



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

VICTOR RODRIGUES RIEDEL DA COSTA

**UMA PROPOSTA DE APLICATIVO PARA SMARTPHONES PARA COMPRAS EM
SUPERMERCADOS COM TECNOLOGIA DE PESQUISA OPERACIONAL**

FORTALEZA

2016

VICTOR RODRIGUES RIEDEL DA COSTA

UMA PROPOSTA DE APLICATIVO PARA SMARTPHONES PARA COMPRAS EM
SUPERMERCADOS COM TECNOLOGIA DE PESQUISA OPERACIONAL

Trabalho Final de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia de
Produção Mecânica, como requisito parcial
para a obtenção do título de Engenheiro de
Produção Mecânica. Área de concentração:
Pesquisa Operacional

Orientador: Prof. Dr. Anselmo Ramalho
Pitombeira Neto

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- D11p da Costa, Victor Rodrigues Riedel.
Uma proposta de aplicativo para smartphones para compras em supermercados com tecnologia de Pesquisa Operacional / Victor Rodrigues Riedel da Costa. – 2016.
57 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto.
1. Startup. 2. E-commerce. 3. Caixeiro-viajante. 4. Picking. 5. Flow shop. I. Título.

CDD 658.5

VICTOR RODRIGUES RIEDEL DA COSTA

UMA PROPOSTA DE APLICATIVO PARA SMARTPHONES PARA COMPRAS EM
SUPERMERCADOS COM TECNOLOGIA DE PESQUISA OPERACIONAL

Trabalho Final de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia de
Produção Mecânica, como requisito parcial
para a obtenção do título de Engenheiro de
Produção Mecânica.

Aprovada em ___/___/2016

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Bruno de Athayde Prata
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. João Vitor Moccelin
Universidade Federal do Ceará - UFC

AGRADECIMENTOS

À minha família, por toda a orientação e suporte dados ao longo de todos esses anos.

Ao Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto e todos os professores do Departamento de Engenharia de Produção, por toda a orientação prestada para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho, é apresentada uma proposta de uma aplicação para *smartphones* para compras em supermercados. São aplicados métodos de Pesquisa Operacional para garantir a qualidade e o nível de serviço do produto e propostas soluções para os problemas enfrentados pela loja ao receber os pedidos de compras dos usuários. É aplicada uma solução do Caixeiro-Viajante, utilizando-se dos *softwares* Excel e OpenSolver, para calcular-se a melhor rota para o *picking* dos produtos dentro do supermercado. São calculados os tempos de processamento de uma amostra de dez pedidos gerados aleatoriamente, simulando pedidos feitos por usuários. São comparadas duas regras de sequenciamento (Earliest Release Date e Least Slack Time) e aplicadas a essa amostra de pedidos. A regra LST mostra uma performance bastante superior em relação à ERD: não ocorrem atrasos na primeira, enquanto que a segunda apresentou atraso total de 14h27min. Concluiu-se que o sequenciamento da rota dos operadores não mostra ganhos relevantes de tempo, uma vez que os maiores tempos de operação são referentes ao *picking*, e não ao deslocamento. Por outro lado, o sequenciamento é de extrema importância, garantindo os prazos de entrega prometidos e a qualidade do serviço oferecido.

Palavras-chave: Roteirização; Caixeiro-Viajante; Flow Shop; Startup; E-commerce.

ABSTRACT

In this study, a smartphone application for grocery shopping in supermarkets is shown. Operational Research techniques are applied to guarantee the quality and the efficiency of the product and solutions to the problems faced by the shop when receiving orders from customers. A Travelling Salesman Problem solution in spreadsheets is applied using the softwares Excel and OpenSolver, to calculate the best route for the picking inside the supermarket. The processing times for a ten order randomly generated sample is calculated. Two scheduling rules are compared (Earliest Release Date and Least Slack Time) and applied to this sample. The LST rule shows great results compared to ERD: there are no delays with LST, while the ERD has a total delay of 14h27min. It was concluded that the route sequencing of the pickers brings no great earnings of time, once the longest times are related to the picking times, and not to the displacement inside the supermarket. On the other hand, the scheduling is extremely important, ensuring that the due dates are not exceeded and guaranteeing the quality of the service.

Keywords: Route Sequencing; Travelling Salesman Problem; Flow Shop; Startup; E-commerce.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Número de pedidos – e-commerce
- Figura 2 - Share do m-commerce no Brasil – Volume transacional
- Figura 3 - Categorias mais vendidas no m-commerce (pedidos) em 2014
- Figura 4 - exemplo de configuração *job shop/open shop*
- Figura 5 - exemplo de configuração *flow shop*
- Figura 6 - Fluxo do cliente
- Figura 7 - Fluxo dos pedidos na loja
- Figura 8 - App Cliente – Seções de Produtos e Escolha de produtos
- Figura 9 - App Cliente – Visualização do carrinho e Escolha de horário para retirada
- Figura 10 - App Loja – Visualização dos pedidos e Definições do pedido
- Figura 11 - Checklist do picking e Controle de horários disponíveis
- Figura 12 - Divisão da planta do supermercado em zonas
- Figura 13 - Matriz de distâncias City Block entre os pontos
- Figura 14 - Matriz de custos para o Caixeiro-Viajante
- Figura 15 - Matriz de variáveis binárias para o Caixeiro-Viajante
- Figura 16 - Matriz de SECs e sequência de nós visitados para o Caixeiro-Viajante
- Figura 17 - Configurações do OpenSolver das figuras 15 a 17
- Figura 18 - Fórmulas das planilhas das figuras 15 a 17
- Figura 19 - Sequência da melhor rota para os dezessete pontos
- Figura 20 - Fluxo de um novo pedido seguindo a política de sequenciamento LST
- Figura 21 - Gráfico de Gantt dos processos de *picking* e *checkout* – Sequenciamento ERD
- Figura 22 - Gráfico de Gantt dos processos de *picking* e *checkout* – Sequenciamento LST

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas x e y de cada zona da loja

Tabela 2 - Rotas e distâncias encontradas para cada pedido

Tabela 3 - Parâmetros utilizados para o cálculo dos tempos de processamento

Tabela 4 - Total de produtos vendidos no peso e na unidade e distância percorrida para cada pedido

Tabela 5 - Tempo de deslocamento, tempos de picking e tempo total de picking

Tabela 6 - Tempo de checkout de produtos vendidos na unidade e no peso e tempo total de checkout

Tabela 7 - Tempos totais de execução dos pedidos

Tabela 8 - Horários de entrada no sistema (*release dates*) e tempos de *picking* e *checkout*, para o sequenciamento ERD

Tabela 9 - Horários de término dos processos de *picking* e de *checkout*, *due dates*, *slacks* e atrasos para o sequenciamento ERD

Tabela 10 - Horários de término dos processos de *picking* e de *checkout*, *due dates*, *slack* e atrasos para o sequenciamento LST

Tabela 11 - Distância percorrida pelo operador com rota não otimizada

Tabela 12 - Tempos de deslocamento otimizados e não otimizados, ganho de eficiência e variação percentual entre os dois tempos

Tabela 13 - Tempos totais de *picking* otimizado e não otimizado e variação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Definição e justificativa do problema abordado.....	10
1.2 Objetivos	10
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	10
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	11
1.3 Metodologia	11
1.4 Estrutura do trabalho	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 E-commerce e varejo no Brasil	13
2.2 Picking	14
2.3 Sequenciamento de rotas	15
2.3.1 <i>Problema do caixeiro-viajante</i>	16
2.3.1.1 <i>Restrições de eliminação de subrotas (SECs)</i>	17
2.4 Sequenciamento da produção.....	19
2.4.1 <i>Classificação</i>	19
2.4.1.1 <i>Determinístico x estocástico</i>	19
2.4.1.2 <i>Estático x dinâmico</i>	19
2.4.1.3 <i>Offline x online</i>	20
2.4.2 <i>Modelos genéricos de sequenciamento</i>	20
2.4.3 <i>Configurações dos processos de produção</i>	21
2.4.4 <i>Sequenciamento online</i>	22
2.4.4.1 <i>Regras de sequenciamento</i>	22
2.4.4.1.1 <i>Regras de sequenciamento estático</i>	23
2.4.4.1.2 <i>Regras de sequenciamento dinâmico</i>	24
3 ESTUDO DE CASO	26

3.1 O aplicativo Pegueleve.....	26
<i>3.1.1 Motivação do aplicativo.....</i>	<i>26</i>
<i>3.1.2 Descrição do aplicativo.....</i>	<i>26</i>
3.2 Descrição do problema.....	30
<i>3.2.1 Problema da roteirização do picking.....</i>	<i>31</i>
<i>3.2.1.1 Divisão da planta do supermercado em zonas.....</i>	<i>32</i>
<i>3.2.1.2 Matriz de distâncias.....</i>	<i>32</i>
<i>3.2.1.3 Aplicação do caixeiro-viajante para os dezessete nós.....</i>	<i>33</i>
<i>3.2.1.4 Aplicação do caixeiro-viajante para os pedidos.....</i>	<i>37</i>
<i>3.2.2 Problema do sequenciamento dos pedidos.....</i>	<i>38</i>
<i>3.2.2.1 Cálculo dos tempos de processamento dos pedidos.....</i>	<i>39</i>
<i>3.2.2.2 Sequenciamento dos pedidos.....</i>	<i>42</i>
<i>3.2.2.2.1 Sequenciamento com base na regra ERD.....</i>	<i>43</i>
<i>3.2.2.2.2 Sequenciamento com base na regra LST.....</i>	<i>45</i>
3.3 Resultados.....	45
<i>3.3.1 Análise do sequenciamento de rotas.....</i>	<i>45</i>
<i>3.3.2 Análise do sequenciamento da produção.....</i>	<i>48</i>
<i>3.3.2.1 Comparação ERD x LST.....</i>	<i>48</i>
4 CONCLUSÃO.....	50
4.1 Considerações.....	50
4.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	50
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE A – DETALHAMENTO DOS PRODUTOS DOS PEDIDOS 1 A 3.....	53
APÊNDICE B – DETALHAMENTO DOS PRODUTOS DOS PEDIDOS 4 A 6.....	54
APÊNDICE C – DETALHAMENTO DOS PRODUTOS DOS PEDIDOS 7 A 10.....	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição e justificativa do problema abordado

A modernidade e a tecnologia, ao longo do tempo, permitiram que o homem pudesse, cada vez mais, dedicar-se a tarefas cada vez menos operacionais, deixando este tipo de trabalho para máquinas e sistemas automatizados. Ao mesmo tempo, as pessoas têm cada vez menos tempo para realizar atividades corriqueiras.

Apesar de todo o avanço em busca da melhoria da qualidade de vida das pessoas, algumas tarefas ainda continuam sendo obrigatórias, até que se implemente uma nova tecnologia que consiga fazer essa atividade no lugar dos humanos, ou pelo menos deixe a experiência menos frustrante. Exemplos disso são o caixa eletrônico, que diminuiu consideravelmente a ida das pessoas às agências de banco, e os sistemas de *drive thru*, que agilizaram os processos de pedido em locais como redes de *fast food*.

Um problema que se encaixaria nessa categoria de problemas da vida urbana é a ida ao supermercado: a experiência de ser obrigado a ir à loja, perder tempo procurando produtos e mais tempo em fila, faz com que as pessoas fiquem ainda mais estressadas após um dia de trabalho.

Uma tecnologia que auxiliasse as pessoas no processo de compras no supermercado permitiria que o tempo livre fosse gasto de forma agradável e em atividades que tragam uma maior qualidade de vida. Pensando nisso, é proposta uma solução tecnológica que permita ao cliente escolher suas compras remotamente e pegá-las apenas de passagem, em uma espécie de sistema *drive thru*.

Para que a tecnologia consiga atingir as expectativas do consumidor, o tempo é um fator fundamental, além das funcionalidades de lista de compras, escolha de produtos, etc.

O sistema seria capaz de fornecer informações quanto à fila de clientes em espera, além de estimar o tempo em que o pedido estaria pronto e à disposição do cliente. O problema então consiste em calcular de forma aproximada, mas confiável, o tempo total para a separação do pedido, fazendo uso de técnicas de pesquisa operacional, tais como roteirização e sequenciamento da produção.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral propor um projeto de aplicativo para compras em supermercados que faça uso de tecnologia de pesquisa operacional para conseguir fornecer ao cliente uma melhor estimativa do tempo de atendimento dos pedidos.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Compreender e estudar o processo de separação de pedidos (*picking*) e roteirização aplicados a um supermercado;
- b) Compreender e estudar o sequenciamento da produção;
- c) Modelar a roteirização utilizando os *softwares* Excel e OpenSolver;
- d) Simular o sequenciamento utilizando os *softwares* Excel;
- e) Avaliar o impacto das alterações no processo sobre a eficiência, simulando sob diferentes cenários e comparando os resultados.

1.3 Metodologia

Este trabalho apresenta primeiramente uma pesquisa bibliográfica da Pesquisa Operacional, abordando métodos de roteirização, o problema do Caixeiro Viajante e métodos de estimação de tempo de fila. Especialmente o processo separação e preparação de pedidos em armazéns será exposto com mais detalhes, uma vez que é a peça chave na composição do tempo total.

Para o estudo de caso, foram coletados dados de um supermercado em Fortaleza, CE, tais como layout e produtos.

É aplicado, então, o método proposto para estimar ao cliente do aplicativo o tempo total de separação do pedido. Tais pedidos são fictícios, gerados aleatoriamente a partir da base de produtos do supermercado.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho está dividido em quatro capítulos: introdução, fundamentação teórica, estudo de caso e conclusão.

No capítulo um, é contextualizado o estudo, descrevendo o problema abordado. Em seguida, são definidos os objetivos do trabalho e é mostrada a metodologia utilizada.

No segundo capítulo, é feita uma breve ambientação do setor de *e-commerce* e sua relação com o varejo no Brasil. É descrito o processo de *picking* em armazéns, assim como o sequenciamento de rotas, explicando-se brevemente o problema do caixeiro-viajante. São apresentados conceitos de sequenciamento da produção e algumas configurações de processos.

No capítulo três, é apresentada a metodologia utilizada no trabalho, que serve como guia para o planejamento e execução das atividades. O processo em estudo é descrito, assim como é explicado como os dados foram coletados e tratados, apresentando os resultados obtidos. Os resultados são então discutidos, com a comparação dos métodos utilizados.

No capítulo quatro, são feitas as considerações finais. São apontados os benefícios do estudo e a verificação dos objetivos atingidos, são mostradas as limitações do estudo e são feitas sugestões para trabalhos futuros.

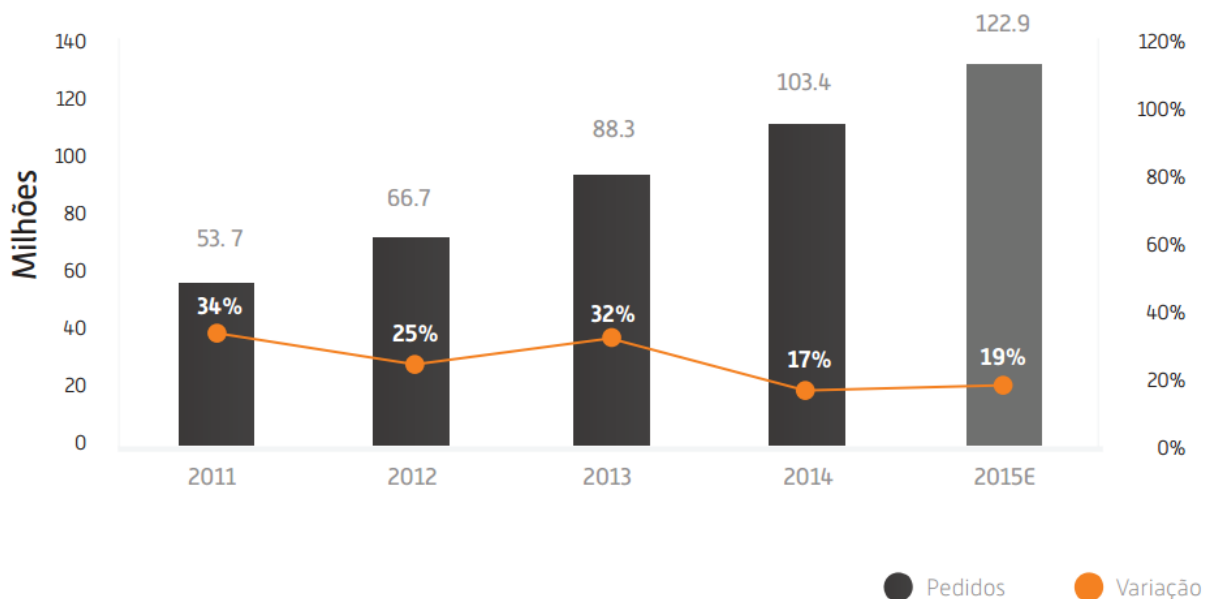
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 E-commerce e varejo no Brasil

O número de pessoas com *smartphones* só tem aumentado nos últimos anos. No Brasil, de acordo com Beleza (2015), o número já ultrapassa os 70 milhões de pessoas, contra 42,5 milhões em 2014. O que equivale a um aumento de aproximadamente 64% em pouco mais de um ano. Desses 70 milhões, 47% estão na região sudeste do país, enquanto que o nordeste detém cerca de 23% dos usuários.

Cerca de 62 milhões de pessoas já fizeram alguma compra online. Em 2015, cerca de 120 milhões de pedidos foram feitos eletronicamente (*e-commerce*), como pode ser visto na figura 1 (E-BIT, 2015).

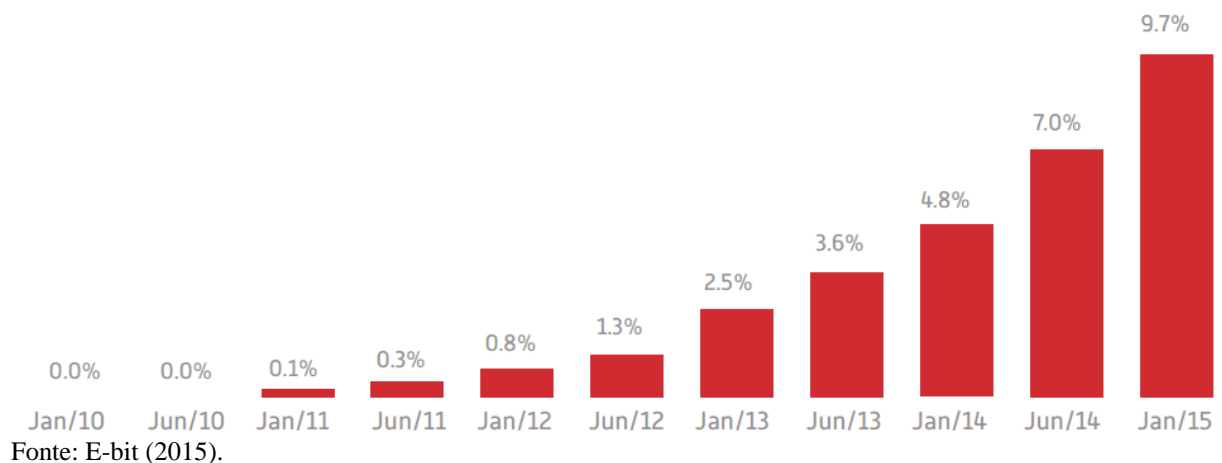
Figura 1 - Número de pedidos – e-commerce



Fonte: E-bit (2015).

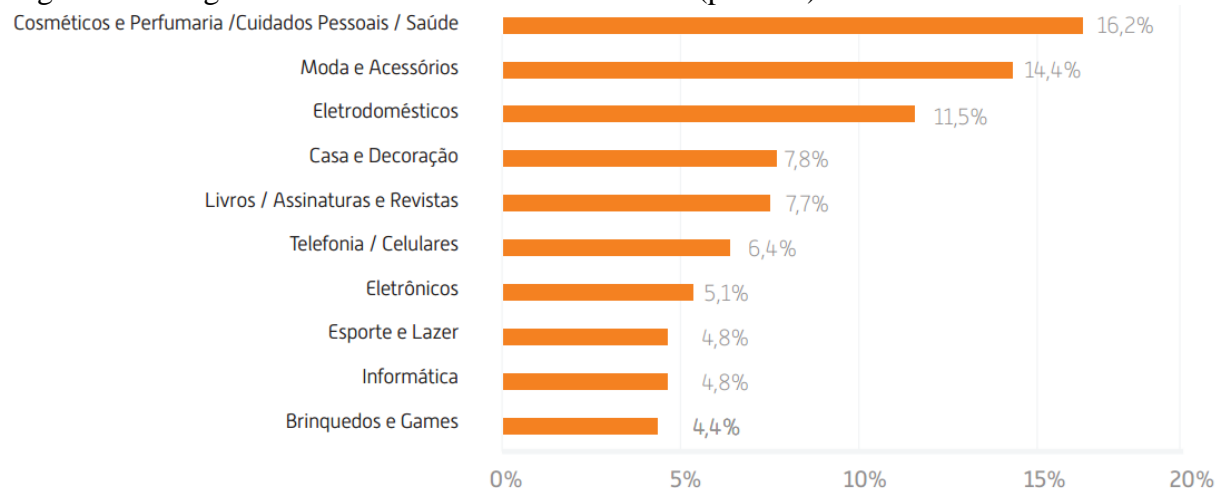
O *m-commerce* (compras realizadas por meio de aparelhos móveis como smartphones ou tablets), representa aproximadamente 10% desse total de pedidos, o que equivale a pouco mais de 12 milhões de pedidos (E-BIT, 2015).

Figura 2 - Share do m-commerce no Brasil – Volume transacional



As categorias de produtos mais vendidas no m-commerce são a de cosméticos, moda e eletrodomésticos, representando mais de 40% das compras (E-BIT, 2015).

Figura 3 - Categorias mais vendidas no m-commerce (pedidos) em 2014



O setor supermercadista no Brasil fatura cerca de R\$ 300 bilhões por ano. No Ceará, o número chega a aproximadamente R\$ 5 bilhões (ABRAS, 2015). Apenas 1% dos supermercados do Brasil já tem presença virtual e oferecem opção de compras pela internet. Dos 500 maiores supermercados, somente 6% atuam no varejo virtual (PALENCIA, 2016).

2.2 Picking

Nos armazéns e centros de distribuição, os produtos devem ser retirados de seus locais específicos de estocagem, à medida que chegam os pedidos dos clientes (KOSTER; POORT, 1998). Segundo Shih (2005), é uma etapa de extrema importância, pois é nela que os

produtos são reunidos para que se possa atender os pedidos. Ainda conforme Koster e Poort (1998 *apud* DRURY, 1988), o processo de picking é o mais trabalhoso dos processos em um armazém, podendo representar até 60% das atividades.

Segundo Azadnia et al. (2013), existem três estratégias principais de *picking* em um armazém:

- a) Picking discreto: cada operador pega um pedido por vez. É o tipo mais básico de picking. É o menos eficiente, uma vez que requer um elevado deslocamento dos operadores, causando grandes tempos de deslocamento;
- b) Picking por zona: os operadores são designados para uma área específica da área de picking. O operador de cada zona é responsável por coletar todos os produtos localizados em sua área;
- c) Picking por lote: um operador pode pegar mais de um pedido por vez. Diminui os tempos de deslocamento, pois os operadores podem retirar o mesmo produto para dois pedidos distintos, sem que haja necessidade de voltar ao local.

2.3 Sequenciamento de rotas

De maneira geral, o transporte pode representar até dois terços dos custos logísticos totais. Tendo isso em vista, a roteirização é a atividade que busca os melhores trajetos que um veículo, ou operador, deve fazer através de uma malha, visando minimizar os tempos ou a distância e, conseqüentemente, os custos (BALLOU, 2001).

Segundo Ballou (2001), os problemas de roteirização podem ser divididos em três grandes grupos:

- a) Um ponto de origem e um ponto de destino: o veículo, ou operador, sai de um ponto, passa por uma rede de caminhos e chega ao destino. O problema consiste em descobrir qual caminho tomar para minimizar o tempo, a distância, ou uma combinação de ambos (BALLOU, 2001). É o problema resolvido pelos aplicativos de mapas, como Google Maps ou Waze, que indicam para o motorista que rota ele deve tomar para que chegue mais rápido ao destino. Em alguns casos, tais *softwares* utilizam informações em tempo real do trânsito e sugerem que o motorista tome uma rota, por muitas vezes, mais longa, mas que pode ser concluída em menos tempo;
- b) Ponto de origem e destino múltiplos:

Quando existirem múltiplas fontes capazes de servir múltiplos destinos, haverá o problema de combinar tais destinos e tais fontes, a fim de encontrar as melhores rotas. É o que acontece quando se tem, por exemplo, mais de um armazém para atender a mais de um cliente com o mesmo produto. (BALLOU, 2001, p. 195);

c) Pontos de origem e destino coincidentes:

É uma extensão do problema dos pontos distintos de origem e destino, com a diferença de que a viagem só é considerada completa quando o veículo retorna à origem. É o problema enfrentado por exemplo por distribuidoras, em que o caminhão é carregado com os pedidos, faz a rota para as entregas e, ao final, deve retornar ao centro de distribuição. (BALLOU, 2001, p. 196);

Esse problema é conhecido na literatura como o “problema do caixeiro viajante”, ou *Travelling Salesman Problem* (TSP).

2.3.1 Problema do caixeiro-viajante

Segundo Rasmussen (2010), o problema do caixeiro viajante (TSP) é fácil de descrever: um vendedor precisa visitar todos os seus clientes, localizados em diferentes cidades na região, e quer encontrar a rota mais barata e que garanta que ele tenha visitado todas as cidades. A mesma abordagem pode ser utilizada para o problema de picking: um operador deve coletar diferentes produtos de um pedido, localizados em diferentes zonas de um armazém, e quer encontrar a rota mais barata (mais curta) e que garanta que ele tenha coletado todos os produtos.

No entanto, o problema não é de fácil formulação matemática, e é relativamente difícil de se resolver. A formulação matemática do problema utiliza uma estrutura de rede. As cidades são chamadas de nós, e as estradas que as conectam são chamadas de arcos. O conjunto de nós a serem visitados é definido como $N = \{1, 2, \dots, n\}$, onde n é o número total de nós (também chamado de *tamanho* do TSP), e o conjunto de arcos conectando os nós é definido como $A = \{(i,j) : i, j \in N, i \neq j\}$, onde o par (i,j) indica o arco entre o nó i e j . Quando existem conexões diretas entre todos os pares de nós, existe um grafo completo. A suposição básica padrão é restringir o número de visitas a exatamente uma para cada nó. Uma definição comum para o conjunto de variáveis de decisão é $X \equiv \{x_{ij} : i, j \in N, i \neq j\}$, onde $x_{ij} = 1$ se o caixeiro viaja do nó i para j (o nó i é visitado imediatamente antes ao j), e 0 em caso contrário. A matriz de custos é definida como $C = \{c_{ij} : i, j \in N, i \neq j\}$ e, geralmente, é positiva, onde c_{ij} representa o custo de atravessar o caminho existente entre o nó i e o nó j . Uma suposição padrão é a de que a matriz de custos é simétrica, $c_{ij} = c_{ji}$, ou seja, o custo nos dois sentidos (AB ou BA) é o mesmo. Outra suposição comum é assumir a desigualdade triangular; $c_{ij} +$

$c_{jk} \geq c_{ik} \forall i, j, k \in N$, a conexão direta entre dois nós é sempre a mais barata (RASMUSSEN, 2010).

Uma premissa básica é assumir que o caixeiro viajante deve retornar ao nó onde ele começa a rota. Esse nó é geralmente chamado de cidade base. Essa hipótese é chamada de *closed tour* (sequência fechada). Qualquer nó pode ser escolhido como o nó inicial, mas por razões práticas, o nó 1 foi escolhido como nó inicial (RASMUSSEN, 2010).

Para o TSP com *closed tour*, que se refere ao TSP em que o caixeiro deve retornar ao nó inicial, uma possível formulação seria:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \forall j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \forall i \in N \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, j \in N \quad (4)$$

Além destas, restrições de eliminação de subrotas (*subtour elimination constraints* – SECs) são necessárias. As restrições (2) e (3) são as restrições padrão e garantem que cada nó só será visitado uma única vez. A função objetivo (1) minimizará o custo total de todos os arcos utilizados para se completar a sequência. Em (4), garante-se que as variáveis de decisão serão binárias.

$$x_{ij} \leq e_{ij}, \forall i, j \in N \quad (5)$$

Em (5), estabelece-se um novo parâmetro (e_{ij}), que é igual a 1 caso o nó i esteja diretamente conectado ao nó j , e igual a 0 em caso contrário. O que garante que os arcos $x_{i,i}$, a diagonal da matriz, não serão utilizados. Tais arcos possuem custo igual a zero, pois referem-se ao deslocamento de um nó a ele próprio (AA).

2.3.1.1 Restrições de eliminação de subrotas (SECs)

Ainda segundo Rasmussen (2010), uma parte fundamental do TSP é certificar-se de que o *tour* (sequência) é contínuo, que os arcos são conectados desde a cidade base por todo o caminho visitado. Sem tais restrições, poderão surgir soluções contendo *tours* entre nós intermediários e não conectados à cidade base. As SECs originais foram formuladas por

Dantzig-Fulkerson-Johnson (DFJ) (Dantzig et al., 1954). A solução proposta por Dantzig introduz um número exponencial de restrições, tornando o modelo impraticável até mesmo para TSPs de pequeno porte. Uma outra SEC proposta por Miller-Tucker-Zemlin (MTZ) (Miller et al., 1960) introduz apenas um máximo (em uma matriz $N \times N$, a primeira coluna, primeira linha e a diagonal são excluídas) de $(n-2)^2$ restrições, com a desvantagem de um relaxamento LP fraco:

$$u_i - u_j + 1 \leq (n - 1)(1 - x_{i,j}) \quad \forall (i,j) \in A, : i,j \neq 1 \quad (6)$$

Em (6), um novo conjunto de variáveis $U = \{u_i : i \in N, i \neq 1\}$ é necessário. Os u_i são números reais arbitrários, mas podem ser classificados como inteiros não-negativos, representando a sequência de nós que estão sendo visitados. Por conveniência, pode-se adicionar $u_i \equiv 1$ (o nó 1 é cidade base), e limitar a variação de u_i , ajudando o *software* de otimização.

$$2 \leq u_i \leq n \quad \forall i > 1 \in N \quad (7)$$

As MTZ SECs serão utilizadas, e possuem as seguintes propriedades:

- a) O nó 1 deve ser a cidade base;
- b) Elas certificam que todo nó visitado pertence a um *tour* conectado à cidade base, eliminando as subrotas;
- c) Permitem que os nós sejam visitados mais de uma vez (a menos que outras restrições previnam tais soluções);
- d) Não requerem que todos os nós sejam visitados (a menos que outras restrições o requeiram);
- e) Permitem que arcos unidirecionais sejam utilizados em ambos os sentidos no mesmo *tour*.

De acordo com Rasmussen (2010), uma fraqueza fundamental das MTZ SECs é que a viabilidade e a solução final podem depender de qual nó for escolhido como cidade base. Elas podem falhar em encontrar a solução ótima global, quando a mesma exigir que alguns nós sejam visitados mais de uma vez. Elas nunca falharão se a solução ótima global visitar cada nó apenas uma vez.

2.4 Sequenciamento da produção

O sequenciamento da produção é essencial nas atividades de manufatura para permitir uma produção efetiva em custo e em prazos, e assim cumprir os *deadlines* dos produtos, bem como seu padrão de qualidade. No ambiente real, os *jobs* são inicialmente atribuídos ao o limitado número de recursos em um determinado horizonte de tempo. A sequência dos jobs a serem processados nos recursos individuais são então determinadas sob algum critério associado a pelo menos uma medida de performance. O sequenciamento obtido dessa maneira é lançado ao chão de fábrica como informação para controlar as atividades de produção (SUWA; SANDOH, 2013).

2.4.1 Classificação

Uma grande variedade de modelos de sequenciamento pode ser classificada de acordo com sua natureza. As classificações mais comuns são mostradas a seguir.

2.4.1.1 Determinístico x estocástico

Segundo Suwa e Sandoh (2013), essa classificação é frequentemente observada na Engenharia de Produção e na Pesquisa Operacional, e leva em conta três propriedades principais: ambientes de produção, propriedades dos *jobs* e funções objetivo.

Um modelo de sequenciamento é classificado como determinístico se todos os seus atributos necessários para a sua construção são conhecidos com antecedência, ou seja, o número de *jobs* e o número de máquinas disponíveis são, a priori, fixos e conhecidos, e os valores de outros atributos associados com jobs e máquinas são também constantes e conhecidos.

Quando um ou mais atributos são expressos por variáveis aleatórias, o modelo de sequenciamento é chamado de estocástico.

2.4.1.2 Estático x dinâmico

Essa classificação enfatiza as circunstâncias em que as decisões de sequenciamento são efetivamente feitas, ao contrário da classificação anterior, que trata das propriedades dos *jobs* e ambientes de produção.

Em linhas gerais, um problema de sequenciamento é estático se as *release dates* (hora de lançamento) dos *jobs* a serem processados são conhecidas com antecedência. Caso as *release dates* dos *jobs* tenham um comportamento estocástico, o problema de sequenciamento é considerado dinâmico.

O sequenciamento estático não leva em consideração como o sequenciamento existente está ocorrendo. Dessa maneira, um problema de sequenciamento com natureza estática pode ser classificado também como determinístico (SUWA; SANDOH, 2013).

2.4.1.3 Offline x online

A interpretação de modelos de sequenciamento e problemas descrita acima vem da academia. Uma classificação mais utilizada atualmente é a de *offline x online*. O sequenciamento *offline* pode ser considerado um sequenciamento estático, ou seja, o problema de sequenciamento é estático.

O sequenciamento *online* pode ser dividido em duas fases:

- a) *Dispatching* (designação);
- b) *Schedule revisions* (revisão do sequenciamento).

O *dispatching* é realizado em duas etapas: (1) selecionar um único *job* entre um conjunto de *jobs* em espera com base em critérios adequados e (2) designá-lo a uma máquina disponível. Os critérios, ou regras, nessa abordagem são chamados de *priority rules* ou *dispatching rules* (regras de prioridade) (SUWA; SANDOH, 2013).

2.4.2 Modelos genéricos de sequenciamento

Segundo Suwa e Sandoh (2013), nos últimos cinquenta anos, um número considerável de diferentes modelos determinísticos foi desenvolvido, fornecendo especificações para uma série de problemas de sequenciamento. Sob tais especificações, os modelos determinísticos consideram que o número n de *jobs* e o número m de recursos são finitos e nunca mudam. Recursos se referem às forças de trabalho. O termo *machine* (máquina) é utilizado para representar um recurso funcional. Na literatura, os problemas de sequenciamento determinísticos são tradicionalmente conhecidos como *machine scheduling problem* (problema de sequenciamento de máquinas).

Cada *job* ($j = 1, 2, \dots, n$) consiste de várias tarefas e possui os seguintes atributos:

- a) *Release date* (r_j): é a hora em que o *job* j chega ao sistema de produção, que equivale ao tempo mais cedo que se pode começar a processar o *job* j ;
- b) *Due date* (d_j): é a hora em que o *job* j deve ser completado. Equivale ao prazo prometido ao cliente;
- c) *Processing time* (p_{jk}): representa o tempo necessário para se processar a tarefa do *job* j na *machine* k ;
- d) *Weight factor* (w_j): expressa o custo relativo ou o grau de importância do *job* j frente aos outros *jobs*.

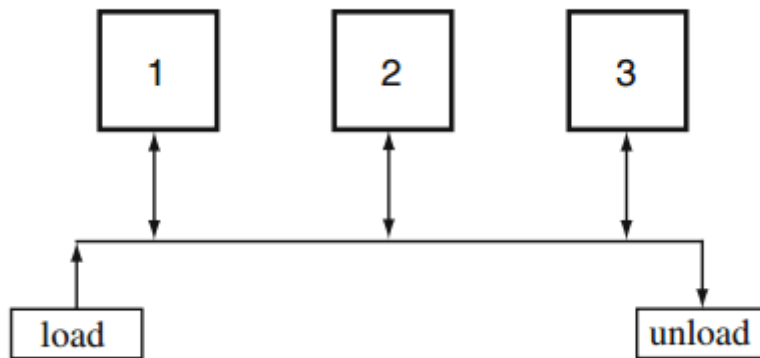
2.4.3 Configurações dos processos de produção

Para Suwa e Sandoh (2013), os processos podem ser configurados em três tipos básicos, que possuem variações, gerando configurações avançadas. São eles:

- a) *Job shop*: nessa configuração, cada *job* possui sua própria sequência de máquinas em que deve ser processado. A sequência de máquinas de um *job* não é necessariamente igual à dos outros *jobs*. A sequência de máquinas é conhecida na literatura como *job routing*. A figura 4 mostra uma configuração *job shop* com três máquinas. O problema de *job shop* generalizado seria o problema em que cada *job* tem que ser processado em cada uma das máquinas pelo menos uma vez, não necessariamente na mesma sequência;
- b) *Open shop*: Na configuração *open shop*, os *jobs* não possuem uma sequência ou rota predeterminada, ou seja, não existem relações de precedência entre as tarefas em cada *job*. A rota é aberta (*open*), assim, a rota de cada *job* é decidida por um scheduler (sequenciador). O problema do *open shop* está em encontrar tanto uma sequência de máquinas para cada *job*, como uma ordem de *jobs* para cada máquina, como pode ser visto na figura 4.
- c) *Flow shop*: No ambiente *flow shop* com m máquinas em série, os *jobs* devem ser processados na mesma sequência de máquinas. Por exemplo, os *jobs* devem ser processados na máquina 1, ir para máquina 2, e assim por diante. A figura 5 mostra um típico ambiente *flow shop* com três máquinas. O modelo clássico considera que a sequência de *jobs* em cada máquina é exatamente a mesma. Existem variações do ambiente *flow shop*. Uma delas é o *flow shop* modificado (*modified flow shop problem*), em que os *jobs* podem entrar em qualquer uma das máquinas, seguir por um número predeterminado de máquinas, e sair do

sistema em qualquer uma das máquinas. Outra variação é o *flow shop* híbrido (*hybrid flow shop*), que consiste de células de manufatura que são estruturadas como ambientes *flow shop* multi-estação (*multi-station flow shop*).

Figura 4 - exemplo de configuração *job shop/open shop*



Fonte: Suwa e Sandoh (2013).

Figura 5 - exemplo de configuração *flow shop*



Fonte: Suwa e Sandoh (2013).

2.4.4 Sequenciamento online

A literatura considera que, no sequenciamento *offline*, todas as informações dos *jobs*, como número de *jobs*, as *release dates* e os *processing times*, são todos conhecidos com antecedência. Já o sequenciamento *online* é definido como o sequenciamento em que os *jobs* chegam um por um para serem designados às máquinas tão logo quanto cheguem, e que, antes da chegada dos *jobs*, não existe nenhuma informação sobre eles disponível (SUWA; SANDOH, 2013).

2.4.4.1 Regras de sequenciamento

O sequenciamento *online* consiste no *dispatching* (designação) e revisões. O *dispatching* é a alocação de um *job*, depois de um outro *job*, a uma máquina, de acordo com

as regras predeterminadas (*dispatching rules*), enquanto que a revisão é o ato de modificar ou ajudar o sequenciamento atual para atender às mudanças no ambiente de produção.

No processo de *dispatching*, cada *job* que está em espera para ser processado possui um índice de prioridade. O *job* com a maior prioridade é escolhido para ser processado dentre os *jobs* em espera, ou todos os *jobs* em espera são ordenados em sequência decrescente de prioridade. A segunda abordagem é conhecida como *sequencing* (sequenciamento).

No sequenciamento online, as heurísticas utilizadas para o *dispatching* são chamadas de *scheduling rules* (regras de sequenciamento). As regras de sequenciamento podem ser divididas em três grandes grupos: estáticas (*static dispatching rules*), dinâmicas (*dynamic dispatching rules*) e adaptativas (*adaptative rules*) (SUWA; SANDOHI, 2013).

Aqui, serão descritas as regras estáticas e dinâmicas, que possuem os seguintes parâmetros:

- a) $N(t)$ = conjunto de *jobs* em espera no tempo t ;
- b) $I_j(t)$ = índice de prioridade do *job* j em $N(t)$;
- c) r_j = release date do *job* $j \in N(t)$;
- d) p_j = processing time (tempo de processamento) do *job* $j \in N(t)$;
- e) d_j = due date do *job* $j \in N(t)$;
- f) w_j = peso do *job* $j \in N(t)$;
- g) $v_j(t)$ = tempo de processamento restante do *job* $j \in N(t)$ ($0 \leq v_j(t) \leq p_j$).

2.4.4.1.1 Regras de sequenciamento estático

As regras de sequenciamento estático são compostas por atributos estáticos, como p_j , r_j e d_j , que são constantes e independentes do tempo já transcorrido. As principais regras desse tipo são descritas a seguir:

- a) Earliest Release Date (ERD):

O índice de prioridade I_j do *job* j é dado por:

$$I_j = 1/r_j \quad (8)$$

A regra ERD é equivalente à regra FIFO (First In First Out), ou PEPS (Primeiro que Entra Primeiro que Sai). Os *jobs* em $N(t)$ são ordenados em ordem decrescente de prioridade $I_j(t)$, ou ordem crescente de r_j ;

- b) Earliest Due Date (EDD):

O índice de prioridade I_j do *job* j é dado por:

$$I_j = 1/d_j \quad (9)$$

Os *jobs* em $N(t)$ são ordenados em ordem não-decrescente de d_j . A regra EDD pode prover uma solução ótima para o problema de sequenciamento estático com uma máquina (*single machine static scheduling*) em que o atraso é minimizado;

c) Shortest Processing Time (SPT):

O índice de prioridade I_j do *job* j é dado por:

$$I_j = 1/p_j \quad (10)$$

Os *jobs* em $N(t)$ são ordenados em ordem não-decrescente de p_j . A regra SPT pode prover uma solução ótima para o problema de sequenciamento estático com uma máquina (*single machine static scheduling*) que minimiza o tempo de conclusão total.

2.4.4.1.2 Regras de sequenciamento dinâmico

As regras de sequenciamento dinâmico utilizam atributos dinâmicos que são dependentes do tempo t , em adição aos atributos estáticos como tempos de processamento. A prioridade dos jobs varia com o tempo. O índice de prioridade, $I_j(t)$, utiliza o o tempo t para denotar a prioridade do *job* j , em vez do I_j , utilizado no sequenciamento estático. Existem várias regras desse tipo, como a *Critical Ratio* (CR), *Modified Due Date* (MDD) e a *Apparent Tardiness Cost* (ATC). Aqui, será descrita a regra utilizada no estudo de caso deste trabalho, que é conhecida como *Minimum Slack Time* (MST), ou Menor Tempo de Folga.

a) Minimum Slack Time (Least Slack Time) (MST, LST):

A prioridade do *job* j , não atrasado, em $N(t)$ é dada por:

$$I_j(t) = 1/(d_j - v_j(t) - t) \quad (11)$$

Para um *job* atrasado, é dado um índice de prioridade mais alto (por exemplo, $I_j(t) > 1$), para que o mesmo seja processado primeiro.

A folga (*slack*) é dada então pela equação 12:

$$\textit{Slack} = (d_j - v_j(t) - t) \quad (12)$$

3 ESTUDO DE CASO

3.1 O aplicativo Pegueleve

3.1.1 *Motivação do aplicativo*

Pegueleve é uma tecnologia e serviço orientado a atender às demandas do mercado de varejo referentes ao relacionamento entre clientes e lojas físicas por meio do ambiente online. Em outras palavras, a solução se posiciona como um “*shopping center virtual*” no ambiente *online mobile* com entrega dos produtos no mesmo dia da compra por meio de um *drive thru*. Nesse ambiente, portanto, haverá lojas virtuais que atendam às necessidades de localização, comodidade e urgência do cliente final em diversos segmentos como: mercados, alimentação, moda, etc.

Como primeiro passo rumo a essa visão, será promovida uma solução para o problema da venda online de supermercados, que atualmente opera por meio de entrega em domicílio (*delivery*). O modelo *delivery* apresenta algumas limitações para o cliente final, o que não permite a disseminação deste modelo para compras online de supermercados. Dentre essas limitações, está o fato de a entrega não ser imediata e de ser necessário reservar uma grande janela de horário para recebimento das compras. Esses fatores impedem uma experiência de compra satisfatória. Como a demanda atual para esse serviço ainda é baixa e os pedidos são feitos em horários muito espaçados, não é possível otimizar a rota para a entrega dos pedidos, a fim de tornar a operação mais eficiente e, conseqüentemente, mais barata.

Diante deste cenário, o Pegueleve pretende oferecer um serviço de *drive thru* integrado ao *shopping virtual mobile*, de modo que o cliente possa realizar suas compras utilizando o aplicativo *online* e passar na loja para recolher o pedido no horário mais oportuno. Isso será possível através de soluções tecnológicas de informação, dentre elas: aplicativos móveis integrados por meio de API, integração com os diversos tipos de *software* do mercado (sistemas de gestão de estoque de lojas de varejo), geolocalização, engenharia de otimização da operação de compras, sistema de pagamento online, possibilitando fazer todo o procedimento de compra por uma plataforma totalmente *mobile*.

3.1.2 *Descrição do aplicativo*

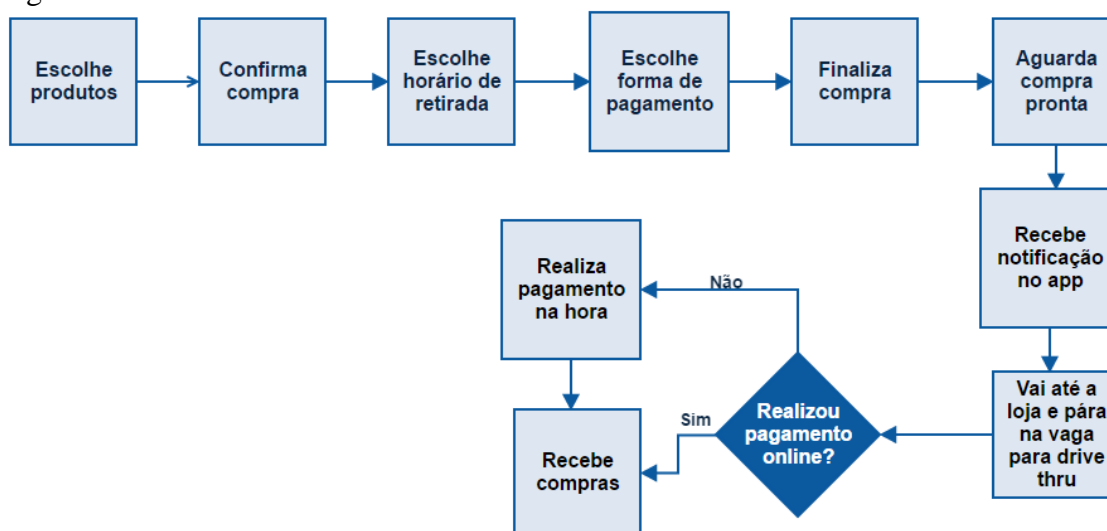
O Pegueleve atualmente é uma aplicação mobile na plataforma Android, que conecta consumidor e varejo físico. São dois aplicativos distintos, um para o consumidor, em que é possível navegar pela loja virtual, escolher os produtos e efetuar o pagamento, e outro para o lojista, em que se pode gerenciar os pedidos recebidos, verificar as horas-limite para entrega de cada pedido, assim como ordená-los em uma fila de prioridade.

Os dois aplicativos estão em fase de ajustes e testes. O modelo de gestão de estoques da vitrine virtual e o ordenamento e gerenciamento automático de pedidos estão em fase de desenvolvimento.

A seguir, são mostrados os fluxos do cliente (FIGURA 6), desde o momento do pedido (*online*) até o momento de retirada do pedido (*offline*), assim como o fluxo dos pedidos na loja (FIGURA 7).

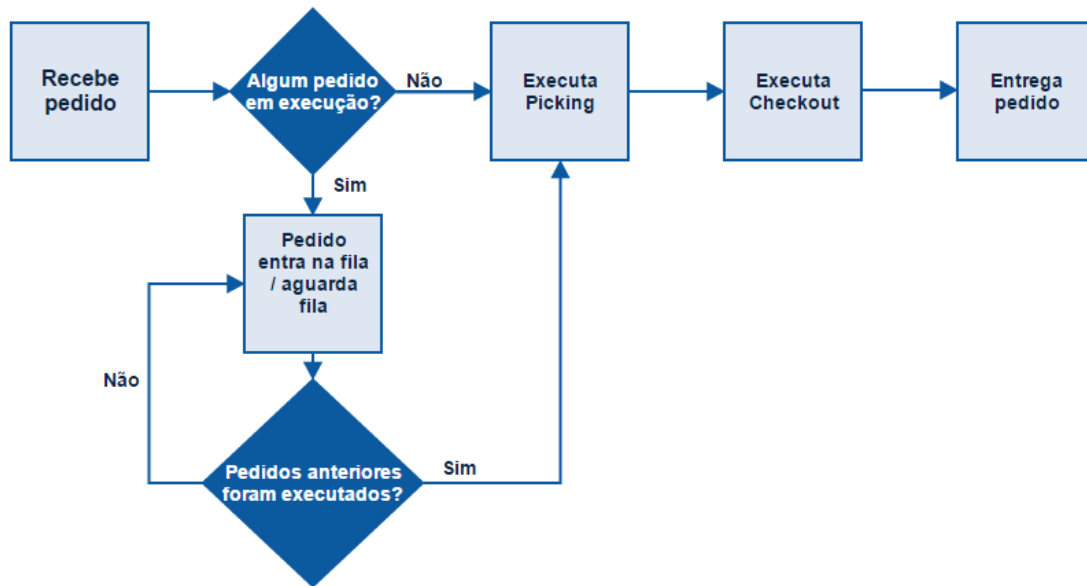
O processo de compra inicia no meio *online* e se encerra no meio *offline*, na hora da retirada do pedido. O pagamento pode ter sido feito no momento da compra, via aplicativo, ou pode ser realizado no ato do recebimento das compras, via cartão de crédito ou débito. Os pedidos são recebidos pela loja via aplicativo e são executados conforme o fluxo mostrado na figura 6.

Figura 6 - Fluxo do cliente



Fonte: Elaborado pelo autor

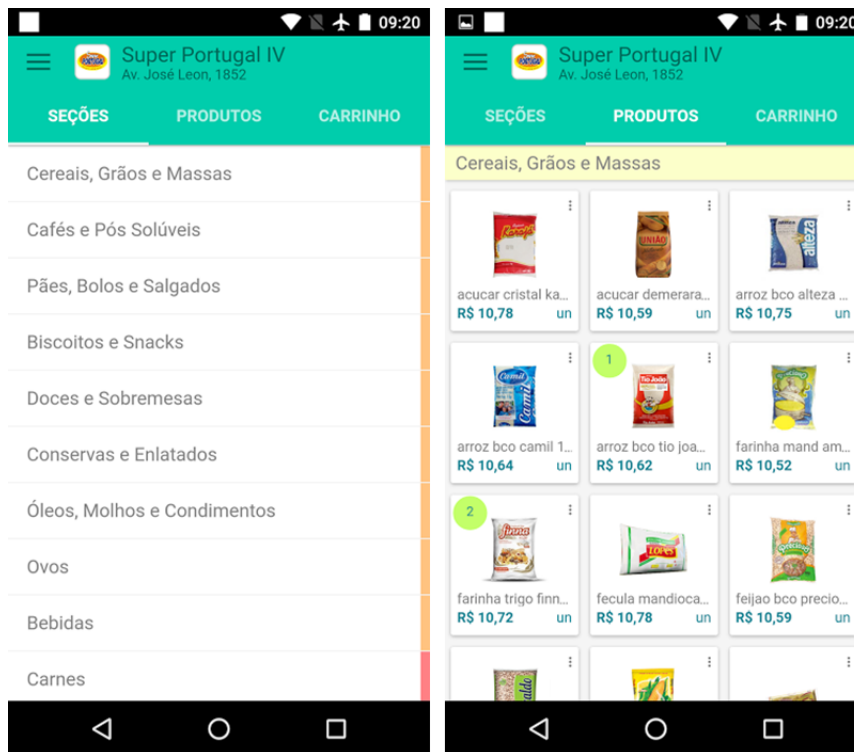
Figura 7 - Fluxo dos pedidos na loja



Fonte: Elaborado pelo autor

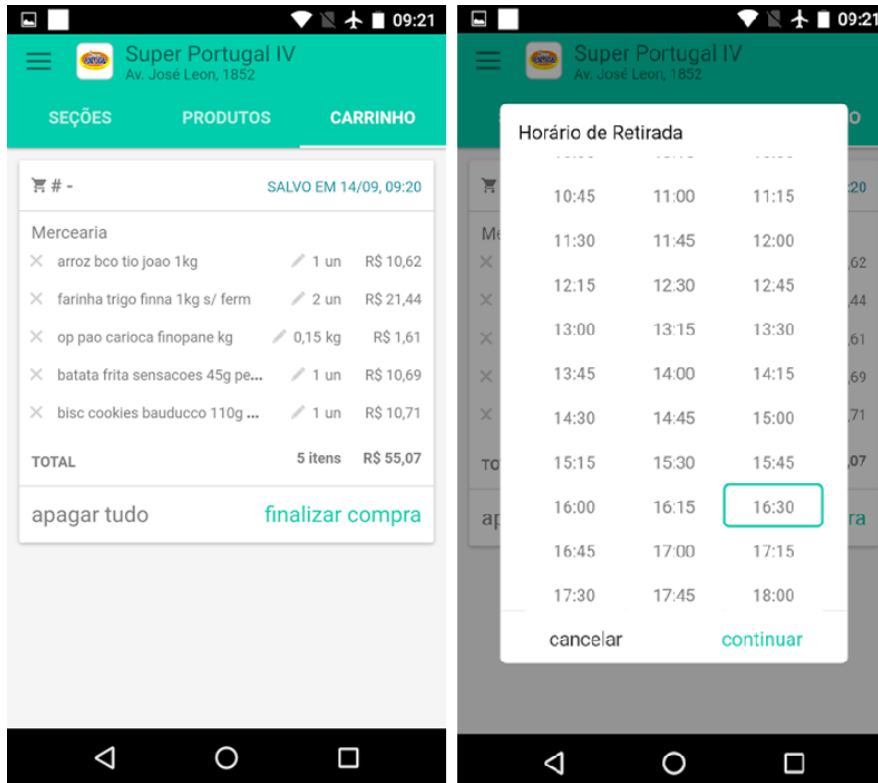
A seguir, são mostradas algumas telas em que é possível visualizar o *layout* do aplicativo do cliente (FIGURAS 8 e 9) e da loja (FIGURAS 10 e 11)

Figura 8 - App Cliente – Seções de Produtos e Escolha de produtos



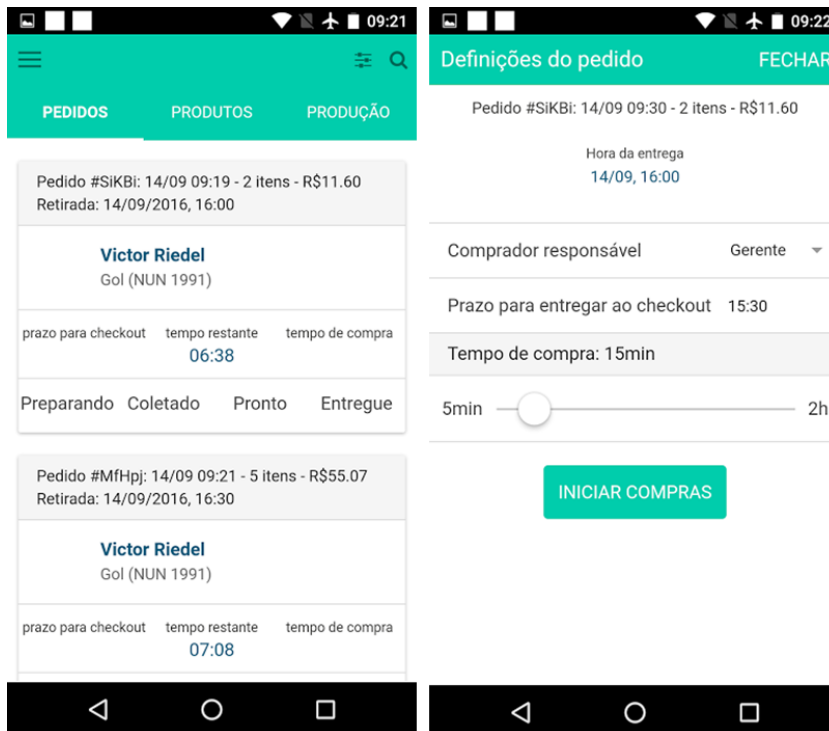
Fonte: Aplicativo Pegueleve

Figura 9 - App Cliente – Visualização do carrinho e Escolha de horário para retirada



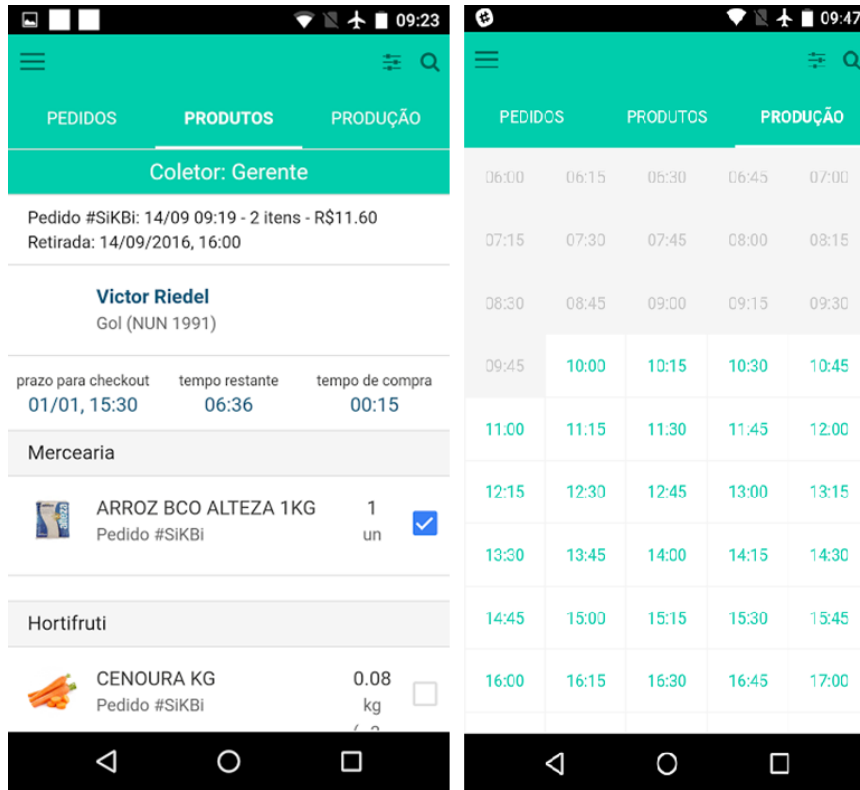
Fonte: Aplicativo Pegueleve

Figura 10 - App Loja – Visualização dos pedidos e Definições do pedido



Fonte: Aplicativo Pegueleve

Figura 11 – Checklist do picking e Controle de horários disponíveis



Fonte: Aplicativo Pegueleve

3.2 Descrição do problema

O estudo foi realizado em um supermercado da cidade de Fortaleza/CE. Tal supermercado fica localizado no Bairro Cidade dos Funcionários. É uma loja de médio porte, com doze *checkouts*, sendo quatro *checkouts* rápidos (para até 10 volumes). Possui 1540m² de área de venda (55m x 28m), cerca de 150 funcionários e faturamento de aproximadamente R\$ 30 milhões anuais.

Cada pedido possui um número distinto de itens (produtos) que estão armazenados em diferentes seções do supermercado. Cada seção possui uma localização no *layout* do supermercado, gerando uma rota diferente a ser seguida, o que leva ao primeiro problema a ser resolvido: a roteirização do pedido.

O processamento dos pedidos ocorre em dois processos distintos, o *picking* e o *checkout*. O ambiente de produção é caracterizado como *flow shop*, uma vez que todos os pedidos têm a mesma sequência de processamento (primeiro *picking* e depois *checkout*).

O *picking* é realizado com o auxílio do aplicativo, que mostra um *checklist* dos produtos a serem coletados, divididos por categoria. Ao coletar um item da lista, o operador

deve marcar a caixa correspondente e passar para o próximo produto da lista, enquanto se desloca pelo supermercado.

O *checkout* é realizado em um dos checkouts rápidos, que foi disponibilizado para ser utilizado apenas para pedidos feitos via aplicativo. O caixa exclusivo ajuda a diminuir os tempos de execução dos pedidos, uma vez que os pedidos feitos via aplicativo não precisam aguardar na fila dos pedidos comuns. Após o *picking*, as compras são repassadas para um outro operador, que fica no processo de *checkout* e entrega de pedidos. Dessa maneira, o operador responsável pelo *picking* pode iniciar a coleta do próximo pedido da fila, enquanto o *checkout* é realizado por outra pessoa. Tal configuração permite que os tempos totais de processamento dos pedidos sejam reduzidos, pois o *picking* do pedido seguinte pode ser iniciado antes do final do *checkout* do pedido anterior.

O segundo problema então, consiste em conciliar os tempos de processamento dos pedidos (tempo de *picking* + tempo de *checkout*) com seus respectivos horários de entrega e, além disso, a cada novo pedido, fazer o resequenciamento da programação, de modo que os clientes possam sempre escolher o horário para entrega mais cedo possível, sem que isso atrase os pedidos antigos.

Dito isto, o problema abordado neste trabalho pode ser dividido em duas partes:

- a) Roteirização do *picking* dos pedidos;
- b) Sequeciamento dos pedidos feitos através do aplicativo.

Tais problemas serão detalhados adiante.

3.2.1 Problema da roteirização do *picking*

Para o problema de roteirização, foi utilizado o seguinte procedimento:

- a) Zoneamento da planta do supermercado, dividida de acordo com as seções de produtos;
- b) Determinação das distâncias entre cada ponto, gerando uma matriz de distâncias;
- c) Aplicação do problema do caixeiro viajante, primeiramente para todos os pontos da matriz, referentes a cada zona do supermercado;
- d) Aplicação do problema do caixeiro viajante para cada matriz de distâncias reduzida, correspondente aos pontos constantes no pedido.

3.2.1.1 Divisão da planta do supermercado em zonas

A área de vendas do supermercado foi dividida em dezessete zonas, de acordo com a disposição dos produtos na loja, sendo que a zona de número um é referente ao ponto de partida e destino do *picking*, pois é onde fica localizado o *checkout* exclusivo. Tal divisão é mostrada a seguir, na figura 12, assim como os produtos localizados em cada uma das zonas.

Figura 12 - Divisão da planta do supermercado em zonas



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.1.2 Matriz de distâncias

Para obter-se a matriz distâncias, primeiramente fez-se necessário listar os dezessete pontos e suas posições nos eixos x e y , assumindo que o eixo x vai de 0 a 55 metros, e o eixo y , de 0 a 28 metros (medidas da loja). Sendo assim, os pontos referentes ao centro de cada zona são mostrados na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Coordenadas x e y de cada zona da loja (continua)

Zona	x	y
1	7	7
2	5	13,5
3	19	5
4	25	5
5	13,5	17,5
6	20,5	17,5
7	27,5	17,5
8	34	17,5
9	40	17,5
10	14,5	26
11	25	26

Tabela 1 - Coordenadas x e y de cada zona da loja (conclusão)

Zona	x	y
12	37	26
13	49,5	25
14	46,5	18,5
15	46,5	12
16	53,5	15
17	49,5	4,5

Fonte: Elaborado pelo autor

As distâncias entre os pontos utilizadas para a análise foram as distâncias City Block, que consideram que somente podem ser feitos deslocamentos na horizontal e na vertical. Tais distâncias representam melhor o deslocamento dentro do supermercado, que tem uma limitação de movimentos devido ao posicionamento das gôndolas pela loja. As distâncias Euclidianas, calculadas através do Teorema de Pitágoras, seriam menores, mas não representariam tão bem a realidade. As equações 13 e 14 correspondem às distâncias Euclidianas e City Block entre dois pontos (p, q), respectivamente. A figura 13 mostra a matriz de distâncias City Block entre os nós, calculadas a partir da equação 1.

$$D(p, q) = \sqrt{(p_x + q_x)^2 + (p_y + q_y)^2} \quad (13)$$

$$D(p, q) = |p_x - q_x| + |p_y - q_y| \quad (14)$$

Figura 13 - Matriz de distâncias City Block entre os pontos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0,00	8,50	14,00	20,00	17,00	24,00	31,00	37,50	43,50	26,50	37,00	49,00	60,50	51,00	44,50	54,50	45,00
2	8,50	0,00	22,50	28,50	12,50	19,50	26,50	33,00	39,00	22,00	32,50	44,50	56,00	46,50	43,00	50,00	53,50
3	14,00	22,50	0,00	6,00	18,00	14,00	21,00	27,50	33,50	25,50	27,00	39,00	50,50	41,00	34,50	44,50	31,00
4	20,00	28,50	6,00	0,00	24,00	17,00	15,00	21,50	27,50	31,50	21,00	33,00	44,50	35,00	28,50	38,50	25,00
5	17,00	12,50	18,00	24,00	0,00	7,00	14,00	20,50	26,50	9,50	20,00	32,00	43,50	34,00	38,50	42,50	49,00
6	24,00	19,50	14,00	17,00	7,00	0,00	7,00	13,50	19,50	14,50	13,00	25,00	36,50	27,00	31,50	35,50	42,00
7	31,00	26,50	21,00	15,00	14,00	7,00	0,00	6,50	12,50	21,50	11,00	18,00	29,50	20,00	24,50	28,50	35,00
8	37,50	33,00	27,50	21,50	20,50	13,50	6,50	0,00	6,00	28,00	17,50	11,50	23,00	13,50	18,00	22,00	28,50
9	43,50	39,00	33,50	27,50	26,50	19,50	12,50	6,00	0,00	34,00	23,50	11,50	17,00	7,50	12,00	16,00	22,50
10	26,50	22,00	25,50	31,50	9,50	14,50	21,50	28,00	34,00	0,00	10,50	22,50	36,00	39,50	46,00	50,00	56,50
11	37,00	32,50	27,00	21,00	20,00	13,00	11,00	17,50	23,50	10,50	0,00	12,00	25,50	29,00	35,50	39,50	46,00
12	49,00	44,50	39,00	33,00	32,00	25,00	18,00	11,50	11,50	22,50	12,00	0,00	13,50	17,00	23,50	27,50	34,00
13	60,50	56,00	50,50	44,50	43,50	36,50	29,50	23,00	17,00	36,00	25,50	13,50	0,00	9,50	16,00	14,00	20,50
14	51,00	46,50	41,00	35,00	34,00	27,00	20,00	13,50	7,50	39,50	29,00	17,00	9,50	0,00	6,50	10,50	17,00
15	44,50	43,00	34,50	28,50	38,50	31,50	24,50	18,00	12,00	46,00	35,50	23,50	16,00	6,50	0,00	10,00	10,50
16	54,50	50,00	44,50	38,50	42,50	35,50	28,50	22,00	16,00	50,00	39,50	27,50	14,00	10,50	10,00	0,00	14,50
17	45,00	53,50	31,00	25,00	49,00	42,00	35,00	28,50	22,50	56,50	46,00	34,00	20,50	17,00	10,50	14,50	0,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.1.3 Aplicação do caixeiro-viajante para os dezessete nós

Primeiramente foi realizada a roteirização para o caso extremo, em que um pedido teria pelo menos um produto de cada seção, obrigando o operador a passar por todos os

dezessete pontos. Para isso, utilizou-se da resolução do problema do caixeiro-viajante com as restrições que eliminam subrotas (SECs) MTZ (Miller, Tucker e Zemlin).

O problema foi resolvido com auxílio do OpenSolver, um add-on para Microsoft Excel. A modelagem do problema em planilhas baseou-se em Rasmussen (2010).

A figura 14 mostra a matriz de custos para esse problema do caixeiro-viajante. Os custos equivalem às distâncias City Block entre os nós. A célula T22 representa a função objetivo, equivalente à equação (1).

Figura 14 - Matriz de custos para o Caixeiro-Viajante

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
2																					
3	Eq 5	Distâncias City Block																			
4			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
5		1	0,00	8,50	14,00	20,00	17,00	24,00	31,00	37,50	43,50	26,50	37,00	49,00	60,50	51,00	44,50	54,50	45,00		
6		2	8,50	0,00	22,50	28,50	12,50	19,50	26,50	33,00	39,00	22,00	32,50	44,50	56,00	46,50	43,00	50,00	53,50		
7		3	14,00	22,50	0,00	6,00	18,00	14,00	21,00	27,50	33,50	25,50	27,00	39,00	50,50	41,00	34,50	44,50	31,00		
8		4	20,00	28,50	6,00	0,00	24,00	17,00	15,00	21,50	27,50	31,50	21,00	33,00	44,50	35,00	28,50	38,50	25,00		
9		5	17,00	12,50	18,00	24,00	0,00	7,00	14,00	20,50	26,50	9,50	20,00	32,00	43,50	34,00	38,50	42,50	49,00		
10		6	24,00	19,50	14,00	17,00	7,00	0,00	7,00	13,50	19,50	14,50	13,00	25,00	36,50	27,00	31,50	35,50	42,00		
11		7	31,00	26,50	21,00	15,00	14,00	7,00	0,00	6,50	12,50	21,50	11,00	18,00	29,50	20,00	24,50	28,50	35,00		
12		8	37,50	33,00	27,50	21,50	20,50	13,50	6,50	0,00	6,00	28,00	17,50	11,50	23,00	13,50	18,00	22,00	28,50		
13		9	43,50	39,00	33,50	27,50	26,50	19,50	12,50	6,00	0,00	34,00	23,50	11,50	17,00	7,50	12,00	16,00	22,50		
14		10	26,50	22,00	25,50	31,50	9,50	14,50	21,50	28,00	34,00	0,00	10,50	22,50	36,00	39,50	46,00	50,00	56,50		
15		11	37,00	32,50	27,00	21,00	20,00	13,00	11,00	17,50	23,50	10,50	0,00	12,00	25,50	29,00	35,50	39,50	46,00		
16		12	49,00	44,50	39,00	33,00	32,00	25,00	18,00	11,50	11,50	22,50	12,00	0,00	13,50	17,00	23,50	27,50	34,00		
17		13	60,50	56,00	50,50	44,50	43,50	36,50	29,50	23,00	17,00	36,00	25,50	13,50	0,00	9,50	16,00	14,00	20,50		
18		14	51,00	46,50	41,00	35,00	34,00	27,00	20,00	13,50	7,50	39,50	29,00	17,00	9,50	0,00	6,50	10,50	17,00		
19	n-2	15	44,50	43,00	34,50	28,50	38,50	31,50	24,50	18,00	12,00	46,00	35,50	23,50	16,00	6,50	0,00	10,00	10,50		
20		16	54,50	50,00	44,50	38,50	42,50	35,50	28,50	22,00	16,00	50,00	39,50	27,50	14,00	10,50	10,00	0,00	14,50		
21	n	17	45,00	53,50	31,00	25,00	49,00	42,00	35,00	28,50	22,50	56,50	46,00	34,00	20,50	17,00	10,50	14,50	0,00		
22																				Eq1	176,0

Fonte: Elaborada pelo autor.

A figura 15 mostra a matriz com as variáveis de decisão x_{ij} , que devem ser binárias, como determina a equação (4). As equações (2) e (3), que são as restrições que garantem que o percurso entre dois nós não se repita, são representadas nas células C44:S44 e T27:T43, respectivamente.

Figura 15 - Matriz de variáveis binárias para o Caixeiro-Viajante

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
25																				
26																				
27			X _{ij}																	
28		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29		2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30		3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31		4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
33		6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34		7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35		8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36		9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
38		11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
39		12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
40		13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
41		14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
42		15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
43		16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
44	Eq2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45																				

Fonte: Elaborada pelo autor.

A matriz da figura 16 corresponde às SECs da equação (6), que garantem que a solução do problema não fará uso de subrotas. O nó 1 foi escolhido para ser o ponto de partida e de chegada, portanto, não é utilizado na equação. O *rank* de cada nó é mostrado na coluna V (ex.: nó 3 possui *rank* 17, então será o 17º a ser visitado). A coluna W mostra a rota ótima para o problema, indicando a sequência em que os nós são visitados, partindo do nó 1, passando por todos os outros, e retornando ao primeiro nó. As colunas X e Y mostram as coordenadas de cada nó.

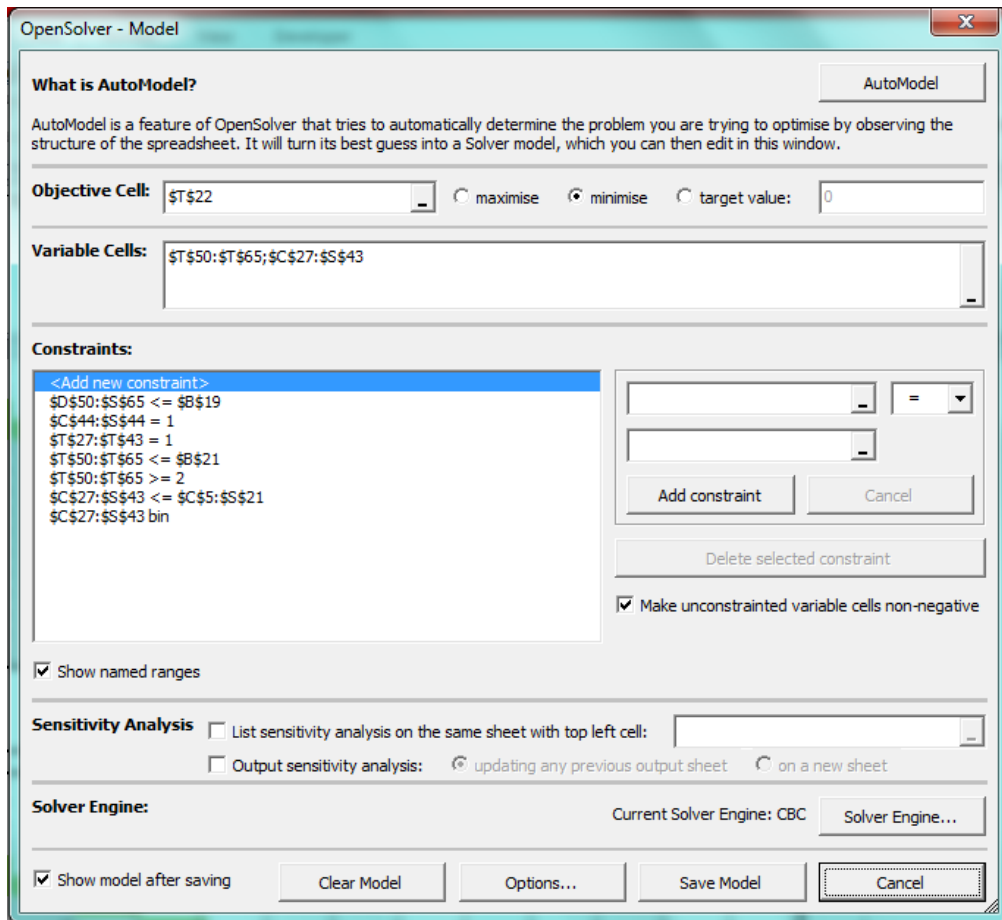
Na figura 17, pode-se observar como foram montadas as equações no OpenSolver: a função objetivo (*Objective Cell*), as variáveis (*Variable Cells*) e as restrições (*Constraints*). Mais adiante, na figura 18, são detalhadas as fórmulas utilizadas em cada célula.

Figura 16 - Matriz de SECs e sequência de nós visitados para o Caixeiro-Viajante

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	
47																														
48																														
49																														
50																														
51																														
52																														
53																														
54																														
55																														
56																														
57																														
58																														
59																														
60																														
61																														
62																														
63																														
64																														
65																														
66																														
67																														

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 17 - Configurações do OpenSolver das figuras 15 a 17



Fonte: Elaborada pelo autor.

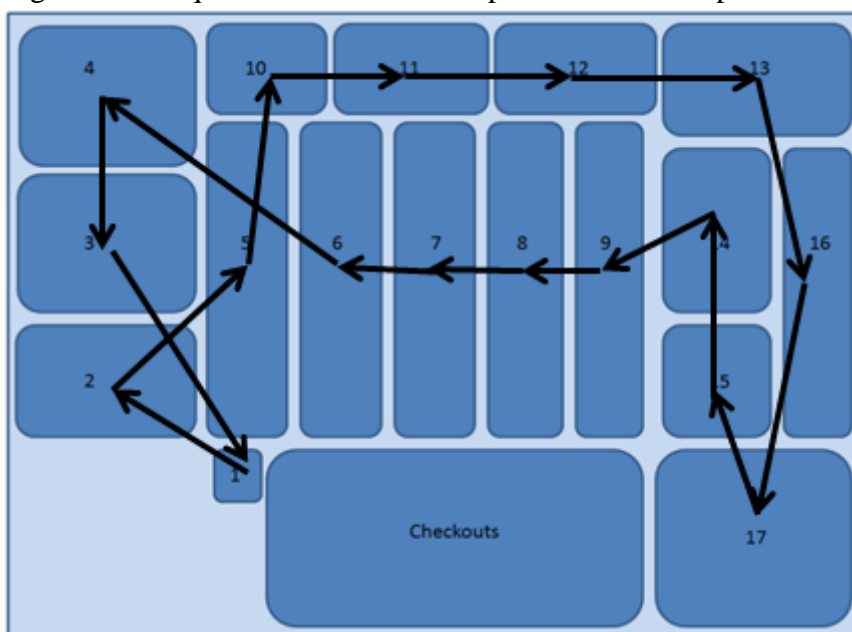
Figura 18 - Fórmulas das planilhas das figuras 15 a 17

Célula	Fórmula	Copiada para	Nome
T22	=SUMPRODUCT(C5:S21;C27:S43)	-	Eq 1 (Objetivo)
T27	=SUM(C27:S27)	T28:T43	Eq 3 (LHS)
C44	=SUM(C27:C43)	D44:S44	Eq 2 (LHS)
D50	=INDEX(\$T\$49:\$T\$65;\$B50)- INDEX(\$T\$49:\$T\$65;D\$48)+INDEX(\$C\$27:\$S\$43;\$B50;D\$48)*\$B\$20	D50:S65	Eq 6 (LHS)
C5:S21			Eq 5 (RHS)
C27:S43			Var_x
B19			Param_n_2
B21			Param_n
T50:T65			Var_u
V49	=RANK(T49;\$T\$49:\$T\$65;1)	V50:V65	Rank de um nó
W49	=MATCH(AA49;\$V\$49:\$V\$65;0)	W50:W65	Sequência de visita
W66	=W49	-	Volta à origem
X49	=INDEX(\$AA\$49:\$AC\$65;\$W49;2)	X50:X65	Coordenada x de um nó visitado
Y49	=INDEX(\$AA\$49:\$AC\$65;\$W49;3)	Y50:Y65	Coordenada y de um nó visitado

Fonte: Elaborada pelo autor.

A melhor rota a ser percorrida é, então, a sequência (1, 2, 5, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 15, 14, 9, 8, 7, 6, 4, 3, 1), totalizando uma distância de 176,0m, como visto na figura 19. A solução foi obtida em 4,06s, tempo que o OpenSolver levou para encontrar a solução para os dezessete nós.

Figura 19 - Sequência da melhor rota para os dezessete pontos



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em TSPs Euclidianos, a solução ótima não pode ser uma rota que se cruza. Neste caso, como foram usadas as distâncias City Block, isso é possível de acontecer.

3.2.1.4 Aplicação do caixeiro-viajante para os pedidos

Foram então gerados dez pedidos aleatoriamente, assim como as respectivas quantidades de produtos. Cada pedido possui vinte volumes que foram escolhidos, de maneira aleatória, de uma lista de 9508 produtos ativos do supermercado. Para cada volume da lista, foi escolhida uma quantidade entre uma e dez vezes, também aleatória. Os produtos, assim como suas quantidades, foram escolhidos utilizando a função do Excel RANDBETWEEN, que retorna um número aleatório entre os números especificados pelo usuário. Para a escolha dos produtos, o número deveria estar entre 1 e 9508 (correspondente à numeração de cada produto). Já para a escolha das quantidades, o número retornado deveria estar entre 1 e 10.

As tabelas com a lista detalhada de produtos dos pedidos estão exibidas nos apêndices A, B e C. Nas tabelas, é possível observar os produtos da lista, a quantidade de cada

produto, a seção da loja em que o produto está localizado, assim como a sua unidade de venda (un. ou kg), que é importante para a próxima etapa do problema.

A mesma solução do Problema do Caixeiro-Viajante foi aplicada em cada um dos dez pedidos. A diferença é que, para cada pedido, a matriz de distâncias se refere apenas às seções que estão presentes no mesmo. Sendo assim, um pedido não obrigatoriamente possui todos os dezessete pontos em sua matriz. O único ponto que está necessariamente presente em todos os pedidos é o ponto de origem /chegada (ponto 1).

A seguir, pode-se observar as rotas encontradas para cada um dos pedidos, assim como a distância total a ser percorrida (TABELA 2).

Tabela 2 - Rotas e distâncias encontradas para cada pedido

PEDIDO	TOUR	DISTÂNCIA TOTAL (m)
1	(1, 2, 6, 8, 9, 13, 15, 4, 1)	129
2	(1, 2, 11, 13, 16, 9, 8, 1)	140
3	(1, 3, 4, 15, 16, 9, 8, 10, 5, 2, 1)	139
4	(1, 2, 11, 14, 9, 8, 4, 3, 1)	125
5	(1, 2, 5, 11, 12, 13, 16, 9, 8, 6, 3, 1)	144
6	(1, 3, 7, 8, 16, 9, 12, 11, 2, 1)	144
7	(1, 3, 17, 16, 15, 9, 12, 8, 7, 5, 2, 1)	146
8	(1, 3, 4, 16, 9, 8, 7, 10, 5, 2, 1)	139
9	(1, 2, 5, 6, 12, 13, 9, 8, 4, 1)	131
10	(1, 15, 16, 9, 8, 7, 5, 1)	114

Fonte: Elaborada pelo autor.

As distâncias encontradas foram utilizadas para encontrar os tempos de processamento dos pedidos, descritos na próxima etapa.

3.2.2 Problema do sequenciamento dos pedidos

Como mostrado nas figuras 6 e 9, o cliente escolhe um horário para a retirada do pedido. Antes de exibir os horários disponíveis ao cliente, o *software* deve calcular o tempo total de processamento do pedido, conferir se existem pedidos em execução, alocar o novo pedido em alguma posição da fila e, só então, exibir os horários disponíveis ao cliente. Tal procedimento garante que o horário mais cedo que foi exibido poderá ser cumprido. Para que seja possível fazer o sequenciamento de maneira correta, faz-se necessário o cálculo do tempo de processamento, dividido em *picking* e *checkout*.

Cada pedido passa por dois processos antes de ser armazenado para aguardar a entrega, o processo de *picking* e o de *checkout*. Tais processos possuem tempos de execução

que variam de acordo com o tipo (produto vendido na unidade ou no peso), quantidade, e localização dos produtos.

Os pedidos possuem ainda cinco parâmetros determinantes para o cálculo dos seus tempos de processamento. São eles:

- a) Velocidade do operador: velocidade média de deslocamento do operador pela loja. A velocidade é utilizada para calcular o tempo de deslocamento entre as seções. Tal cálculo é feito com base nas distâncias encontradas na etapa anterior, a de roteirização;
- b) Tempo de *picking* (un): tempo necessário para coletar um produto vendido na unidade. É o tempo que o operador leva para encontrar o produto na gôndola e verificar a validade do produto;
- c) Tempo de *picking* (kg): parecido com o parâmetro anterior, mas para produtos vendidos no peso. Costuma ser maior pelo fato de serem produtos perecíveis. É o tempo que o operador leva para escolher um produto de boa qualidade (frutas, verduras...) e verificar seu peso na balança;
- d) Tempo de *checkout* (un): tempo necessário para se efetuar o *checkout* do produto no caixa para produtos vendidos na unidade;
- e) Tempo de *checkout* (kg): também parecido com o anterior, mas para produtos vendidos no peso. É maior pelo fato de ser necessária a pesagem do produto.

Com base nesses parâmetros, são calculados dois tempos para cada pedido:

- a) Tempo total de picking (Tempo de picking (un) + Tempo de picking (kg) + Tempo de deslocamento entre seções);
- b) Tempo total de checkout (Tempo de checkout (un) + Tempo de checkout (kg)).

O tempo total de execução de um pedido é, então, a soma dos dois tempos (Tempo total de picking + Tempo total de checkout).

3.2.2.1 Cálculo dos tempos de processamento dos pedidos

Na tabela 3, são exibidos os parâmetros utilizados para o cálculo dos tempos, que foram obtidos a partir de cronometragens realizadas no supermercado. Os tempos foram então arredondados para cima, a fim de simular o pior caso.

Tabela 3 - Parâmetros utilizados para o cálculo dos tempos de processamento

Parâmetros	
Velocidade	5km/h (1,39m/s)
Tempo de Picking (un)	30s
Tempo de Picking (kg)	60s
Tempo de Checkout (un)	6s
Tempo de Checkout (kg)	10s

Fonte: Elaborada pelo autor.

O total de produtos vendidos no peso (TOTAL_PRODUTOS_KG) e na unidade (TOTAL_PRODUTOS_UN) de cada pedido é exibido a seguir, na tabela 4. Tal informação é utilizada para o cálculo dos tempos totais de *picking* e *checkout*, mostrados mais adiante. Também são mostradas as distâncias percorridas entre seções (DIST_PERCORRIDA), que foram calculadas na etapa anterior do problema.

Tabela 4 - Total de produtos vendidos no peso e na unidade e distância percorrida para cada pedido

PEDIDO	TOTAL_PRODUTOS_U	TOTAL_PRODUTOS_K	DIST_PERCORRID
S	N	G	A (m)
1	105	0	129
2	96	2	140
3	91	9	139
4	93	6	125
5	125	5	144
6	95	5	144
7	107	5	146
8	106	0	139
9	118	0	131
10	108	0	114

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com base na distância percorrida e na velocidade média de deslocamento do operador, calculou-se o tempo de deslocamento entre seções (TEMPO_DESLOCAMENTO).

Com os tempos de picking unitários (un e kg), mostrados na tabela 3, e o total de produtos (vendidos na unidade e no peso) da tabela 4, foram calculados os respectivos tempos de picking (PICKING_UN e PICKING_KG), como mostrado na tabela 5 a seguir.

O tempo total de picking (TEMPO_PICKING) é a soma dos três tempos (TEMPO_DESLOCAMENTO + PICKING_UN + PICKING_KG).

Tabela 5 - Tempo de deslocamento, tempos de picking e tempo total de picking

PEDIDO	TEMPO_DESLOCAMENT	PICKING_U	PICKING_K	TEMPO_PICKIN
O	O (s)	N (s)	G (s)	G (min)
1	92,88	3150	0	54,05
2	100,8	2880	120	51,68
3	100,08	2730	540	56,17
4	90,00	2790	360	54,00
5	103,68	3750	300	69,23
6	103,68	2850	300	54,23
7	105,12	3210	300	60,25
8	100,08	3180	0	54,67
9	94,32	3540	0	60,57
10	82,08	3240	0	55,37

Fonte: Elaborada pelo autor

O mesmo procedimento foi realizado para obter-se o tempo total de checkout (TEMPO_CHECKOUT), que é a soma dos tempos de checkout de produtos vendidos no peso e de produtos vendidos na unidade (CHECKOUT_KG + CHECKOUT_UN) (TABELA 6).

Tabela 6 - Tempo de checkout de produtos vendidos na unidade e no peso e tempo total de checkout

PEDIDO	CHECKOUT_UN	CHECKOUT_KG	TEMPO_CHECKOUT
	(s)	(s)	(min)
1	630	0	10,50
2	576	20	9,93
3	546	90	10,60
4	558	60	10,30
5	750	50	13,33
6	570	50	10,33
7	642	50	11,53
8	636	0	10,60
9	708	0	11,80
10	648	0	10,80

Fonte: Elaborada pelo autor.

Finalmente, os tempos totais de execução são compostos da soma de TEMPO_PICKING e TEMPO_CHECKOUT, como exibido na tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Tempos totais de execução dos pedidos (continua)

PEDIDO	TEMPO_EXEÇÃO_TOTAL (min)
1	64,55
2	61,61
3	66,77
4	64,30
5	82,56

Tabela 7 - Tempos totais de execução dos pedidos (conclusão)

PEDIDO	TEMPO_EXECUÇÃO_TOTAL (min)
6	64,56
7	71,79
8	65,27
9	72,37
10	66,17

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2.2 Sequenciamento dos pedidos

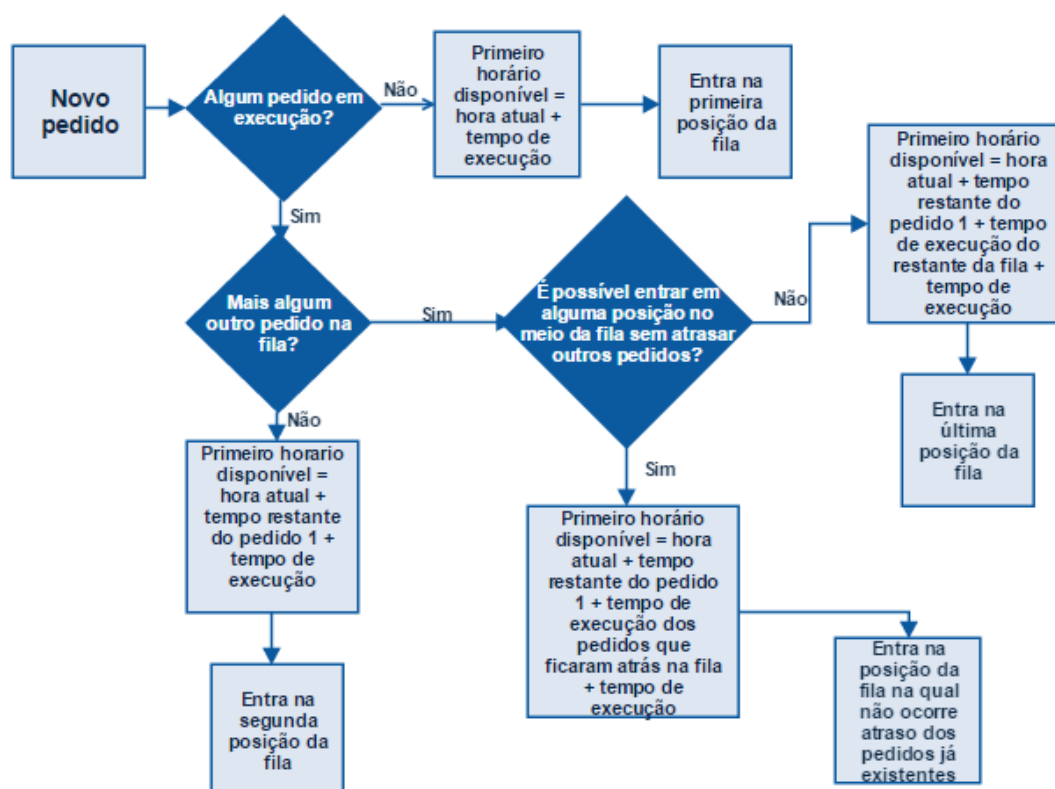
Para efeitos de simplificar a simulação, considerou-se que todos os pedidos foram feitos no mesmo horário (08:00), com diferença de 1s entre cada um, ou seja, seus *release dates* têm diferença de um segundo. Cada pedido possui uma hora limite para entrega (*due date*), uma folga (*slack*) e tempos de *picking* e *checkout* (TEMPO_PICKING e TEMPO_CHECKOUT, calculados anteriormente).

Após escolherem os produtos, os clientes confirmam a compra e escolhem um horário para retirada, como se pode observar na figura 9, que mostra as telas do aplicativo. O horário para retirada é o *due date* do pedido, tornando-se o horário mais tarde em que o pedido deve estar pronto. A folga (*slack*) é o espaço de tempo existente entre o *due date* e a hora atual, com o TEMPO_EXECUÇÃO_TOTAL no meio desse intervalo, como visto na equação (11).

Os horários disponíveis para a escolha do cliente são exibidos a depender da fila de pedidos já existente anteriormente à chegada desse novo pedido. O primeiro pedido a entrar no sistema, deve ser executado imediatamente, já ficando na primeira posição da fila. Os próximos pedidos podem se alternar na fila da programação de execução. Tal reordenamento é feito seguindo a regra escolhida, que é a de ordenar os pedidos pelo tamanho da folga (Least Slack Time, LST), da menor para o maior.

Na figura 20, é mostrado um fluxo que explica tal processo.

Figura 20 - Fluxo de um novo pedido seguindo a política de sequenciamento LST



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para comparação, foram feitos dois sequenciamentos. O primeiro não leva em consideração a regra LST, e os pedidos são ordenados por ordem de chegada (*Earliest Release Date*, ERD, ou *First In First Out*, FIFO). Dessa maneira, poderão ocorrer atrasos, dependendo dos *due dates* de cada pedido. O segundo sequenciamento é o que segue a regra LST, reordenando os pedidos no momento de sua chegada, desde que nenhum outro pedido que já estava anteriormente na fila sofra atrasos.

3.2.2.2.1 Sequenciamento com base na regra ERD

Como já dito anteriormente, no primeiro sequenciamento, os pedidos foram alocados por ordem de chegada, não podendo ser reordenados. Essa política de sequenciamento é de implementação bem mais simples, mas não permite flexibilidade, fazendo com que muitos pedidos sejam perdidos, uma vez que não é possível entregá-los no prazo prometido. No caso do aplicativo em questão, tais pedidos nem chegariam a entrar na programação, pois não seriam exibidos horários disponíveis para o cliente. Para efeitos de comparação, tais pedidos serão exibidos nas tabelas, para que se possa observar os atrasos ocorridos.

Nas tabelas 8 e 9 a seguir, são mostrados os pedidos e seus horários de entrada no sistema (HORA_PEDIDO), assim como os horários em que são finalizados os processos de *picking* e *checkout* (HORA_TÉRMINO_PICKING e HORA_TÉRMINO_CHECKOUT) e seus *due dates* (DUE_DATE) e *slacks* (SLACK). Além disso, é mostrado ainda com quanto tempo de antecedência, ou atraso, o pedido foi entregue (TEMPO_RESTANTE).

As *due dates* foram geradas de forma aleatória, de maneira que estivessem dentro da janela de funcionamento do supermercado (08:00-21:00) e que fossem maiores que a hora em que foi realizado o pedido, acrescida do tempo de processamento do pedido (HORA_PEDIDO + TEMPO_PICKING + TEMPO_CHECKOUT)

Tabela 8 - Horários de entrada no sistema (*release dates*) e tempos de *picking* e *checkout*, para o sequenciamento ERD

PEDIDO	HORA_PEDIDO	TEMPO_PICKING (min)	TEMPO_CHECKOUT (min)
1	08:00:00	54,048	10,50
2	08:00:01	55,368	10,80
3	08:00:02	60,572	11,80
4	08:00:03	54,668	10,60
5	08:00:04	60,252	11,53
6	08:00:05	54,228	10,33
7	08:00:06	69,228	13,33
8	08:00:07	54,000	10,30
9	08:00:08	56,168	10,60
10	08:00:09	51,680	9,93

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 9 - Horários de término dos processos de *picking* e de *checkout*, *due dates*, *slacks* e atrasos para o sequenciamento ERD

PEDIDO	HORA_TÉRMINO_PICKING	HORA_TÉRMINO_CHECKOUT	DUE_DATE	SLACK	ATRASSO
1	08:54:03	09:04:33	09:04:33	00:00:00	00:00:00
2	09:45:44	09:55:40	19:01:38	10:00:00	09:05:58
3	10:41:54	10:52:30	18:06:48	09:00:00	07:14:18
4	11:35:54	11:46:12	17:04:21	08:00:00	05:18:09
5	12:45:07	12:58:27	16:22:38	07:00:00	03:24:10
6	13:39:21	13:49:41	15:04:39	06:00:00	01:14:58
7	14:39:36	14:51:08	14:11:53	05:00:00	-00:39:15
8	15:34:16	15:44:52	13:05:23	04:00:00	-02:39:29
9	16:34:51	16:46:39	12:12:30	03:00:00	-04:34:08
10	17:30:13	17:41:01	11:06:19	02:00:00	-06:34:42

Fonte: Elaborada pelo autor

Como se pode observar, os pedidos 7, 8, 9, e 10 nem chegariam a ser lançados no sistema, pois não seriam exibidos horários disponíveis para os clientes. Isso se dá pelo fato de

os pedidos não poderem ser reordenados. Tal restrição faz com que sejam executados com muita antecedência pedidos que possuem folga (*slack*) muito alta. É o que acontece com o pedido 2, que tem uma folga de dez horas e foi alocado na segunda posição da fila, uma vez que seu *release date* é o segundo menor, 08:00:01.

3.2.2.2 Sequenciamento com base na regra LST

O sequenciamento LST reordena os pedidos de acordo com suas folgas. Como mostrado no fluxo da figura 19, os horários disponíveis para retirada de pedidos são exibidos para o cliente de acordo com o tempo de processamento do novo pedido. Um novo pedido pode “furar” a fila e empurrar os pedidos já existentes para mais tarde, desde que não ocorra nenhum atraso em tais pedidos. Isso acontece quando os pedidos já existentes possuem uma folga (*slack*) que torna isso possível. Caso não seja possível alocá-lo no meio da fila já existente, o pedido vai para o final da fila.

Os horários de entrada dos pedidos no sistema (HORA_PEDIDO) e os tempos de *picking* e *checkout* (TEMPO_PICKING e TEMPO_CHECKOUT) são os mesmos, como exibido na tabela 8. Na tabela 10 abaixo, são exibidas as mesmas informações do sequenciamento ERD, mas dessa vez para o sequenciamento LST.

Tabela 10 - Horários de término dos processos de *picking* e de *checkout*, *due dates*, *slack* e atrasos para o sequenciamento LST

PEDI DO	HORA_TÉRMI NO_PICKING	HORA_TÉRMINO_C HECKOUT	DUE_DATE	SLACK	ATRASSO
1	08:54:03	09:04:33	09:04:33	00:00:00	00:00:00
10	09:49:25	10:00:13	11:06:19	02:00:00	01:06:06
9	10:49:59	11:01:47	12:12:30	03:00:00	01:10:43
8	11:44:39	11:55:15	13:05:23	04:00:00	01:10:08
7	12:44:54	12:56:26	14:11:53	05:00:00	01:15:27
6	13:39:08	13:49:28	15:04:39	06:00:00	01:15:11
5	14:48:22	15:01:42	16:22:38	07:00:00	01:20:56
4	15:42:22	15:52:40	17:04:21	08:00:00	01:11:41
3	16:38:32	16:49:08	18:06:48	09:00:00	01:17:40
2	17:30:13	17:40:09	19:01:38	10:00:00	01:21:29

Fonte: Elaborada pelo autor

3.3 Resultados

3.3.1 Análise do sequenciamento de rotas

O sequenciamento de rotas foi solucionado com uma abordagem do caixeiro-viajante. O objetivo de utilizar esse método é o de minimizar a distância percorrida pelos operadores na loja durante o *picking* dos pedidos, diminuindo assim o tempo de deslocamento entre as seções e, conseqüentemente, os tempos totais de processamento. Tal otimização reflete no cliente de modo que, ao ser possível processar pedidos mais rapidamente, mais pedidos poderão ser atendidos.

Para a análise da eficiência da aplicação desse método, foram comparados os deslocamentos obtidos com as rotas otimizadas com o deslocamento sem otimização, considerando a seqüência do número dos nós, que seria uma rota intuitiva. Considerou-se que, ao não saber que rota tomar, o operador desvia-se bastante, criando rotas intuitivamente, e acaba se deslocando mais que o necessário. As distâncias entre os nós, assim como na solução do caixeiro-viajante, são as distâncias City Block, pois simulam o deslocamento limitado dentro do supermercado. Para um pedido com os nós {1, 2, 3, 4}, por exemplo, foi calculado o deslocamento para a rota que segue a seqüência dos nós e retorna ao ponto inicial, ou seja, {1, 2, 3, 4, 1}. Tal procedimento foi feito para o caso extremo, em que o operador deve passar por todos os dezessete pontos, assim como foi feito para cada um dos dez pedidos.

Na tabela 11 a seguir, são exibidas as distâncias percorridas por tais rotas, chamadas aqui de rotas intuitivas.

Tabela 11 - Distância percorrida pelo operador com rota não otimizada

PEDIDO	DISTANCIA_PERCORRIDA (m) (rota intuitiva)
1	151
2	165
3	232
4	168
5	193
6	182
7	180
8	226
9	173
10	120
17 nós	243

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram então calculados os novos tempos de deslocamento, com base na velocidade média do operador considerada nesse estudo, que é de 1,39m/s. Calculou-se então o ganho em segundos, (tempo de deslocamento não otimizado) – (tempo de deslocamento

otimizado)), assim como a variação entre os dois tempos. O mesmo procedimento foi realizado para cada um dos pedidos, para o deslocamento entre os dezessete nós e também para a média dos dez pedidos (TABELA 12).

Tabela 12 - Tempos de deslocamento otimizados e não otimizados, ganho de eficiência e variação percentual entre os dois tempos

PEDIDO	TEMPO_DESLOCAMENTO (s) (otimizado)	TEMPO_DESLOCAMENTO (s) (rota intuitiva)	GANHO (s)	VAR (%)
1	92,9	108,7	15,8	17,1
2	100,8	118,8	18,0	17,9
3	100,1	167,0	67,0	66,9
4	90,0	121,0	31,0	34,4
5	103,7	139,0	35,3	34,0
6	103,7	131,0	27,4	26,4
7	105,1	129,6	24,5	23,3
8	100,1	162,7	62,6	62,6
9	94,3	124,6	30,2	32,1
10	82,1	86,4	4,3	5,3
Média	97,3	128,9	31,6	32,5
Pedidos				
17 nós	126,7	175,0	48,2	38,1

Fonte: Elaborada pelo autor.

Pode-se observar uma variação média de 32,5% entre os dez pedidos. Para o deslocamento entre os dezessete nós, a variação foi de 38,1%. A maior variação é observada para o pedido de número três, 66,9%. Em números absolutos, o ganho médio foi de 31,6s para os dez pedidos, com o maior ganho ocorrendo também para o pedido três, 67s.

Considerando o tempo total de *picking*, adicionou-se as diferenças entre os tempos de deslocamento das rotas otimizadas e das rotas instintivas. Obteve-se, então novos tempos de *picking*, que equivalem aos tempos que seriam necessários caso as rotas não fossem otimizadas. Os dados são mostrados na tabela 13 a seguir.

Tabela 13 - Tempos totais de *picking* otimizado e não otimizado e variação (continua)

PEDIDO	TEMPO_PICKING (min) (otimizado)	TEMPO_PICKING (min) (rota intuitiva)	VAR (%)
1	54,05	54,31	0,5
2	55,37	55,67	0,5
3	60,57	61,69	1,8
4	54,67	55,18	0,9
5	60,25	60,84	1,0
6	54,23	54,68	0,8
7	69,23	69,64	0,6

Tabela 13 - Tempos totais de *picking* otimizado e não otimizado e variação (conclusão)

PEDIDO	TEMPO_PICKING (min) (otimizado)	TEMPO_PICKING (min) (rota intuitiva)	VAR (%)
8	54,00	55,04	1,9
9	56,17	56,67	0,9
10	51,68	51,75	0,1
Média pedidos	57,02	57,55	0,9

Fonte: Elaborada pelo autor.

Isso leva à conclusão de que a otimização das rotas não se mostra tão importante, pois os tempos de *picking* são dominados pelo tempo de coleta dos produtos. Os ganhos foram de em média 31,6s, enquanto que os tempos totais são de, em média, 57,5min. A variação dos tempos de *picking* otimizados e não otimizados é de apenas 0,9%, na média dos dez pedidos.

3.3.2 Análise do sequenciamento da produção

Foram feitos dois sequenciamentos da produção para os dez pedidos. Um baseado na regra ERD (Earliest Release Date) e outro baseado na regra LST (Least Slack Time). Os resultados obtidos são discutidos a seguir.

3.3.2.1 Comparação ERD x LST

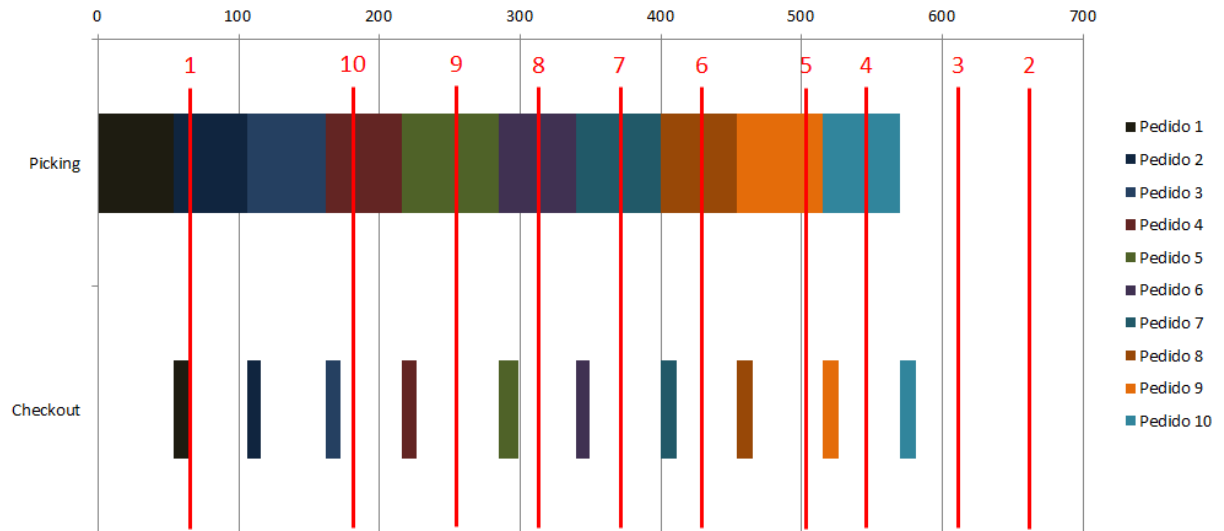
A hora de finalização do último pedido da fila (HORA_TÉRMINO_CHECKOUT) para o sequenciamento LST foi ligeiramente menor que a do sequenciamento ERD (17:40 contra 17:41), não apresentando grandes ganhos no tempo total de processamento.

O grande ganho que a regra LST apresenta está na flexibilidade que tal sequenciamento permite, tornando possível atender tanto aos clientes que se programam e fazem os pedidos com antecedência, quanto os que sempre compram de última hora. Tal flexibilidade permitiu que todos os pedidos fossem entregues no prazo: o sequenciamento ERD apresentou um atraso total de 14h27min (soma dos atrasos dos pedidos 7, 8, 9 e 10), enquanto que no LST, não ocorreu nenhum atraso, conseguindo cumprir todos os prazos e ainda entregar o último pedido mais de uma hora de antecedência.

O único pedido que continuou na mesma posição da fila nos dois sequenciamentos foi o pedido de número 1, uma vez que um pedido deve ser executado a

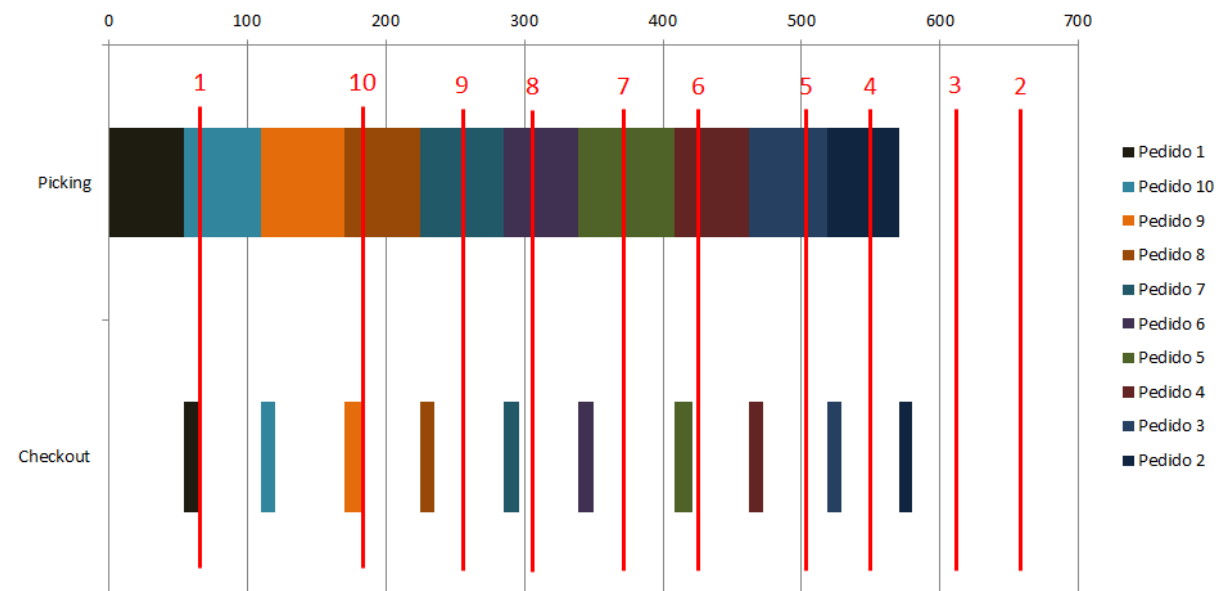
partir do momento em que ele entra no sistema, caso a fila de pedidos esteja vazia. O último pedido a ser executado, foi o segundo a entrar no sistema, tendo sido realocado várias vezes com a chegada dos novos pedidos, como se pode observar nas figuras 21 e 22. As linhas em vermelho nos gráficos referem-se às *due dates* dos respectivos pedidos.

Figura 21 - Gráfico de Gantt dos processos de *picking* e *checkout* – Sequenciamento ERD



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 22 - Gráfico de Gantt dos processos de *picking* e *checkout* – Sequenciamento LST



Fonte: Elaborada pelo autor.

4 CONCLUSÃO

4.1 Considerações

Por meio de análises da operação de coleta de compras no supermercado, compreendendo e identificando os elementos inerentes ao processo, foi possível construir um modelo que represente os processos reais de maneira satisfatória.

A elaboração do modelo se deu a partir da aplicação de diversas ferramentas e conceitos de pesquisa operacional. Os pedidos utilizados para as simulações são fictícios, mas representam bem a realidade, uma vez que foram gerados de forma aleatória, com base no cadastro de quase dez mil produtos do supermercado estudado.

Foram simulados sequenciamentos de rotas para os pedidos. Os sequenciamentos não mostraram grandes ganhos em relação aos tempos de processamento totais, uma vez que o deslocamento na loja não é tão alto. Talvez, para lojas maiores, esse sequenciamento se mostre mais importante. Por outro lado, foram também calculados os tempos totais de processamento, que são de extrema importância para o sequenciamento da produção e, consequentemente, para que se consiga atender aos prazos demandados pelos clientes.

Os pedidos foram sequenciados seguindo duas regras diferentes, ERD e LST. O tempo total de processamento de todos os pedidos não mostrou diferenças significativas entre os dois sequenciamentos. A grande diferença, porém, está no atraso total dos dois sequenciamentos. O sequenciamento ERD (ou FIFO), apresentou atraso total de 14h27min, enquanto que no LST não ocorreram atrasos. A flexibilidade oferecida pela regra LST permite que os pedidos sejam reordenados a cada novo pedido que entra no sistema. Tal característica torna possível atender tanto os clientes que fazem suas compras com antecedência (maior folga), quanto os que fazem as compras de última hora (menor folga).

4.2 Sugestões para trabalhos futuros

No caso do aplicativo abordado nesse trabalho, o tempo de processamento do pedido deve ser estimado antes que sejam mostrados ao cliente os horários disponíveis para entrega. O cálculo não pode levar muito tempo, pois isso pode levar à desistência de compra do cliente. A resolução do caixeiro-viajante exige bastante esforço computacional. Para os dezessete nós abordados nesse trabalho, não é necessário um tempo muito alto. Mas, para o caso de lojas maiores, encontrar a rota ótima pode levar alguns segundos, que podem ser

cruciais na decisão do cliente em continuar a compra ou não. Uma vez que não se obteve grandes ganhos com os sequenciamentos de rotas otimizadas, poderiam ser utilizados tempos médios padrão de deslocamento, que diminuiriam o tempo de cálculo. Uma opção seria calcular anteriormente o tempo médio de deslocamento entre seções e, ao chegar um novo pedido, calcular o tempo de deslocamento para esse pedido como sendo simplesmente o tempo médio multiplicado pelo número de seções presentes no pedido. Os outros tempos que compõem o tempo total de processamento continuariam sendo calculados da mesma maneira. A rota ótima poderia continuar sendo calculada, mas apenas para informação do operador, o que não afetaria o tempo de espera do cliente para que o cálculo seja concluído.

Foram comparadas apenas duas regras de sequenciamento da produção, ERD e LST. Apesar de a regra LST se mostrar bastante eficiente e atender às necessidades da operação, outras regras podem ser comparadas, a fim de determinar-se qual a melhor a ser adotada. Uma simulação com pedidos reais pode ser feita, com o intuito de verificar-se a eficiência da regra escolhida.

REFERÊNCIAS

ABRAS. **Ranking Supermercados**. 2015. Disponível em: <<http://www.abras.com.br/>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

AZADNIA, A. H. et al. **Order Batching in Warehouses by Minimizing Total Tardiness: A Hybrid Approach of Weighted Association Rule Mining and Genetic Algorithms**. The Scientific World Journal, v. 2013, 2013.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial** / Ronald H. Ballou; tradução Elias Pereira. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BELEZA, A. **Conheça o perfil do usuário Mobile no Brasil [infográfico]**. 2015. Disponível em: <<http://www.techenet.com/2015/08/conheca-o-perfil-do-usuario-mobile-no-brasil-infografico/>>. Acesso em: 01 set. 2016.

DANTZIG, G.; FULKERSON, R.; JOHNSON, S. **Solution of a Large Scale Travelling Salesman Problem**. Operations Research Society of America, v. 2, p. 393-410, 1954.

E-BIT. **WEBSHOPPERS 2015 31ª EDIÇÃO**. 2015. Disponível em: <http://img.ebit.com.br/webshoppers/pdf/31_webshoppers.pdf>. Acesso em: 01 out. 2016.

KOSTER, R.; POORT, E. V. D. **Routing orderpickers in a warehouse: a comparison between optimal and heuristic solutions**. IIE Transactions, v. 30, p. 469-480, 1998.

MILLER, C. E.; TUCKER, A. W.; ZEMLIN, R. A. **Integer Programming Formulation of Travelling Salesman Problems**. Journal of the ACM, v. 7, p. 326-329, 1960.

PALENCIA, G. S. **Supermercados delivery – Por que o seu supermercado ainda não está on-line?**. 2016. Disponível em: <<https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/supermercados-delivery-por-que-o-seu-supermercado-ainda-nao-esta-on-line/>>. Acesso em: 01 set. 2016.

RASMUSSEN, R. **TSP in Spreadsheets: A Guided Tour**. International Review of Economic Education, v.10, p. 94-116, 2010.

SHIH, Y. C. **Simulação do processo de retirada de itens em CDP: um estudo de caso em empresa do ramo automotivo**. 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Usp, São Carlos, 2005

SUWA, H.; SANDOH, H. **Online Scheduling in Manufacturing: A Cumulative Delay Approach**. Londres: Springer, 2013. 156 p.

APÊNDICE A – DETALHAMENTO DOS PRODUTOS DOS PEDIDOS 1 A 3

PEDIDO	SEÇÃO NUMERO	SEÇÃO NOME	POSICÃO	EAN	PRODUTO	UN_VENDA	QUANTIDADE
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	5614	07501001100285	ESC DENT ORAL B P SAUDE 7BN MC L2P1	un	9
1	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2361	07896286610858	PALITO CORY 90G CHOC C/ FLOCOS CROCANTE	un	5
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	5074	07899706117753	COND ELSEVE 200ML 4D SUPREME CONTROL	un	6
1	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2788	07894321613659	BAR CER QUAKER C/3 22G TORT MORANGO	un	6
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	4248	07791130002950	POLIDOR SAPATO NUGGET PASTA 36G MARROM	un	9
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	3915	07891150026506	LAVA ROUPAS PO ALA 1KG SCH ROSA/FLOR LIS	un	3
1	6	Massas	1130	07898951850064	MAC BARILLA ESPAGUETE N8 500G C/OVOS	un	7
1	8	Óleos, Molhos e Conservas	262	05601252102433	AZEITE OLIV GALLO EXT VIRG 250ML VD	un	8
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	4576	07891024134610	CR DENT COLGATE ANTICARIES 180G	un	5
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	4502	07896017847485	DETERG SANIT DESODOR GEL 7G LIMAO	un	5
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	8873	07891155002536	COPO NADIR CANINHA 100ML R303301	un	4
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	4915	07891150037458	SH SEDA ANTI CASPA 325ML OLEO CONTROL	un	5
1	13	Padaria	8170	07898244220567	BOLO SERVEN PAN 500G LARANJA	un	2
1	4	Bebidas Alcoólicas	3013	07891149106608	CERV SKOL BEATS 313ML LN SPIRIT	un	9
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	3677	07891024193341	DESINF PINHO SOL CITRUS LV1LPG900ML LAVA	un	7
1	9	Limpeza, Higiene e Outros	5394	07891150010185	CR DENT CLOSEUP 90G FIRE FREEZE	un	5
1	15	Congelados	7515	07898260580027	SORVETE FRUTBISS LIGHT 1L NAPOLITANO	un	6
1	8	Óleos, Molhos e Conservas	628	07896003941524	MOLHO SALADA MASTERFOODS 234ML ITALIANO	un	1
1	8	Óleos, Molhos e Conservas	898	07896292305175	COGUMELO CONSERVA PREDILECTA 160G VD	un	3
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	6486	07896115700941	CR PENT INF TRALALA 300ML REDUTOR VOLUM	un	10
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	4733	07898422746827	SAB DOVE 90G ESFOLIAÇÃO DIARIA	un	1
2	8	Óleos, Molhos e Conservas	1891	07896118510219	CHA CHINATOWN 20G ESPINHEIRA SANTA	un	3
2	16	Laticínios	7408	07893000514973	MARG QUALY 250G LIGHT	un	5
2	13	Padaria	8148	0000000008630	OP PAO CARIOCA INT FINOPANE KG	kg	2
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	5874	07898468519805	SH ALTA MODA 300ML DESAMARELADOR	un	10
2	8	Óleos, Molhos e Conservas	901	07898943163059	ATUM RALADO ROBINSON CRUSOE 170G OLEO	un	3
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	8492	07897476638591	LAPIS C/BOR PRETO C/4 MAX	un	9
2	8	Óleos, Molhos e Conservas	735	07898943849038	MOLHO PIM MENDEZ HOT PEPPER 100G	un	7
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	9314	07891360639633	LAPIS FABER CASTELL ECO NEON	un	7
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	5525	04005808837311	DES AERO NIVEA 150ML PEARL BEAUTY	un	2
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	4658	07891024114346	SAB PROTEX 90G ERVA DOCE	un	1
2	8	Óleos, Molhos e Conservas	644	07891095605569	TEMP MAIS SABOR 60G AVES	un	2
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	4031	07891035570001	POLIDOR SAPATO NUGGET LIQ 60ML PRETO	un	2
2	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2326	07896002364768	TORRADA CROCANTISSIMO 45G QUEIJO/CEB	un	2
2	11	Carnes	7947	00000000002141	RABADA BOVINA KG	un	3
2	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2373	07896011105635	BISC WAFER INT PARATI 90G CHOCOLATE	un	10
2	2	Biscoitos, Doces e Snacks	1938	07891000106716	BISC PASSATEMPO 60G CHOC	un	6
2	9	Limpeza, Higiene e Outros	8884	07896619807061	BATEDOR OVOS NEDO R706	un	6
2	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2338	07898079560326	BISC SALT BIS 80G ALHO	un	7
3	8	Óleos, Molhos e Conservas	2616	07896001250611	ADOCANTE LIQ LINEA 25ML	un	2
3	8	Óleos, Molhos e Conservas	9001	07897011503278	CORANTE MIX CORALIM 10ML VERM NATAL	un	2
3	16	Laticínios	6711	07893000394117	MARG QUALY 250G	un	1
3	2	Biscoitos, Doces e Snacks	1210	07622300807283	CHOC LACTA BIS 126G LAKA	un	2
3	5	Cereais e Condimentos	107	07891095100118	CANJICA MUNGUZA YOKI 500G AMARELA	un	1
3	15	Congelados	6703	07897089500032	POLPA FRUTA POMAR POLPA 400G ACEROLA	un	2
3	9	Limpeza, Higiene e Outros	4705	07891010793463	ABS SEMPRE LIVRE ESP ADAPT SV C/A L16P14	un	7
3	10	Peixes	7962	0000000001373	CAMARAO CINZA C/CAB FRESCO KG	kg	9
3	9	Limpeza, Higiene e Outros	4870	04005900036704	DES ROLLON NIVEA 50ML INVISIBLE	un	10
3	9	Limpeza, Higiene e Outros	3769	07896001010000	VASSOURA BETTANIN VARRY1000	un	8
3	9	Limpeza, Higiene e Outros	8583	07909171964223	SAND IPANEMA LOVELY NUDE/ROSA	un	2
3	9	Limpeza, Higiene e Outros	9280	07891153073217	MASSINHA ACRILEX SOFT 90G R07316	un	4
3	3	Bebidas	3293	07897344800303	AGUA MIN NATURAGUA S/GAS 315ML	un	8
3	9	Limpeza, Higiene e Outros	4840	07506195147405	ABS ALWAYS BAS S PROT SV C/A C/16	un	8
3	4	Bebidas Alcoólicas	3377	07896037913399	VINHO QUINTA MORGADO 750ML CAB SAUVING	un	10
3	15	Congelados	6924	07893000046313	LASANHA SADIA 650G PEITO PERU	un	10
3	9	Limpeza, Higiene e Outros	4180	07896001005655	ESC SANIT BETTANIN	un	1
3	9	Limpeza, Higiene e Outros	5547	07899706110341	CR TRAT ELSEVE 1KG OLEO EXTRAORDINARIO	un	6
3	16	Laticínios	7540	07898034922947	IOG PETIT ISINHO ZERO LACTOSE 360G	un	6
3	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2345	07896264601489	BISC RECH ESTRELA 55G MORANGO	un	1

APÊNDICE B – DETALHAMENTO DOS PRODUTOS DOS PEDIDOS 4 A 6

PEDIDO	SEÇÃO NUMERO	SEÇÃO NOME	POSIÇÃO	EAN	PRODUTO	UN_VENDA	QUANTIDADE
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	4753	07891088259076	PROT DIARIO DISCRET S/PER S/A C/15	un	10
4	14	Leite e Ovos	6739	07898403780338	LEITE UHT SEMI DESN LIGHT BETANIA 1L	un	10
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	3951	07891035502200	LUSTRA MOVEIS POLIFLOR 200ML LAVANDA	un	5
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	5652	07896013104704	SAB PARIGGI 90G SEDUCTION	un	4
4	3	Bebidas	3080	07898213970547	SUCO DEL RICCO 330ML PET FRUTAS CITRICAS	un	3
4	4	Bebidas Alcoólicas	2908	07891991010832	CERV BUDWEISER 343ML LN	un	9
4	8	Óleos, Molhos e Conservas	326	07896244830052	FOLHA LOURO ISHASHI 5G	un	2
4	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2307	07891152320916	BISC AMANT FORTALEZA 400G LEITE	un	6
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	8879	07897240579433	GARFO INOX NEW TROPICAL C/3 LILAS	un	1
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	4051	07891150025332	LIMPADOR DESENG CIF 500ML PULV	un	3
4	8	Óleos, Molhos e Conservas	944	07894321822020	ATUM RALADO COQUEIRO 170G	un	8
4	2	Biscoitos, Doces e Snacks	1930	07892840215217	BATATA FRITA SENSACOES 45G PEITO PERU	un	7
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	5740	07896229906451	CR TRAT NATUHAIR SOS 300ML 12EM1	un	1
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	3865	07896098900130	SABAO BARRA YPE 5X200G FLORES/FRUTAS	un	3
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	9180	07898911727863	SACO MICROFREEZER GIROMIX CAP 5KG	un	10
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	8872	07896553968347	TIGELA COZA 500ML R10510/0461 AZUL	un	1
4	11	Carnes	7880	0000000001311	FIGADO BOVINO KG	kg	6
4	4	Bebidas Alcoólicas	2889	07891149201006	CERV SKOL 473ML LT PILSEN	un	7
4	3	Bebidas	3482	07892840808013	BEB ISOTON GATORADE 500ML FRUTAS CITRICA	un	1
4	9	Limpeza, Higiene e Outros	3996	07898057835507	POLIDOR ALUM MULT FACIL 500ML	un	2
5	9	Limpeza, Higiene e Outros	9242	07896877440109	VELA FILTRO STEFANI TRADICIONAL	un	8
5	12	Frios	6847	0000000007781	QUEIJO MUSSARELA REGINA LIGHT KG PECA	kg	5
5	13	Padaria	8092	07896280600473	PAO FORMA LIGHT PANE VITA 400G CENTEIO	un	3
5	8	Óleos, Molhos e Conservas	3100	07622300867577	CHA PRETO TANG LIMAO 25G	un	10
5	11	Carnes	9256	07898903005016	CARVAO POPULAR BRASA VIVA 3KG	un	10
5	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2140	07898211130035	SALGADINHO SALSITO 32G CEBOLA	un	2
5	11	Carnes	8750	07896020633396	FACA ASSADOR MOR N8 R3339	un	5
5	5	Cereais e Condimentos	199	07898926342242	FECULA MANDIOCA PRECIOSO 1KG	un	8
5	6	Massas	7400	07897182700261	MASSA PASTEL BONA 1KG	un	6
5	9	Limpeza, Higiene e Outros	5186	07891150008809	COND DOVE 200ML CONTROLE QUEDA	un	5
5	9	Limpeza, Higiene e Outros	6472	07896115702891	SAB LIQ INF TRALALA 200ML HIDRATA	un	9
5	9	Limpeza, Higiene e Outros	8679	07896779600519	PORTA DETERGENTE NITRON R51	un	4
5	2	Biscoitos, Doces e Snacks	1377	07895144059013	GOMA MASCAR HAPPYDENT 1,35G MENTA	un	6
5	3	Bebidas	3119	07897568600857	REFRIG FREVO 2L UVA	un	10
5	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2071	07891000089279	BISC RECH NESCAU 140G	un	3
5	8	Óleos, Molhos e Conservas	566	07891700088640	EXTRATO TOMATE TARANTELLA 140G TP	un	9
5	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2399	07896003703726	BISC INT PIT STOP 105,6G AZEIT PRETA	un	6
5	16	Laticínios	6867	07891042091629	MARG BECEL ORIGINAL 500G S/SAL	un	4
5	5	Cereais e Condimentos	8293	07896029077610	RACAO WHISKAS 85G SCH FRANGO	un	8
5	9	Limpeza, Higiene e Outros	3708	07896098906118	SABAO BARRA YPE 200G NEUTRO	un	9
6	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2128	07898921806251	BATATA PALHA PRODUFORTE 140G	un	4
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	4534	07896040706155	LIMPADOR CASA PERF LIMP GERAL 500ML PASS	un	8
6	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2285	07891091064629	BISC RECH TUF S MINI 40G CHOC BRANCO	un	3
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	5469	07891024111802	SAB PALMOLIVE SUAVE 90G LEITE PET ROSA	un	1
6	3	Bebidas	2988	07898341432603	SUCO DEL VALLE MAIS 1L LARANJA CASEIRA	un	5
6	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2095	07892840238841	TORRADA EQUILIBRI CRACKERS 48G ORIGINAL	un	2
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	4133	07891035116179	LIMPA PISOS DESTAC MULT 500ML RF LIR/MAG	un	2
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	4939	07891150027541	CR PENT SEDA 300ML KERAFORCE	un	2
6	3	Bebidas	8886	07898594910392	GARRAFA SQUEEZE MEXBRAS 590ML R1039 CEAR	un	5
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	5197	07896229960149	AMPOLA VIT SKAFE 10ML 3EM1	un	9
6	11	Carnes	7920	0000000005789	MAMINHA GRILL KG	kg	5
6	8	Óleos, Molhos e Conservas	288	07896244830090	PIMENTA REINO PO ISHASHI 40G	un	9
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	4554	07896314708113	SACO LIXO VIP 15L C/20	un	3
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	9251	07896396109167	CORTINA PIA PLAST LEO R9162	un	4
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	9123	07898287710018	FILME PVC LUSAFILM 28CMX15M	un	3
6	7	Alimentos em Pó e Cafés	1630	07896089012118	CAFE VACUO PILAO DESCAF 250G	un	9
6	16	Laticínios	7320	07896010400854	MANTEIGA REGINA TABLETE 200G EXT	un	6
6	11	Carnes	297	07891000502303	AMAC CARNE MAGGI 120G	un	9
6	12	Frios	7064	0000000011916	QUEIJO MINI MUSSARELA REGINA LIGHT KG	un	10
6	9	Limpeza, Higiene e Outros	3734	07896013100348	SACO LIXO TUBARAO 50L C/10	un	1

APÊNDICE C – DETALHAMENTO DOS PRODUTOS DOS PEDIDOS 7 A 10

PEDIDO	SEÇÃO NUMERO	SEÇÃO NOME	POSIÇÃO	EAN	PRODUTO	UN_VENDA	QUANTIDADE
7	17	FLV	7709	0000000000291	MACAXEIRA KG	kg	5
7	15	Congelados	7282	07891150026711	SORVETE KIBON 2EM1 ZERO 1L MORANGO	un	1
7	9	Limpeza, Higiene e Outros	5248	07898468519997	KIT SH+COND ALTA MODA 300+300ML ALFAKERA	un	8
7	9	Limpeza, Higiene e Outros	9500	07896033202053	CHUPETA SILIC LILLO FUNNY N2 AZ R611420	un	1
7	9	Limpeza, Higiene e Outros	5143	07891150008151	SH ANTICASPA CLEAR 200ML HID INTENSA	un	9
7	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2386	07891091063103	BATATA FRITA SCHUSCH 50G NATURAL	un	5
7	3	Bebidas	2955	07896052604609	SUCO SKINKA FRUT CITRICA 2LT	un	2
7	12	Frios	987	07896041110029	SALSICHA VIENA ODERICH 500G	un	7
7	9	Limpeza, Higiene e Outros	5859	07896013105299	GEL DENT INF EVEN T MONICA 50G MORANGO	un	10
7	8	Óleos, Molhos e Conservas	788	07896055411112	MOLHO PIM VERM MESTRE CUCA 150ML	un	5
7	9	Limpeza, Higiene e Outros	5697	07896007200306	PRESERVATIVO BLOWTEX MORANGO C/3	un	6
7	3	Bebidas	3317	07896445470057	SUCO CITRUS 330ML PT MANGA	un	6
7	16	Laticínios	7184	07898403782240	IOG BETANIA GREGO ADOC INT MORANGO 120G	un	9
7	8	Óleos, Molhos e Conservas	1866	07891098000415	CHA PRETO LEAO 16G	un	6
7	9	Limpeza, Higiene e Outros	9173	07898395790230	PUNHO PARA REDE UNIAO 2PCS 50MT	un	7
7	5	Cereais e Condimentos	103	07891095100125	PIPOCA MICRO YOKI 100G NATURAL	un	3
7	7	Alimentos em Pó e Cafés	1838	07891021007429	CAFE SOLUV MELITTA 50G SCH TRAD	un	7
7	8	Óleos, Molhos e Conservas	1892	07896118510400	CHA CHINATOWN 20G AMORA FOLHAS	un	6
7	9	Limpeza, Higiene e Outros	4873	07891150029750	SAB LIQ LUX 220ML BRISA LAVANDA REF	un	3
7	7	Alimentos em Pó e Cafés	1518	07891000097649	ALIM PO NAN COMFOR 3 800G	un	6
8	7	Alimentos em Pó e Cafés	8917	07891048050057	GELATINA DR OETKER S/SABOR C/2 24G	un	7
8	9	Limpeza, Higiene e Outros	3785	07896110005140	PAPEL HIG PERSONAL 4X60M GTS 20M	un	2
8	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2805	07896063221055	BISC COOKIES VITAO LIGHT 150G BAU/CHOC	un	9
8	10	Peixes	7969	07898939105025	FILE PEIXE ABADEJO JEAN VELEIRO 1KG	un	8
8	9	Limpeza, Higiene e Outros	4364	07897520100050	PROTETOR PROAUTO 200ML PROTECAO/BRILHO	un	4
8	9	Limpeza, Higiene e Outros	8591	07891224074358	SAND HAVAIAANAS AERO GRAPHIC GREEN 37/8	un	4
8	9	Limpeza, Higiene e Outros	4357	07891055112106	ESC MULTIUSO CONDOR D MAO R1121	un	3
8	9	Limpeza, Higiene e Outros	5823	07891150039940	SH DOVE ADVANCED 200ML REGENERATE NUTRI	un	1
8	9	Limpeza, Higiene e Outros	8249	07896872402157	BALAO ART LATEX N6,5 VERMELHO	un	5
8	4	Bebidas Alcoólicas	3348	07896756800086	VINHO MIOLO RESEVA 750ML CAB SAUVIGNON	un	9
8	3	Bebidas	2882	07891991001342	REFRIG ANTARCTICA 2L TRAD	un	4
8	16	Laticínios	6899	07891080400063	MARG DELICIA 1KG	un	1
8	5	Cereais e Condimentos	2580	07898905000019	SEMENTE CHIA GERMINA 200G	un	1
8	8	Óleos, Molhos e Conservas	3426	07898192033578	CHA VERMELHO FEEL GOOD 1L AMORA	un	10
8	16	Laticínios	7148	07891000092699	IOG NESTLE GREGO 400G F VERMELHAS	un	7
8	16	Laticínios	7202	07898034920417	IOG ISIS LIGHT 900G GF AMEIXA	un	9
8	9	Limpeza, Higiene e Outros	4020	07896001001329	MOP ESFREGAO ZIG ZAG REFIL	un	7
8	3	Bebidas	3063	07892840802707	REFRIG PEPSI 2,5L TRAD	un	4
8	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2212	07896024770134	BISC PIRAUQUE NATUR 200G MACA/CANELA	un	9
8	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2015	07891962011295	TORRADA BAUDUCCO LIGHT 160G	un	2
9	9	Limpeza, Higiene e Outros	4792	07896013103950	SAB EVEN SUAVE 90G FLOR PESSEGO/MARAC	un	9
9	5	Cereais e Condimentos	30	07898366930016	FLOCOS MILHO VITAMILHO 500G	un	9
9	13	Padaria	8023	00000000008121	OP MINI SALGADO FINOPANE KG	un	5
9	8	Óleos, Molhos e Conservas	874	07896108300578	VINAGRE ALCOOL REGINA 500ML MARACUJA	un	8
9	2	Biscoitos, Doces e Snacks	1321	07622300284114	CHOC LACTA 70G SHOT	un	10
9	4	Bebidas Alcoólicas	3254	07893218003016	BEB MISTA SMIRNOFF ICE 275ML SUNSET	un	9
9	5	Cereais e Condimentos	551	07896110194264	SAL REFINADO LEBRE LIGHT 500G	un	7
9	13	Padaria	8063	07896002306362	PAO LEITE PLUS VITA 500G	un	4
9	9	Limpeza, Higiene e Outros	4621	07891150041714	SH TRESEMME 400ML DETOX CAPILAR	un	2
9	8	Óleos, Molhos e Conservas	989	07891031116197	AZEITONA VER HEMER 180G RECHHEADAS	un	5
9	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2257	07891152302073	BISC GOLD CLASS 156G QUEIJO	un	4
9	6	Massas	1113	07891079001547	MAC INST MIOJO CREMOSO 80G 4 QUEIJOS	un	5
9	9	Limpeza, Higiene e Outros	5766	07897664169234	SAB ALBANY HOMEM 90G CABELO CORPO	un	2
9	2	Biscoitos, Doces e Snacks	2798	07896063220034	BISC INT COOKIES VITAO DIET 150G LARANJA	un	7
9	5	Cereais e Condimentos	1751	07891000050927	CEREAL MOCA FLAKES 120G	un	4
9	8	Óleos, Molhos e Conservas	1013	07896041108064	PATE ODERICH 100G PRESUNTO	un	4
9	12	Frios	7113	00000000005924	MORTADELA SUINA PERDIGAO KG	un	8
9	9	Limpeza, Higiene e Outros	3817	07896110003580	PAPEL HIG PERSONAL 4X60M NEUTRO	un	6
9	9	Limpeza, Higiene e Outros	6153	07895454185020	DEO COL PETUNIA 300ML FLOR & AMOR	un	7
9	9	Limpeza, Higiene e Outros	6546	07896279103688	REP PONTAS VITA CAPILI 30ML BARBOSA	un	3
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	4016	07891035539503	ODORIZ BOM AR 12ML RF CHEIRO TALCO	un	10
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	8205	07897312402294	PRATO DESC FC RASO PR15 C/10	un	1
10	5	Cereais e Condimentos	351	07896113380015	SAL REFINADO MAR E SOL 1KG	un	7
10	15	Congelados	6933	07898260570554	SORVETE FRUTBISS 2L NATA GOIABA	un	6
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	5838	07895454185013	DEO COL PETUNIA 300ML ALFAZEMA FRESH	un	2
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	8586	07891266695764	SAND HAVAIAANAS SL FRESH BCO/ROSA 35/6	un	1
10	8	Óleos, Molhos e Conservas	1356	07896336007812	AMENDOIM PASTA PACOQUITA 180G PT	un	5
10	7	Alimentos em Pó e Cafés	1483	07898403780918	LEITE PO INT BETANIA 200G PCT	un	2
10	15	Congelados	6993	07898260570493	SORVETE FRUTBISS 2L ABACAXI	un	7
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	5473	07891024026441	SAB PALMOLIVE SUAVE 90G FRAMB/TURMALINA	un	4
10	8	Óleos, Molhos e Conservas	3425	07898192032618	CHA BRANCO FEEL GOOD 1L	un	10
10	16	Laticínios	6724	07898403782042	REQUEIJAO CR LACTOLIVRE BETANIA LIG 200G	un	3
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	8515	07891224047444	SAND HAVAIAANAS CASUAL AZUL ESTRELA 41/2	un	4
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	6610	07899026423398	ESMALTE COLORAMA 8ML BATIDA COCO	un	7
10	16	Laticínios	7257	07898403781700	FLAN BETANIA 220G CARAMELO	un	6
10	8	Óleos, Molhos e Conservas	9036	07898409950803	AROMA ARTIF FLEISCHMANN 30ML MORANGO	un	4
10	7	Alimentos em Pó e Cafés	1744	07898928148149	MINGAU VITALON T MONICA 200G 6CEREAIS	un	10
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	9394	00000000012631	PULSEIRA 1499	un	7
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	5615	07896000718037	CR PENT CLINIHAIR 280G NUT INTENSIVA	un	10
10	9	Limpeza, Higiene e Outros	5093	07896014183166	TINT CASTING CR GLOSS 600 LOURO ESCURO	un	2