo desenvolvidos na área de 3L-CVRP, ainda não há evidências da aplicação prática desses modelos em *softwares* roteirizadores, operando com tais restrições. Ao mesmo tempo que representa uma vantagem competitiva, pressupõe um grande investimento de tempo e dinheiro.

Em relação à frota, poder acomodar pedidos ordenados conforme a sequência de entrega, transformaria os descarregamentos em atividades muito mais simples e ágeis, uma vez que os motoristas não necessitariam fazer a separação manual dos pedidos em cada ponto de atendimento. Além disso, com cada pedido consolidado e separado individualmente, o risco de um produto específico de certo cliente ficar inacessível embaixo de vários produtos de outro cliente é muito pequeno. A adaptação da frota melhora questões de estabilidade e acessibilidade da carga, o que é muito vantajoso para agilizar a entrega. Além disso, utilizando prateleiras pivotantes, é possível decidir quando elas ficam montadas ou abaixadas, gerando uma série de possibilidades de conformações das frotas.

Entretanto, encontrar o modelo perfeito para a disposição das prateleiras nos veículos é uma tarefa complexa. Somente após séries de roteirizações e modelos de conformações sugeridas e aplicadas, poder-se-ia definir tipos de setorização ideais. Se mal distribuídas, as prateleiras poderiam ocupar espaços indevidos, tornando necessária a utilização de mais caminhões para a distribuição do mesmo volume, fato que prejudica a produtividade da operação, representando custo para a empresa. Se mal posicionadas, as prateleiras pivotantes poderiam ser extremamente perigosas aos operadores, podendo causar impactos físicos e avaria de produto, caso se desprendessem. Além disso, dispor de diversas geometrias adaptáveis, e não fixas, torna o processo de roteirização e cálculo de OCP extremamente iterativo. Sendo assim, uma vez que infinitas conformações são possíveis, há possibilidade de não se chegar a quaisquer resultados otimizados.

Em relação ao *picking*, primeiramente, a montagem de pedidos separados individualmente por clientes, provavelmente diminuiria os erros ligados a inversões e esquecimentos. Dessa forma, a conferência das cargas antes da saída para a rota seria muito mais breve, impactando positivamente no tempo de liberação. Em relação à rota, a rapidez das entregas, proporcionada pela disponibilidade de pedidos já organizados em relação ao sequenciamento, permitiria os caminhões voltarem aos CDDs dentro do expediente estipulado. Mais ainda, aumentariam o nível de satisfação dos clientes, consolidando a imagem da empresa no mercado.

Por outro lado, a complexidade das ordens de carregamento geradas tornaria necessário o aumento da equipe do armazém, uma vez que o volume de vendas é intenso e o tempo de liberação das cargas montadas é limitado. Por envolver maior variabilidade de produtos, a montagem de paletes por cliente geraria uma perda de tempo maior na movimentação dos operadores. O aumento de equipe impacta negativamente nos indicadores de PLA, palete por ajudante e PE, bem como significa aumento de custo para a operação. Caso se opte por não aumentar o número de funcionários, tem-se um impasse em relação aos indicadores de eficiência, uma vez que os paletes provavelmente seriam montados de forma menos ágil, o número de carros atendidos seria menor, bem como as possibilidades de atraso na montagem aumentariam.

Em relação ao *packaging*, a conformação diversa dos pedidos provavelmente representaria mais desvantagens do que vantagens. Na realidade atual, calculada por lotes de produto, a homogeneidade dos paletes facilita o processo de consolidação e a estabilidade das cargas. Dependendo do arranjo definido para cada cliente, o empacotamento dos pedidos pode se tornar

um quebra-cabeças, tendo que acomodar *skus* muito diversos. Entretanto, com pedidos mais leves e mais bem distribuídos pelo veículo, problemas corriqueiros - esmagamento dos lastros de produto localizados na base e periferia dos paletes ou desmoronamento do palete devido à retirada de produtos específicos do meio da pilha - poderiam ser amenizados.

Conectado a todos esses prós e contras, a adaptação dos módulos do WMS se apresenta como alternativa para suprir as lacunas geradas por essa nova metodologia proposta. A aplicação imediata do módulo de carregamento certo é extremamente positiva, tanto para os líderes que gerenciam as operações, quanto para os operadores, que podem visualizar divergências de forma rápida.

Da mesma forma, rastreadores RFID, nos equipamentos dos operadores, monitorariam o trabalho executado por cada um, tornando-os mais expostos e, provavelmente, motivados a se esforçar mais na tarefa de montar com qualidade. Além disso, visualizando a localização dos produtos em seus *palmtops*, perdas de tempo seriam reduzidas.

Preenchendo as lacunas geradas pela metodologia proposta, a adaptação dos módulos de carregamento certo e rastreabilidade no WMS poderiam contribuir para a melhora de todos os indicadores do armazém. Reduzindo erros de montagem, bem como o tempo desperdiçado em movimentações, a equipe de operadores poderia ser reduzida, mantendo a eficiência de montagem dos pedidos. Indicadores como PLA, palete por ajudante, PE, eficiência de montagem e eficiência de carregamento certamente seriam beneficiados por essas medidas.

Embora essas adaptações do WMS consigam suprir algumas lacunas geradas pelo processo de roteirização integrada ao carregamento, observa-se que diversos fatores ainda deveriam ser resolvidos para viabilizar sua aplicação, tal como a conformação das frotas e o desenvolvimento de *softwares* com maior capacidade para roteirizar e montar OCPs.

Acredita-se que a caminhada em direção aos armazéns inteligentes apenas começou. Existem diversas tecnologias capazes de tornar os processos de armazenagem cada vez mais automatizados, de forma a não necessitar a inclusão de informações manualmente.

Os resultados obtidos representam ganhos tanto para a empresa quanto para a área fora dela. Durante a pesquisa bibliográfica, foram identificados estudos diversos com propósitos similares ao do presente trabalho, mas nenhum totalmente relacionável. Geralmente, os estudos atuais apresentam algoritmos e *softwares* de roteirização, mas não os conectam com a etapa de

carregamento. Também não há, na literatura, estudos específicos focalizados na montagem de pedidos em empresas distribuidoras de bebidas. Por não ser um estudo quantitativo, o presente trabalho pode representar ganhos para diversos tipos de distribuição, uma vez que a montagem de pedidos ocorre nas mais diversas empresas, englobando os mais diversos tipos de produtos. Entretanto, a aplicação e análise do impacto do modelo proposto é muito particular e dependente do tipo de veículo, tecnologia e *software* utilizados por cada empresa.

Podemos concluir que o presente trabalho atingiu o seu objetivo inicial, propondo uma solução de melhora na jornada de trabalho dos trabalhadores, qualidade de serviço prestado aos clientes e gerenciamento inteligente dos processos operacionais.

Como sugestão para futuras pesquisas, recomenda-se o estudo de armazéns inteligentes, através da aplicação de sistema RFID e redes sem fio, ligados aos módulos do WMS, como forma de descartar a inclusão de informações de forma manual. Para que o sistema, desde o início, possa computar os produtos armazenados de forma automática, sugere-se iniciar o processo de desenvolvimento do WMS automatizado pela etapa inicial, no recebimento de produto. Se concretizada essa etapa, os estudos podem ser voltados para as fases seguintes, de montagem de pedidos e carregamento dos mesmos.

Além disso, o presente estudo aponta a necessidade de observar outros processos capazes de impactar os problemas observados. Esses processos, internos ao armazém, deveriam ser levados em consideração durante a roteirização dos caminhões. Ficou evidente que é necessário roteirizar levando em consideração peculiaridades e diferenças de cada frota, cliente e região. Entretanto, é possível observar um movimento em direção à mudança, que deve ser aplicada em etapas.

8. REFERÊNCIAS

ACCORSI, R.; BARUFFALDI, G.; E MANZINI, R. **Design and manage deep lane storage system layout. An iterative decision-support model.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, n. 92, p. 57-67. 2017.

ANAGNOSTOPOULOU, A.; SPYROU E.; MITRAKOS. D.; BOILE, M. **An advanced solution for efficient logistics management at both company and network level.** Transportation Planning and Technology, n. 42, p. 324-338. 2019.

AGUSTINA, D.; LEE, C. K. M.; PIPLANI, R. **Vehicle scheduling and routing at a cross docking center for food supply chains.** International Journal of Production Economics, n. 152, p. 29-41. 2014.

ALONSO, M. T.; ALVAREZ-VALDES, R.; PARREÑO, F.; TAMARIT, J. M. **Algorithms for Pallet Building and Truck Loading in an Interdepot Transportation Problem.** Mathematical Problems in Engineering, 2016, 1-11. 2016.

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada: suprimento e distribuição física.** 3. ed. (1. reimpressão). São Paulo: Edgard Blücher, 2000 (reimpressão de 2002).

APSALONS R.; GROMOV, G. **Development of a Smart Picking System in the Warehouse.** Data Analytics: Paving the Way to Sustainable Urban Mobility. CSUM 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 879. 2019.

ARAÚJO, R. R. **Um Modelo de Resolução para o Problema de Roteirização em Arcos com Restrição de Capacidade.** Porto Alegre, 2003, 178fls. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003

AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S.; GOYAL, S. K. **A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty.** Mathematical and Computer Modelling, n. 53, p. 98-109. 2011.

BARTHOLDI, John; HACKMAN, Steven T. **Warehouse & Distribution Science.** Atlanta: Georgia Institute of Technology. 2008.

BARUFFALDI, G.; ACCORSI, R.; MANZINI, R. **Warehouse management system customization and information availability in 3pl companies**. *Industrial Management & Data Systems*. 2018.

BILLHARDT, H.; FERNANDEZ, A.; LEMUS, L.; LUJAK, M.; OSMAN, N.; OSSOWSKI, S.; SIERRA, C. **Dynamic Coordination in Fleet Management Systems: Toward Smart Cyber Fleets**. *IEEE Intelligent Systems*, p. 70-76. 2014.

BJELIC, N.; VIDOVIC, M.; POPOVIC, D. **Variable neighborhood search algorithm for heterogeneous traveling repairmen problem with time windows**. *Expert Systems with Applications*; n. 40(15); p. 5997-6006. 2013.

BODIN, L. et al. **Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: the state of the art**. *Computers and Operations Research*, New York, US, v. 10, p. 63-211, 1983.

BORTFELDT, A. **A hybrid algorithm for the capacitated vehicle routing problem with three-dimensional loading constraints**: *Computers and Operations Research*, n. 39, p. 2248-2257. 2012.

BOTELHO, R. D.; CÂMARA, J. J. D.; COSTA, I. C. S.; GUIMARÃES, J. S. P.; E DIAS, H. C. **The Quality of Roads in Brazil: The Interrelation of Its Multiple Stressors and Their Impact on Society**. *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, p. 480-488. 2018.

BOTT, K.; BALLOU, R. H. **Research Perspectives in Vehicle Routing and Scheduling**. *Transportation Research - Part A*, Oxford, GB, v. 20A, p. 239-243, 1986.

BRENNAND, C. A. R. L.; DE SOUZA, A. M.; MAIA, G.; BOUKERCHE, A.; RAMOS, H.; LOUREIRO, A. A. F.; & VILLAS, L. A. **An intelligent transportation system for detection and control of congested roads in urban centers**. *2015 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC)*. 2015.

CESCHIA, S.; SCHAERF, A.; & STÜTZLE, T. **Local search techniques for a routing-packing problem**. *Computers & Industrial Engineering*, 66(4), 1138-1149. 2015.

CHEN, P.; DONG, X.; NIU, Y. **An iterated local search algorithm for the cumulative capacitated vehicle routing problem**. Technology for education and learning. Advances in intelligent and soft computing, p. 575-581. Berlin/Heidelberg: Springer. 2012.

CHOI, E.; TCHA, D-W. **A Column Generation Approach to the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem**. Computers and Operations Research, New York, US, v. 34, p. 2080-2095. 2007.

CHOPRA, S.; PETER, M. **Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation**, 5th ed. London: Pearson Education. 2013.

CLAIRE I. G. L.; SARANTÓPOULOS. **Brasil PackTrends 2020**. Campinas - SP: [s.n.] p. 10. 2012.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS **Glossary of Terms**. Disponível em: <<http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>>. Acesso em: 08/04/2019

CUNHA, C. B. **Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais**. Transportes, Rio de Janeiro, BR, v. 8, n. 2, p. 51-74, 2000.

DANTZIG, G. B.; RAMSER, J. H. **The Truck Dispatching Problem**. Management Science, Providence, US, v. 6, p. 80-91. 1959.

DE KOSTER, R. **How to assess a warehouse operation in a single tour**. Report, RSM Erasmus University, the Netherlands. 2004.

DE KOSTER, R.; LE-DUC, T.; & ROODBERGEN, K. J. **Design and control of warehouse order picking: A literature review**. European Journal of Operational Research, n. 182(2), p. 481-501. 2007.

DENG, M.; MAO, J.; & GAN, X. **Development of Automated Warehouse Management System**. MATEC Web of Conferences, n. 232. 2018.

DEWILDE, T.; CATTRYSSE, D.; COENE, S.; SPIEKSMAN, F. C. R.; VANSTEENWEGEN, P. **Heuristics for the traveling repairman problem with profits**. Computers & Operations Research, n. 40 (7), p. 1700-1707. 2013.

DIAS, M. A. P. **Logística, transporte e infraestrutura: armazenagem, operador logístico, gestão via TI, multimodal.** São Paulo: Atlas, 2012.

EL OUADAA, S.; BAH, S.; BERRADO, A. **Design of Intelligent Warehouse Based on RFID and WSNs Technologies.** Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications - SITA'18. 2018.

FABER; N. AND DE KOSTER; R.B. **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, Vol. 32 n. 5, p. 381-395. 2002.

FARMER, N. Present status and trends in innovations in packaging for food, beverages and other fast-moving consumer goods. Trends in Packaging of Food, Beverages and Other Fast-Moving Consumer Goods (FMCG), 1-21. 2013.

FERNANDES JÚNIOR, A. Avaliação da implantação de um software roteirizador em um sistema de distribuição de bebidas. 2001. 223 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

ENDERER, F.; CONTARDO, C. CONTRERAS, I. **Integrating dock-door assignment and vehicle routing with Cross-Docking, Computers and Operations Research.** 2017.

KARAGIANNIS, G.; ALTINTAS, O.; EKICI, E.; HEIJENK, G.; JARUPAN, B.; LIN, K.; WEI, T. **Vehicular networking: A survey and tutorial on requirements, architectures, challenges, standards and solutions.** Communications Surveys Tutorials. iEEE, n. 13(4), p. 584-616. 2011.

GENDREAU; M. et al. **A Tabu Search Algorithm for a Routing and Container Loading Problem.** Transportation Science, Baltimore, US, v. 40, n. 3, p. 342-350. 2006.

GEREFFI, G. **Global Value Chains and International Competition.** The Antitrust Bulletin, n. 56(1), p. 37-56. 2011

GIANNIKAS, V.; LU, W.; MCFARLANE, D. HYDE, J. **Product Intelligence in warehouse management: a case study; Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent**

Systems, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8062, Springer, Berlin and Heidelberg, p. 224-235. 2013.

GOETSCHALCKX, M.; ASHAYERI, J.; **Classification and design of order picking systems**. Logistics World (June), p. 99-106. 1989.

GOLDEN, B. L.; DE ARMON, J. S.; BAKER, E. K. **Computational Experiments with Algorithms for a Class of Routing Problems**. Computers and Operations Research, New York, US, v. 10, n. 1, p. 47-59. 1983.

GUIGNARD, M. P. M.; HAHN, A. A.; PESSOA; DA SILVA, D. C. **Algorithms for the cross-dock door assignment problem**. In Proceedings of the Fourth International Workshop on Model-based Metaheuristics. 2012.

HALL, R.W. **Vehicle Routing - On the Road to Integration**, OR/MS Today. 2006.

HELLSTRÖM, D.; AND M. SAGHIR. **Packaging and Logistics Interactions in Retail Supply Chains**. Packaging Technology and Science 20 (3), p. 197-216. 2007.

HODGSON, T. **A Combined Approach to the Pallet Loading Problem**. IIE Transactions, v. 14, n. 3, p. 176-182, 1982. Apud MORABITO et al. 2000.

HOFF, A.; ANDERSSON, H.; CHRISTIANSEN, M.; HASLE, G.; LØKKETANGEN, A. **Industrial aspects and literature survey: Fleet composition and routing**. Computers & Operations Research, 37(12), p. 2041-2061. 2010.

INRIX 2016 Global Traffic Scorecard Infographic. Disponível em <http://inrix.com/scorecard/#>. Acessado em 14 de junho de 2019

INRIX 2018 Global Traffic Scorecard Infographic. Disponível em <http://inrix.com/scorecard/>. Acessado em 14 de junho de 2019

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Industrial Anual - Empresas, 2017. Rio de Janeiro: IBGE

JAHRE, M.; HATTELAND, C. J. **Packages and Physical Distribution**: Implications for Integration and Standardisation. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management 34 (2): p. 123-139. 2004.

JOHANSSON, M. **Packaging Logistics: A Value Added Approach**. Doctoral diss., Lund University. 1998.

JUNQUEIRA, L.; J. OLIVEIRA; J. F.; CARRAVILLA, M. A; MORABITO, L. **An optimization model for the vehicle routing problem with practical three-dimensional loading constraints**. *International Transactions in Operational Research*, vol.20, n. 5, p. 645-666. 2013.

JUNQUEIRA, L. E. MORABITO, R. **Heuristic algorithms for a three-dimensional loading capacitated vehicle routing problem in a carrier**. *Computers and Industrial Engineering*, vol. 88, p. 110-130. 2015.

JUNQUEIRA, L.; MORABITO, R.; YAMASHITA, D. **MIP-based approaches for the container loading problem with multi-drop constraints**. *Annals of Operations Research*, 199, p. 51-75. 2011.

KOVÁCS, G.; KOT, S. **New Logistics and Production: Trends as The Effect of Global Economy Changes**. *Polish Journal of Management Studies*, p. 115-26. 2016.

KUSIAK, P. **Estudo comparativo entre picking discreto e bucket brigades em uma empresa do setor de bebidas**. 2012. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção). UFRGS, Rio Grande do Sul, 2012

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; ELLRAM, L. M. **Fundamentals of Logistics Management**. McGraw-Hill: Singapore. 1998.

LI, X.; YUAN, M.; CHEN, D.; YAO, J.; ZENG, J. **A Data-Driven Three-Layer Algorithm for Split Delivery Vehicle Routing Problem with 3D Container Loading Constraint**. *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining - KDD '18*. 2018.

LIN, M. A.; NIE, F.; LU, Q. **An analysis of supply chain restructuring based on Big Data and mobile Internet -A case study of warehouse-type supermarkets**. 2015 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services (GSIS). 2015.

LOCKAMY, A. **A conceptual framework for assessing strategic packaging decisions**. *Int. J. Logist. Manag.*, 6(1): 51-60. 1995.

IORI, M.; SALAZAR-GONZALEZ, J-J.; VIGO, D. **An exact approach for the vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints**. *Transportation Science*, vol. 41, no. 2, p. 253-264. 2007.

MAGNO; L. C. B. **Sistemas de distribuição: proposta de solução de redução do volume de devoluções em uma distribuidora de bebidas**. 93F. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). UFRGS, Rio Grande do Sul. 2013.

MAHESH, S.; RAMADURAI, G.; & NAGENDRA, S. M. S. **On-board measurement of emissions from freight trucks in urban arterials**: Effect of operating conditions, emission standards, and truck size. *Atmospheric Environment*. 2019.

MARTÍNEZ-SALAZAR, I.; ANGEL-BELLO, F.; ALVAREZ, A. **A customer-centric routing problem with multiple trips of a single vehicle**. *Journal of the Operational Research Society*, 66 (8), 1312-1323. 2014.

MERCADO EMBALAGEM - 2016 Datamark - Market Intelligence Brazil". Disponível em <https://www.datamark.com.br/dados-gerais/> Acessado em 10 de maio de 2019

MOLINA-BESCH, K.; PÅLSSON, H. **Packaging for Eco-Efficient Supply Chains: Why Logistics Should Get Involved in the Packaging Development Process**. *Sustainable Logistics*, p. 137-163. 2014.

MORABITO, R.; MORALES, S. R.; WIDMER, J. A. **Loading Optimization of Palletized Products on Trucks**. *Transportation Research - Part E*, Vancouver, CA, v. 36, p. 285-296. 2000.

MOSHREF-JAVADI, M.; LEE, S. **The customer-centric, multi-commodity vehicle routing problem with split delivery**. *Expert Systems with Applications*, 56, 335-348. 2016.

MOSTAFA, N.; HAMDY, W.; ALAWADY, H. **Impacts of Internet of Things on Supply Chains: A Framework for Warehousing**. *Revista Social Sciences*, 8(3), 84. 2019.

MOURA, A.; BORTFELDT, A. **A two-stage packing problem procedure**. *International Transactions in Operational Research*, 24(1-2), p. 43-58. 2016.

MOURA, A.; OLIVEIR,; J. F. **An integrated approach to the vehicle routing and container loading problems**. *OR Spectrum*, 31(4), 775-800. 2008.

MÜLLER, M.; PIERRE, J. **WMS 2nd Tier - The logistics warehouse solution**, sem paginação, disponível em: <https://mpambev.wordpress.com/blog/> Acessado em 15 de junho de 2019.

MUSOLINO, G.; RINDONE, C.; POLIMENI, A.; VITETTA, A. **Planning urban distribution center location with variable restocking demand scenarios: General methodology and testing in a medium-size town**. Transport Policy. 2018.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

OLIVEIRA, L. K.; NUNES, N. T. R.; NOVAES, A. G. N. **Assessing model for adoption of new logistical services: An application for small orders of goods distribution in Brazil**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2(3), p. 6286-6296. 2010

PAINE F. **Fundamentals of Packaging**. Brookside Press: Leicester, UK. 1981.

PÅLSSON, H.; HELLSTRÖM, D. **Packaging logistics in supply chain practice - current state, trade-offs and improvement potential**. International Journal of Logistics Research and Applications, 19(5), p. 351-368. 2016.

PARTYKA, J.; HALL, R. **On the Road to Conectivity**. OR/MS Today. Disponível em: <<http://www.lionhrtpub.com/orms/orms-2-10/frsurvey.html>>. Acesso em 15/03/2019.

PEREIRA; GUNNAR RAUERT. **Aplicação da gestão baseada em atividades à distribuição urbana de bebidas**. 2008. 528 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

PILLAC, V.; GENDREAU, M.; GUÉRET, C.; MEDAGLIA, A. L. **A review of dynamic vehicle routing problems**. European Journal of Operational Research, 225(1), p. 1-11. 2013.

PRAJOGO, D.; OLHAGER, J. **Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration**. International Journal of Production Economics. 2012.

BAUZA, R.; GOZALVEZ, J. **Traffic congestion detection in large-scale scenarios using vehicle-to-vehicle communications**. Journal of Network and Computer Applications, 36(5), p. 1295 – 1307. 2013.

RAMAA, A.; SUBRAMANYA, K. N.; RANGASWAMY, T. M. **Impact of warehouse management system in a supply chain**. International Journal of Computer Applications, Vol. 54 No. 1, pp. 14-20. 2012.

GHOMI, S. M. T. F.; ASGARIAN, B. **Development of metaheuristics to solve a transportation inventory location routing problem considering lost sale for perishable goods**. Journal of Modelling in Management. 2018

SAGHIR, M. **A platform for packaging logistics development: a systems approach**. Doctoral thesis, Division of Packaging Logistics, Lund University, Sweden. 2004.

SAGHIR, M.; JÖNSON, G. **Packaging handling evaluation methods in the grocery retail industry**. Packaging Technology and Science, 14(1), 2001.

SALAZAR-CABRERA, R.; DE LA CRUZ, A. P.; MOLINA, J. M. **Fleet Management and Control System from Intelligent Transportation Systems perspective**. 2019 2nd Latin American Conference on Intelligent Transportation Systems (ITS LATAM). 2019.

SHAMAYLEH, A.; HARIGA, M.; DIABAT, A. **Economic and environmental models for cold products with time varying demand**. Journal of Cleaner Production. 2018.

SHI, Y.; ZHANG, A.; ARTHANARI, T.; Liu, Y.; CHENG, T. C. **Third-party purchase: an empirical study of third-party logistics providers in China**. International Journal of Production Economics, Vol. 171, Part 2, p. 189-200. 2016.

SHIAU, J.; LEE, M. **A warehouse management system with sequential picking for multi-container deliveries**. Computers & Industrial Engineering, Vol. 58 No. 3, pp. 382-392. 2010.

SILVA, E. N. A. **Avaliação de processo para a distribuição urbana de bebidas: um estudo de caso**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.

SILVA, E.; OLIVEIRA, J. F.; Wäscher, G. **The pallet loading problem: a review of solution methods and computational experiments**. *International Transactions in Operational Research*, 23(1-2), 147-172. 2014.

SILVA, T. C. **O uso da análise de gaps na avaliação da percepção dos clientes sobre o processo de distribuição física**: estudo de caso em uma distribuidora de bebidas. 2004. 102 f. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2004.

STAUDT, F.H.; ALPAN, G.; DI MASCOLO, M. RODRIGUEZ, C.T. **Warehouse performance measurement**: a literature review. *International Journal of Production Research*, Vol. 53 No. 18, pp. 5524-5544. 2015.

TERNO, J.; SCHEITHAUER, G.; SOMMERWEIß, U.; RIEHME, J. **An efficient approach for the multi-pallet loading problem**. *European Journal of Operational Research*, 123(2), 372-381. 2001.

TOMPKINS, J.A.; WHITE, J.A.; BOZER, Y.A.; TANCHOCO, J. M. A. **Facilities Planning**, 4th edn. Wiley, Chichester. 2010.

TSE, Y. K.; TAN, K. H.; TING, S. L.; CHOY, K. L.; HO, G. T. S.; CHUNG, S. H. **Improving postponement operation in warehouse**: an intelligent pick-and-pack decision-support system. *International Journal of Production Research*, 50(24), 7181-7197. 2012.

VAN DER VAART, T.; VAN DONK, D. P. **A critical review of survey-based research in supply chain integration**. *International Journal of Production Economics*. 2008.

VERWIJMEREN, M. (2004). **Software component architecture in supply chain management**. *Computers in Industry*, Vol. 53, p. 165-178.

WU, B.; LIN, J.; DONG, M. **Artificial Bee Colony Algorithm for Three-Dimensional Loading Capacitated Vehicle Routing Problem**. *Proceedings of 20th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, p. 815-825. 2013.

TAO, Y.; WANG, F. **An effective tabu search approach with improved loading algorithms for the 3L-CVRP**. *Computers & Operations Research*, vol.55, pp.127-140. 2015.

YI, J.; SU, Z.; QIU, Y. **The vehicle routing problem with one-dimensional loading constraints.** International Journal of Industrial and Systems Engineering, 27(3), p. 412. 2017.

YU, H. Y.; CHEN, J. J.; HSIANG, T. R. **Design and implementation of a real-time object location system based on passive RFID tags.** IEEE Sens J 2015, 15: p. 5015-5023. 2015.

YANG, Z; XU, W; WONG, P. K.; WANG, X. **Modeling of RFID-Enabled Real-Time Manufacturing Execution System in Mixed-Model Assembly Lines.** Mathematical Problems in Engineering, Article ID 575402, vol. 2014, pp. 1-16. 2014.

ZACHARIADIS, E. E.; TARANTILIS, C. D.; KIRANOUDIS, C. T. **The Pallet-Packing Vehicle Routing Problem.** Transportation Science, 46(3), 341-358. 2012.

ZHU, Y. R.; HAHN, R. M.; LIU, Y.; GUIGNARD-SPIELBERG, M. **New approach for the cross-dock door assignment problem.** In Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento. 2009.

ZUNIC, E.; DELALIC, S.; HODZIC, K.; BESIREVIC, A.; HINDIJA, H. **Smart Warehouse Management System Concept with Implementation.** 2018 14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL). 2018.