



Universidade do Minho
Departamento Produção e Sistemas

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

Mestrado em Engenharia de Sistemas

Projeto Integrado II

ZARAMES

Otimização no retalho da moda

Coordenador: Anabela Pereira Tereso

Docentes da UC: José António Oliveira, Manuel Figueiredo, João Manuel Fernandes

Alunos:

Adriana Pinho PG38329

Ana Margarida Rolim PG38332

Beatriz Teixeira PG38896

Célia Figueiredo A67637

Daniel Sousa PG37112

Mara Fernandes PG38576

Márcia Costa A67672

Resumo

O sector da moda da indústria do vestuário tem como alicerce uma constante renovação dos seus produtos em correlação com as variações verificadas na procura, nomeadamente as mudanças de estilo de vida e necessidades de diferenciação (Frings (2001)). Assim, o principal desafio do retalho de moda consiste na maximização da rotação de *stocks* e da margem de produtos, neste ambiente cada vez mais competitivo. É por isso fundamental tomar decisões que otimizem os processos de negócio e minimizem os custos relacionados com a cadeia de abastecimento.

No presente relatório, será descrita toda a análise efetuada aos diferentes processos envolvidos durante o ciclo de vida de uma coleção de artigo, da cadeia de lojas da ZaraMes do grupo IndiMex. Serão abordados temas no que concerne ao primeiro envio dos produtos para as lojas, à reposição dos níveis de inventário dos artigos em análise e, por fim, as estratégias de escoamento final dos mesmos.

O objetivo deste estudo passa pelo desenvolvimento de modelos e soluções para as três fases do problema apresentado, relativo aos processos logísticos e de gestão envolvidos no ciclo de vida desta coleção, de modo a dar resposta às questões supracitadas.

Assim, de acordo com os objetivos propostos, o grupo analisou o primeiro envio dos artigos para as lojas, otimizando o número de rotas a realizar, estudou a gestão de *stocks* em loja e, por fim, definiu uma estratégia de escoamento dos produtos.

Serve este relatório, de relato de todas as ações tomadas para que a realidade vivida na empresa fosse traduzida e estudada da melhor forma possível.

Conteúdo

1	Introdução	1
2	Gestão do Projeto	2
3	Caso de Estudo: ZaraMes	4
3.1	Apresentação do Caso de Estudo	4
3.2	Localização das Lojas e Armazém	5
3.3	Seleção de Artigos	5
3.4	Objetivos do Problema	6
4	Análise de requisitos	8
4.1	Modelo Use Case	8
5	Parte I: Primeiro Envio	10
5.1	Previsões	10
5.1.1	Método de Previsão	10
5.2	Otimização das rotas	12
5.2.1	Revisão da Literatura	12
5.2.2	Explicação do modelo atual da ZaraMes	12
5.2.3	Explicação e Modelação em Matlab do modelo de otimização aplicado	14
5.2.4	Resultados do modelo otimizado	17
5.3	Técnicas de decisão multicritério - AHP	19
5.3.1	Estruturação do problema	19
5.3.2	Construção da hierarquia de decisão	20
5.3.3	Atribuição de pesos aos atributos	20
5.3.4	Atribuição de pesos às alternativas	23
5.4	Análise de Sistemas	25
5.4.1	Diagrama de Influência	25
5.4.2	Árvore de decisão	26
5.4.3	Análise de Sensibilidade	27
5.4.4	Perfis de Risco	28
6	Parte II: Reposição de Stocks	30
6.1	Pressupostos	30
6.2	Modelo Ciclo de Encomenda	30
6.2.1	Objetivos do Modelo	30
6.3	Aplicação do Modelo a 5 Lojas	31
6.3.1	Parâmetros Probabilidade de Venda e Número de Clientes	31
6.3.2	Construção do Modelo	31
6.3.3	Loja ZaraMes Localizada no Braga Parque	32
6.3.4	Loja ZaraMes localizada na Avenida Central de Braga	34
6.3.5	Loja ZaraMes de Santarém	35
6.3.6	Loja ZaraMes do Colombo Lisboa	36
6.3.7	Loja ZaraMes do Norte Shopping Porto	37

7	Parte III: Escoamento Final do Produto	38
7.1	Fase final do ciclo de vida do produto: Promoção	38
8	Conclusões	40
A	Anexos	42
A.1	Script usado no MatLab para Geração de rotas otimizadas	42

Lista de Figuras

2.1	<i>Work Breakdown Structure</i> (WBS) do Projeto	2
2.2	Alocação dos recurso às diferentes tarefas, realizado com o Microsoft Project	3
2.3	Diagrama de Gantt realizado com o Microsoft Project	3
3.1	Estrutura interna da Zara Kids	4
3.2	Blazer de fato de fantasia 45,95 €	5
3.3	Macacão de linho com abertura e botões 22,95 €	5
3.4	Vestido piqué com flores 22,95 €	6
3.5	Calções bermuda ninho de abelha 5,95 €	6
3.6	T-shirt com imagem <i>the city</i> 5,95 €	6
4.1	Modelo de Use Case	9
5.1	Proporção de produtos enviados por cada um dos trinta camiões para cada uma das trinta lojas	12
5.2	Distância percorrida (kms) de acordo com as rotas efetuadas pela empresa ZaraMes	13
5.3	Esquematização do modelo atual de rotas da empresa ZaraMes	13
5.4	Resultados da Otimização das rotas	17
5.5	Especificação das 13 Rotas Otimizadas	18
5.6	Resultados da rotas otimizadas no mapa de Portugal	18
5.7	Diagrama de Hierarquia de decisão	20
5.8	Diagrama de Influência	25
5.9	Árvore de Decisão	26
5.10	Gráfico Tornado	27
5.11	Gráfico Spider	28
5.12	Gráfico Perfil de Risco	28
5.13	Gráfico Cumulativo	29
6.1	Evolução do inventário do Blazer na Loja Braga Parque	32
6.2	Flutuação do nível de Inventário do A - Macacão, B - Vestido, C - calções e D - T-shirt, na Loja Braga Parque	33
6.3	Flutuação do nível de Inventário do A - Blazer, B - Macacão, C - Vestido, D - calções, E - T-shirt na avenida central de Braga	34
6.4	Flutuação do nível de Inventário do A - Blazer, B - Macacão, C - Vestido, D - calções, E - T-shirt em Santarém	35
6.5	Flutuação do nível de Inventário do A - Blazer, B - Macacão, C - Vestido, D - calções, E - T-shirt no Colombo Lisboa	36
6.6	Flutuação do nível de Inventário do A - Blazer, B - Macacão, C - Vestido, D - calções, E - T-shirt no Norte Shopping Porto	37
7.1	Gráfico escoamento final da loja BragaParque	39

Lista de Tabelas

5.1	Coordenadas das trinta lojas da ZaraMes	15
5.2	Matriz Custos	16
5.3	Score Card das alternativas	19
5.4	Matriz de comparação entre atributos	21
5.5	Escala de importância	21
5.6	Equivalente decimal da matriz de comparações entre atributos	21
5.7	Matriz normalizada	22
5.8	Verificação da Consistência dos pesos	22
5.9	Melhoramento da taxa de consistência	23
5.10	Melhoramento da taxa de consistência	23
5.11	Atribuição de pesos relativos às alternativas	23
5.12	Pesos de prioridade das alternativas	24

Lista de siglas

AHP *Analytic Hierarchy Process*

CD *Centro de Distribuição*

CVRP *Capacitated Vehicle Routing Problem*

WBS *Work Breakdown Structure*

VRP *Vehicle Routine Problem*

VRPTW *Vehicle Routing Problem with Time Windows*

VRPPD *Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery*

1. Introdução

O sector da moda da indústria do vestuário, tem como alicerce uma constante renovação dos seus produtos em correlação com as mudanças verificadas na procura, nomeadamente as mudanças de estilo de vida e necessidades de diferenciação (Frings (2001)). O avanço sociocultural encadeia um ritmo de vida mais rápido e, como Sproles and Burns (1994) defendem, a sociedade está orientada para a mudança e progresso contínuos. Atualmente, a informação flui em tempo real e a moda faz-se todos os dias, com as celebridades, as séries de televisão, a música e o desporto a influenciarem, diariamente, as escolhas das massas de consumidores.

A indústria da moda detém, hoje em dia, características muito particulares relacionadas com o produto oferecido e com a sua procura. Os ciclos de vida curtos, a grande variedade de produtos, a alta instabilidade aliada a uma baixa previsibilidade e, a elevada percentagem de compra por impulsos, são conceitos que, no quotidiano desta indústria, ganharam uma nova e importante dimensão. Desta forma, devido à elevada relevância desta terminologia, é apresentado, abaixo, uma pequena definição da mesma.

- **Ciclos de vida curtos:** O produto é temporário e comparável a um artigo perecível, podendo este ser da indústria alimentar, a título de exemplo. É concebido com o propósito claro de satisfazer um determinado cliente, numa janela temporal definida.
- **Grande variedade de produtos:** A multiplicidade de tamanhos, de cores e de modelos registou um aumento. Este deve-se à vontade dos retalhistas de dar uma resposta imediata ao crescente nível de sofisticação dos seus clientes.
- **Alta instabilidade e baixa previsibilidade:** A procura pelos artigos considera-se instável e imprevisível. As variáveis que influenciam o comportamento do consumidor final são infinitas, afastando-se cada vez mais do raio de influência do mesmo e do controlo da indústria.
- **Alta percentagem de compra por impulso:** O comportamento dos consumidores é caracterizado como impulsivo, uma vez que este, quando confrontado com determinados produtos, é seduzido à compra, influenciando a disponibilidade dos artigos em loja.

A combinação entre a longa e inflexível cadeia de abastecimento da indústria de vestuário com o estado atual do sector da moda, exigente devido à rotação massiva dos artigos nas lojas e orientada para a customização dos seus produtos, resulta num impasse para o qual surgiram diferentes abordagens centradas na gestão da cadeia de abastecimento, orientadas para um novo conceito: *Fast Fashion*. Assim, *Fast Fashion* é uma estratégia de negócio que procura reduzir não só os processos envolvidos no ciclo de compra dos seus produtos mas também em encontrar lead-times inferiores para a colocação de artigos nas lojas, de forma a satisfazer a procura do consumidor. Tal como Birtwistle (2003) defende, o sucesso de uma empresa está dependente da sua capacidade em ser flexível, tanto no desenho como na produção, permitindo a reação às últimas tendências.

Assim, foi proposto na Unidade Curricular de Projeto Integrado II, que por sua vez envolve diversas áreas de estudo, que se analisassem os diferentes processos associados à gestão de uma cadeia de lojas do setor da moda, relativos à venda de uma nova coleção. Deste modo, o grupo de trabalho selecionou a cadeia de lojas do grupo Inditex, mais concretamente as lojas da Zara Kids, e aplicou diversos conceitos assimilados durante o semestre letivo, envolvendo a previsão e gestão de stocks, análise de sistemas, modelos e métodos de decisão e otimização da cadeia de abastecimento. Adicionalmente, foram ainda exploradas duas áreas novas envolvendo conceitos relacionados com gestão de projetos e análise de requisitos. Com este trabalho, pretendeu-se assim analisar e consolidar os conhecimentos adquiridos e, avaliar a sua utilização num contexto real.

2. Gestão do Projeto

A gestão de projeto é o conjunto de conhecimentos, técnicas e ferramentas utilizadas para planejar, executar e controlar um projeto. Assim, de acordo com as orientações dadas, o grupo elegeu um gestor do projeto, que por sua vez, controlou, com o auxílio do Microsoft Project, toda a evolução do projeto.

O primeiro passo foi a construção de uma WBS, de modo a organizar todas as fases, entregáveis e pacotes de trabalho necessários para a realização deste projeto. Tal como se observa na figura 2.1, o projeto engloba duas partes distintas, uma de gestão do projeto e a restante de desenvolvimento do projeto. Na primeira estão incluídas todas as tarefas inerentes ao planeamento e controlo do projeto, enquanto que na segunda, estão englobadas todas as tarefas relativas à execução do projeto. O desenvolvimento do projeto compreende oito fases distintas, cada uma delas responsáveis pela conclusão de um entregável, indicado a vermelho na figura 2.1. Por sua vez, os entregáveis exigem o cumprimento de determinados pacotes de trabalho, indicados a azul na mesma figura 2.1. A cada fase, entregável e pacote de trabalho, foi atribuída uma percentagem de tempo que o mesmo acarretava. Após a construção da WBS, fez-se o download do ficheiro e importou-se para o Microsoft Project.

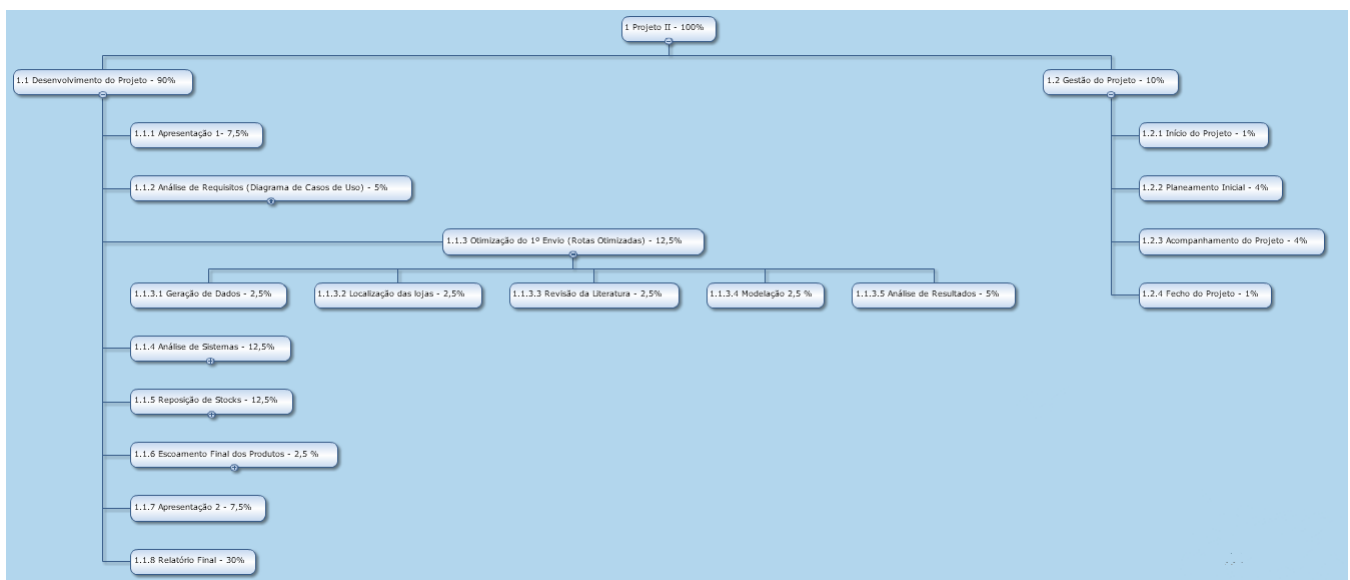


Figura 2.1: WBS do Projeto

Através do Microsoft Project foi possível definir as restrições externas, denominadas por *Constrain Chart*, das quais o início de execução de uma ou mais tarefas dependiam, e os prazos limite dos marcos do projeto, amis concretamente *Milestone Chart*, para a conclusão dos entregáveis, como demonstra a figura 2.3. Com o auxílio desta ferramenta, foi ainda possível criar os recursos, que são todos os elementos do grupo, e posteriormente, atribuir a cada tarefa ou pacote de trabalho, os recursos que a iriam executar.

A alocação dos recursos às tarefas existentes é uma das etapas fundamentais, uma vez que determina quem vai fazer cada pacote de trabalho e, até quando deve executá-lo. Assim, a atribuição de tarefas pelos sete recursos, designadamente pelos sete membros do grupo, fez-se de forma equitativa, procurando que todos os sete elementos do grupo tivessem a mesma carga de trabalho, o que resultou em oitenta e oito horas de trabalho total cada um. Como se comprova pela figura 2.2, apesar de executarem tarefas diferentes, todos os recursos trabalham o mesmo número de horas sem que, em nenhum dia, o máximo de oito horas seja ultrapassado.

Nome do Recurso	Trabalho	Detalh	S	T	Q	Q	S	S
▷ Não Atribuído	0 hrs	Traba						
▷ Daniel Sousa	88 hrs	Traba	4,57h	2,57h	2,57h	2,57h	2,57h	1,07h
◄ Margarida Rolim	88 hrs	Traba	5,5h	3h	3h	2,5h	2,5h	1h
Preparação da Apresentação 1	1 hr	Traba						
Preparação da Apresentação 2	4 hrs	Traba	4h					
Preparação do Relatório Final	57 hrs	Traba	1h	1h	1h	1h	1h	1h
Revisão da Literatura	1 hr	Traba						
Modelação do Problema a Otimizar	3 hrs	Traba						
Desenvolvimento de soluções	3 hrs	Traba						
Análise de Resultados	3 hrs	Traba				1,5h	1,5h	
Planeamento Inicial	2 hrs	Traba						
Geração de Dados	0,5 hrs	Traba	0,5h					
Desenvolvimento de soluções	4 hrs	Traba		2h	2h			
Geração de Dados	0,5 hrs	Traba						
Desenvolvimento de soluções	4 hrs	Traba						
Análise de Resultados	3 hrs	Traba						
Diagramas de Use Case	2 hrs	Traba						
▷ Márcia Costa	88 hrs	Traba	6h	1h	1h	1h	1h	1h
▷ Célia Figueiredo	88 hrs	Traba	6h	1h	1h	1h	1h	1h
▷ Adriana Pinho	88 hrs	Traba	7,8h	2,8h	2,8h	2,8h	3,8h	3h
▷ Mara Fernandes	88 hrs	Traba	7h	2h	2h	2h	3h	3h
▷ Beatriz Teixeira	88 hrs	Traba	7h	2h	2h	2h	3h	3h

Figura 2.2: Alocação dos recurso às diferentes tarefas, realizado com o Microsoft Project

Para controlar o estado do projeto gravou-se, inicialmente uma *base line*, que serviu como o planeamento inicial de todo o projeto, e posteriormente, todas alterações nas tarefas realizadas, como modificações nos tempos de conclusão das mesmas, foram comparadas com a *base line* guardada. Ao longo do projeto, foi necessária uma atualização constante do estado de conclusão das tarefas, de modo a garantir que, todas as tarefas eram concluídas dentro dos prazos estabelecidos no planeamento inicial. Como se verifica através da figura 2.3, as tarefas foram dadas por terminadas dentro dos tempos previstos, sendo que algumas, foram mesmo finalizadas antes do tempo programado.

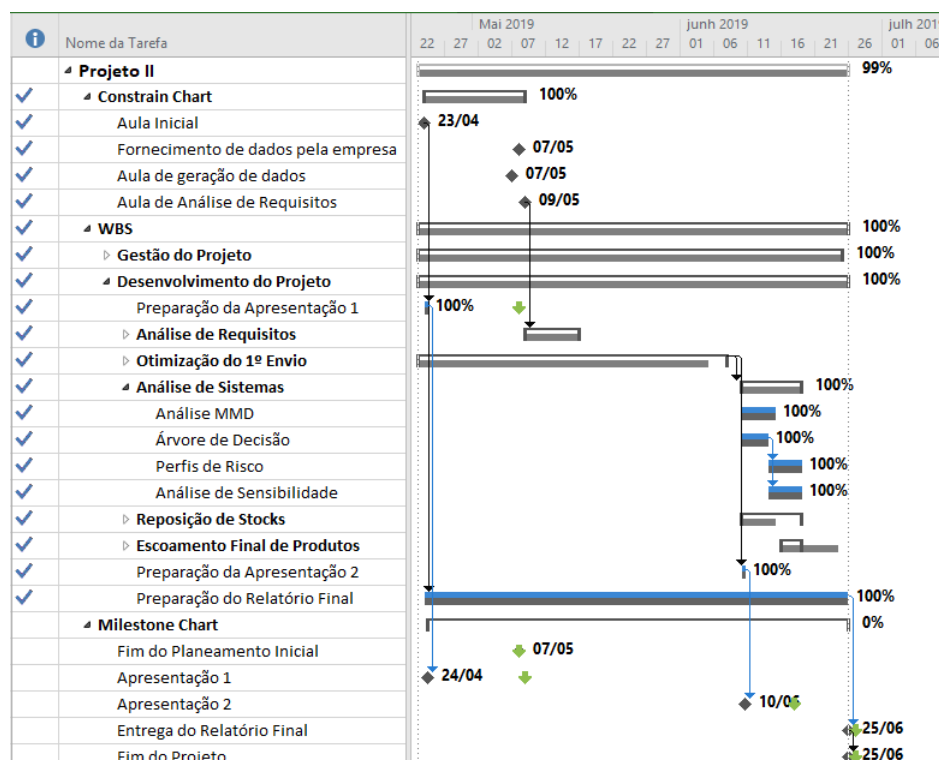


Figura 2.3: Diagrama de Gantt realizado com o Microsoft Project

A gestão do projeto revelou-se extremamente útil para alocar os sete recursos às diferentes tarefas de forma equitativa, para o cumprimento de todos os prazos definidos para as diferentes tarefas e, para a monitorização do andamento de todo o projeto. Esta proporcionou uma melhor organização e um controlo detalhado de todas as tarefas realizadas pelo grupo de trabalho, ao longo de todo o projeto.

Desta forma, considera-se que esta ferramenta é essencial para aprimorar todo o processo de governação do projeto.

3. Caso de Estudo: ZaraMes

3.1 Apresentação do Caso de Estudo

A filosofia de negócio da Zara assenta em princípios como a criatividade, a inovação, o design elegante, a resposta rápida ao mercado, uma atenção redobrada à forma de exposição dos artigos em loja e, por fim, uma organização interna altamente desburocratizada. O objetivo deste modelo de negócio é dar ao consumidor o que ele procura ao menor preço possível, no período de tempo mais curto exequível.

A Zara pretende induzir os clientes não na compra de grandes quantidades, mas sim na visita frequente à loja. Os clientes habituais sabem-no e, os restantes depressa se aperceberão que todas as semanas, 25% dos produtos que encontram nas lojas são novidades, e sentir-se-ão seduzidos a entrar na loja de cada vez que estiverem por perto.

A Zara está organizada em secções de Homem (Zara Man), de Senhora (Zara Woman), e de Criança (Zara Kids). A estrutura organizativa de cada uma destas secções, assenta em princípios idênticos, embora existam diferenças devido às características naturais de cada secção. A título de exemplo, pode-se justificar a não existência de um departamento de *Básicos* na Zara Kids, pois os produtos primários fazem apenas parte de uma linha dentro da coleção. Por outro lado, na Secção de Senhora, existe um departamento de produtos do tipo básicos, dedicado em exclusivo à produção de artigos básicos para os vários *lifestyles* de Senhora.

Linhas	Departamentos				
	Menina	Menino	Bebé		
			New Born	Baby G	Baby B
Casual	x	x			
Sport	x	x		x	x
Soft	x				
Geral			x		
Urban		x			
Básico	x	x		x	x
Divisões Transversal					
Knitwear	x	x		x	x
Denim	x	x		x	x

Figura 3.1: Estrutura interna da Zara Kids

Tal como resumido na imagem 3.1, fazem parte da Zara Kids, departamentos como Menino, Menina e Bebé, sendo que este último se subdivide em New Born, Baby Girl e Baby Boy, para os quais são desenvolvidas duas coleções por ano, com linhas Casual, Sport, Soft, Geral, Urban e Básicos. Adicionalmente, existem Divisões transversais que são responsáveis pela criação de coleções de Knitwear e Denim (ganga), que alimentam as coleções de Menina, Menino e Bebé.

O caso em estudo, vem de encontro à realidade vivida pela Zara Kids do grupo Inditex. Desta forma, a empresa ZaraMes é inspirada nas lojas Zara Kids, representando uma grande parte da cadeia de valor do grupo IndiMex.

3.2 Localização das Lojas e Armazém

De todas as lojas existentes da marca ZaraKids, a nível mundial, foram escolhidas apenas lojas no território nacional, sendo que das oitenta e seis lojas que existiam, foram selecionadas trinta, localizadas em Portugal Continental. As trinta lojas estão distribuídas de norte a sul do país, tendo sido selecionadas de acordo com a sua diferente capacidade e volume de vendas. Assim, farão parte do estudo lojas localizadas em grandes centros urbanos, apresentando um elevado número de clientes diários e, por outro lado, lojas que devido a sua localização em território com uma densidade populacional inferior, apresenta uma baixa afluência de clientes.

Por fim, é utilizada a localização real do centro de distribuição da Zara, em Espanha. Assim sendo, todos os envios para os estabelecimentos de venda são feitos a partir do centro de distribuição, em camiões, chegando aos mesmos duas vezes por semana, tal como a empresa inspiração efetua.

3.3 Seleção de Artigos

De forma a selecionar cinco dos muitos artigos da coleção da ZaraKids do presente ano, foram estabelecidos critérios de escolha. O primeiro, implica que os produtos escolhidos apresentem três categorias de procura distintas. Assim sendo, dois artigos dos artigos em estudo apresentam uma procura elevada, um com procura média e outros dois com procura baixa.

Para selecionar os artigos, foi tida em consideração, também, a procura real, baseada em dados reais recolhidos por um membro do grupo que à data era colaboradora na ZaraKids do Braga Parque. Consequentemente, foram selecionados os artigos que durante a semana de recolha de dados, apresentaram mais procura. Deste modo, os produtos selecionados com procura elevada são um blazer de fato fantasia (3.2) e um macacão de linho com abertura e botões (3.3), quanto ao produto de procura média foi escolhido um vestido pique com flores (3.4) e por fim, para representar os produtos de procura baixa, foram selecionados os calções bermuda ninho de abelha (3.5) e a *t-shirt* com imagem the city (3.6).



Figura 3.2: Blazer de fato de fantasia 45,95 €



Figura 3.3: Macacão de linho com abertura e botões 22,95 €



Figura 3.4: Vestido piqué com flores 22,95 €



Figura 3.5: Calções bermuda ninho de abelha 5,95 €



Figura 3.6: T-shirt com imagem *the city* 5,95 €

3.4 Objetivos do Problema

Como já referido, o caso de estudo consiste numa inspiração do modelo de negócio da Zara, concretamente a ZaraKids.

O projeto aborda diversas áreas de diferentes perspetivas. Desta forma, é pretendido integrar áreas de estudo tais como Análise de Sistemas, Otimização da cadeia de abastecimento, Previsão e Gestão de Stocks, de forma a melhorar todo o processo que envolve a gestão dos produtos na cadeia de abastecimento da empresa de Vestuário. Pretende, assim, obter a resolução de diversos problemas desde o primeiro envio do produto, até à gestão do seu stock, incluindo a fase de escoamento do mesmo.

Primeiramente, relativamente à resolução do problema do primeiro envio de produtos para as lojas, é pretendido prever as quantidades de cada produto a enviar para cada loja, tendo em consideração o histórico da procura que produtos semelhantes tiveram em anos anteriores. Por falta desses dados reais históricos, esta parte será substituída por um relato dos passos que teriam de ser feitos para que esta fosse concluída.

De seguida, e, ainda referente ao primeiro envio de produtos para os trinta estabelecimentos de venda de retalho, é pretendido otimizar as rotas da cadeia de abastecimento das lojas, a partir de um centro de distribuição localizado na Espanha até às trinta lojas selecionadas em Portugal Continental. Concretamente, este problema consiste em decidir se o modelo mais favorável para a ZaraMes é o atualmente utilizado pela Zara, que consiste no envio de produtos através de uma frota própria composta por trinta camiões, na qual cada camião leva todas as segundas e quintas uma carga a cada loja, em viés da segunda opção, elaborada pelo grupo de trabalho, na qual um camião poderá sair do centro de distribuição e incorporar mais do que uma loja na sua rota, dependendo da localização das mesmas, consoante a quantidade de artigos a transportar, de modo a diminuir os custos de transporte, garantindo que o produto é entregue, em cada loja, atempadamente.

Incorporado, também, no primeiro envio de produtos, é pretendido avaliar, através de métodos e modelos de decisão, de acordo com o tempo de viagem, o custo da mesma e a distância percorrida, se a opção de otimização de rotas é benéfica quando comparada com a opção atualmente utilizada pela empresa.

Por fim, relativamente ainda ao primeiro envio, através de técnicas de análise de decisão, nomeadamente através de um diagrama de influência e de uma árvore de decisão, é pretendido avaliar se a melhor opção é ter uma frota própria de camiões que irão abastecer as lojas ou, contrariamente, contratar uma empresa para fazer esse serviço.

Para além do primeiro envio, o problema da reposição de artigos cinge-se em, gerir todo o stock dos cinco produtos nas lojas, de forma a maximizar a procura satisfeita em cada uma delas, garantindo um nível de serviço nunca abaixo dos 95%.

Por último, é proposto encontrar uma estratégia para escoamento final dos cinco produtos.

Em suma, o objetivo global do projeto é otimizar todos os processos de negócio, minimizando os custos da empresa.

4. Análise de requisitos

De um modo geral, um requisito pode ser definido como qualquer coisa que alguém deseja segundo Fernandes and Machado (2015). Sendo assim, quando se fala de requisitos, assume-se na forma mais elementar, que há uma entidade, podendo esta ser uma pessoa ou objeto, que sente a necessidade de satisfazer uma limitação. Os requisitos exprimem as necessidades dos utilizadores e as restrições que são colocadas a uma sistema. São as propriedades que um sistema deve vir a manifestar quando estiver construído.

Um requisito candidato é aquele que foi identificado através de uma técnica de levantamento de requisitos. Um requisito funcional descreve uma funcionalidade a disponibilizar aos utilizadores de um sistema. Caracteriza, parcialmente, o comportamento do sistema como resposta aos estímulos a que estaria sujeito. Idealmente, os requisitos têm de ser independentes de questões de conceção e implementação. Um requisito não funcional, corresponde a um conjunto de restrições impostas ao sistema a desenvolver. Estabelece o quão atrativo, usável, rápido ou fiável é o sistema. Inclui restrições temporais, restrições no processo de desenvolvimento e a adoção de normas. Assim, evita-se estar a tomar decisões de conceção e de implementação de forma precipitada.

O objetivo desta análise é desenvolver um sistema genérico que permitirá resolver o mesmo problema transportado para várias empresas com produtos diferentes.

4.1 Modelo Use Case

Uma das partes da análise de requisitos corresponde à definição dos *use case*, com o objetivo de os aplicar numa primeira fase do projeto. Primeiramente, é necessário identificar os atores, que serão quem interagirá com o sistema. Posteriormente à identificação dos atores, passou-se à identificação dos casos de uso, isto é, o que se pretende do sistema, que corresponde à especificação da funcionalidade a ser implementada. Neste sentido, quando se define um *use case*, para além de ser uma espécie de documentação, deve-se considerar que se trata de uma unidade coerente de funcionalidade. Define também um comportamento do sistema, sem revelar a estrutura interna, divulgando desta forma, a comunicação entre os atores e o sistema. O conjunto de todos os use cases acaba por definir pela íntegra, toda a funcionalidade do sistema que decorre na sua essência, do diálogo entre o sistema e os atores, e a responsabilidade de resposta funcional do sistema.

No modelo de *use case*, apresentado na figura 4.1, o apelo visual permite literalmente desenhar o processo de execução do negócio e visualizar a responsabilidade de cada participante. Permite, quando entra em cena, definir qual a sua interação e a sequência em que o trabalho precisa de ser realizado em relação às responsabilidades e tarefas dos restantes integrantes do processo.

No presente projeto, os atores são o 'Gerente da Loja', o 'Gerente da cadeia', o 'Responsável do Armazém' e o 'Operário de Loja'.

O sistema da empresa ZaraMes, terá de ser responsável por gerar rotas otimizadas para a distribuição dos produtos, assim como por prever a procura dos produtos de cada uma das trinta lojas. Deve, também, registar o número de clientes que entram em cada loja. Por outro lado, o responsável do armazém, deverá atualizar a mercadoria que entra e sai do armazém. Em seguimento, o operário de loja terá a tarefa de efetuar venda e consultar vendas e *stocks* de produtos quando necessário. O gerente de loja, ao receber alertas de ruturas de *stock*, deverá providenciar uma entrega de produtos em falta na loja. Por último, o gerente da cadeia terá a função de gerir todas as lojas, a frota de camiões e todos os produtos. O gerente da cadeia apenas terá de gerir a frota de camiões caso o sistema criado não consiga responder, devido a uma falha.

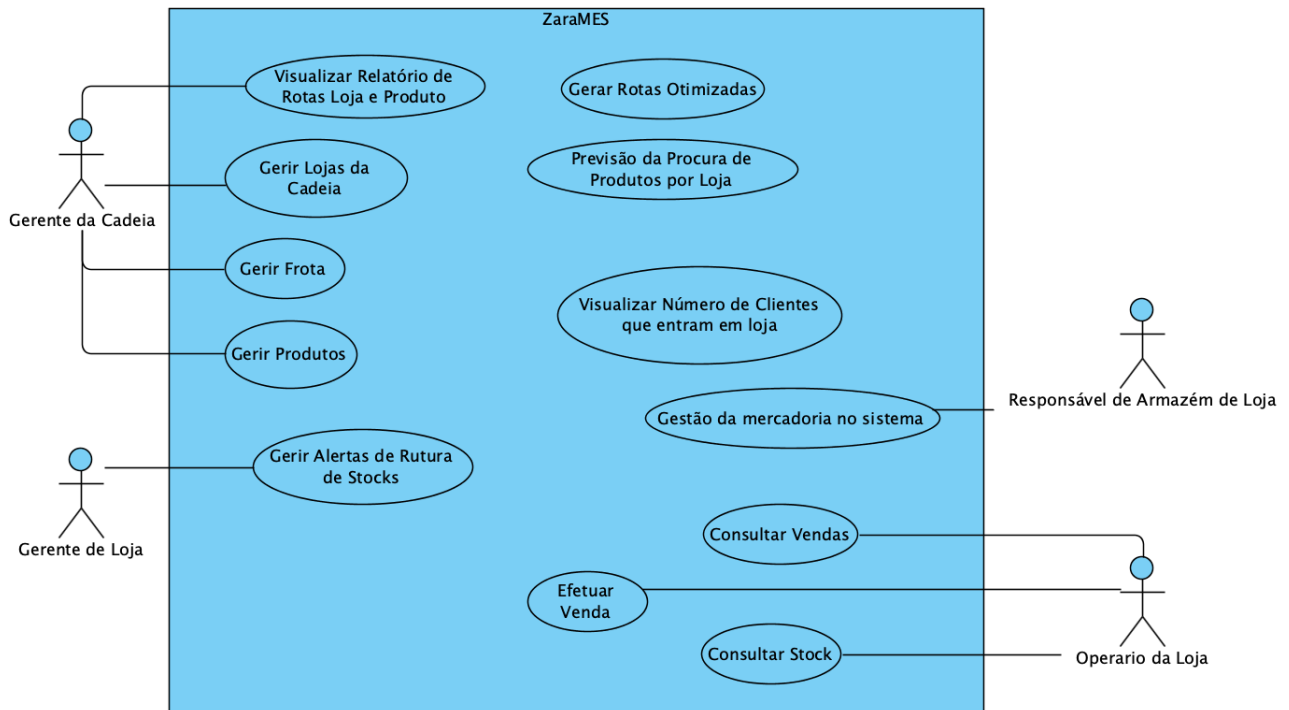


Figura 4.1: Modelo de Use Case

5. Parte I: Primeiro Envio

5.1 Previsões

Neste capítulo, pretende-se explicar como a previsão do número de artigos a enviar para as lojas, no primeiro envio, seria elaborada. Para esse fim, primeiramente, realizou-se uma revisão da literatura no que concerne os métodos de previsão e conceitos conhecidos. Desta forma, apresenta-se, de seguida, um resumo da informação encontrada.

Hoje em dia, nenhum negócio consegue desenvolver e amadurecer sem nenhuma técnica de previsão aliada ao mesmo. É essencial o estudo dos acontecimentos anteriores na vida empresarial, a fim de possibilitar uma melhor preparação e controlo dos acontecimentos futuros. Desta forma, a empresa consegue controlar melhor o seu negócio, permitindo aplicar políticas de prevenção e de expansão, dependendo e de acordo com o previsto.

A maioria das empresas necessita de prever o nível da procura para os seus produtos e/ou serviços. A inexistência de previsões ou uma má previsão pode provocar excessos ou falta de capacidade, excedentes de stock ou perda de oportunidade de venda entre outras consequências negativas, prejudicando os resultados económicos da empresa. Assim, a previsão pode ser considerada um ponto fundamental para o planeamento de toda a atividade futura da empresa. O aumento do grau de exatidão das previsões, através da utilização de técnicas e princípios bem definidos, é uma forma de combater os erros das previsões. Contudo, a eliminação da incerteza e do risco de cada previsão é impossível, uma vez que a previsão, nada mais é do que uma estimativa de um resultado provável, baseado num conjunto de pressupostos acerca de um determinado período futuro. Posto isto, a previsão não constitui um fim em si mesmo, mas sim um meio de obtenção de informações para uma consequente tomada de decisão, visando atingir os objetivos da empresa.

5.1.1 Método de Previsão

Os métodos de previsão podem ser classificados em Métodos Qualitativos e em Métodos Quantitativos.

Os Métodos Qualitativos são aqueles que dispensam de dados quantificados e baseiam-se na experiência de "especialistas" na área. Estes, estabelecem cenários e paralelismos com situações semelhantes à que se pretende prever. Devido à sua natureza subjetiva, este método é utilizado para a formulação de estratégias, para o desenvolvimento de novos produtos e de tecnologias com uma taxa incerta de aceitação no mercado. Contudo, devido ao número reduzido de dados disponíveis e à inexistência de valores históricos, a previsão e respetiva análise poderá ser muito mais trabalhosa e menos confiável.

Os Métodos Quantitativos, são baseados na análise de dados históricos, na identificação de padrões de comportamento, na extrapolação dos padrões identificados para o futuro e em pressupostos de estabilidade. Por sua vez, os métodos quantitativos de previsão, podem também ser agrupados em Métodos Não Causais, conhecidos por extrapolativos e em Métodos Causais ou Explicativos. Os Métodos Não Causais necessitam da análise de valores históricos, a fim de identificar padrões de comportamento de dados passados, sendo o mais adequado a previsões de curto prazo, devido ao pressuposto da estabilidade da variável a prever. Nesta classe, estão presentes métodos como o de Decomposição, o do Alisamento Exponencial e o de *Box-Jenkins*, a partir dos quais se fazem previsões a curto e a médio prazo, estabelecendo uma relação causa e efeito entre a variável que se pretende prever e outras variáveis que possam explicar o seu comportamento, através da utilização de técnicas de regressão. Por outro lado, os Métodos Causais, recorrem habitualmente a técnicas de regressão, procurando relacionar a variável que se pretende prever, com as restantes variáveis, a fim de explicar o seu comportamento, permitindo elaborar previsões de curto e de médio prazo.

A elaboração de Séries Temporais é uma forma de representar uma relação causal entre uma variável dependente, aquela que pretendemos prever, e uma variável independente, nomeadamente o tempo, podendo ser expresso em horas, dias, semanas, meses, trimestres, anos ou décadas, dependendo do caso em estudo. O estudo das Series

Temporais, tem por finalidade não só determinar se o comportamento das observações, ordenadas no tempo, apresentam algum padrão não-aleatório isto é, se existe alguma relação entre as mesmas ao longo do tempo, como também de identificar e entender esses padrões comportamentais, a fim de estimar os valores futuros da variável observada. Estas observações podem ser designadas por contínuas, caso os registos forem efetuados em qualquer instante de tempo. Contrariamente, são designadas como séries temporais discretas, séries cujos registos forem identificados em intervalos de tempo regulares e discretos.

A análise das séries temporais não só é útil para o processo de previsão, como também para reduzir os próprios erros de previsão. Numa série temporal, podemos identificar vários componentes típicos como o nível, a tendência, a sazonalidade, o ciclo e as variações aleatórias.

O nível da série, é uma medida do seu valor num determinado período de tempo, indicando assim, a escala da mesma.

A tendência corresponde às variações numa serie temporal a longo prazo, o que provoca um aumento ou diminuição dos seus valores ao longo do tempo.

As variações numa serie temporal a longo prazo, podem ser afetadas por fatores como o crescimento populacional, as mudanças nos preços relativos, as preferências das pessoas, a escassez de matérias-primas, as mudanças na legislação, na indústria tecnológica, entre outros.

A sazonalidade existe numa serie temporal quando os seus valores variam, conforme um fator temporal bem definido, podendo ser este expresso por mês, por hora, entre outros, em intervalos de tempo regulares e normalmente inferiores a um ano.

O ciclo ou variações cíclicas correspondentes às oscilações de longo prazo relativamente ao nível da série, apresentam duração irregular, normalmente superior a um ano, estando geralmente associadas aos ciclos económicos de expansão e recessão, apresentando comportamento ondulatório. Por fim, as variações aleatórias não têm qualquer padrão identificável, podendo ser causadas por acontecimentos imprevisíveis e inesperados tais como catástrofes naturais. Estas flutuações em torno do valor médio, são denominadas por componente irregular.

Assim, é necessário utilizar um método capaz de traduzir estes fatores de forma a prever, possibilitando uma análise com menor erro possível.

Neste projeto não se conseguiram obter os dados históricos necessários para efetuar as previsões pretendidas. Assim, e de forma a elucidar como faríamos se dispuséssemos desses valores, serão explicados de seguida, possíveis métodos que se poderiam aplicar a esta empresa ligada ao retalho de moda.

Um fator importante na qualidade das previsões, é o volume de dados históricos existente. Caso existam valores de vendas relativos a vários anos anteriores, é possível analisar um volume de informação maior, o que em grande parte das ocasiões, permite obter resultados mais rigorosos, mais confiáveis, originando melhores previsões. Se, por outro lado, existirem poucos dados históricos, as previsões que resultam a partir destes serão mais incertas, uma vez que os valores existentes podem estar afetados por um ou mais fatores ocasionais, verificados na altura de recolha dos mesmos. É importante referir que, no caso do setor da moda, as tendências de procura pelos artigos mais recentes tem um enorme peso. Assim, nesta análise em estudo, poderíamos obter previsões de qualidade, com dados históricos de apenas dois ou três anos anteriores. No entanto, quanto maior o espetro de tempo histórico a partir do qual será feita a previsão, mais completa será a mesma.

Devido à importância e ao volume de vendas efetuado pela empresa IndiMex, seria apropriado, criar um método de previsão para cada uma das cadeias de lojas da mesma. Posto isto, a ZaraMes, teria um método de previsão ajustado a cada produto da cadeia. Devido ao tamanho desta, seria irreal que tal não acontecesse. Assim, é apresentado um método de previsão baseado em cotas, apenas como exemplo, do que poderia ser implementado na empresa ZaraMes, caso esta não tivesse um método próprio de previsão.

Uma possível forma de definir a quantidade a enviar para cada loja passaria pelo cálculo da cota de vendas associada à mesma. Esta cota permitiria que a cada loja fosse atribuído um valor correspondente à sua percentagem de vendas, relativamente ao total. Assim, com este método simples, seria possível definir as quantidades a enviar no primeiro envio, para cada loja, atendendo apenas às vendas que a mesma efetua.

Concluindo, o métodos de previsão descrito, poderia ser aplicado no sentido de estudar o comportamento das vendas dos artigos da ZaraMes nos últimos anos. Desta forma, seria possível prever a procura de cada artigo e, posteriormente, com base nesses dados, calcular uma quantidade apropriada, para esse mesmo envio, para cada loja.

5.2 Otimização das rotas

5.2.1 Revisão da Literatura

A cadeia de abastecimento é fulcral para o sucesso de uma empresa. Por esse motivo, diversos estudos e modelos de otimização foram desenvolvidos no sentido de reduzir os custos associados e, por outro lado, fornecer com a maior eficácia os produtos pretendidos.

Song (2002) modelaram o problema de otimização de produção e transporte de quantidades de produtos dos centros de distribuição até às instalações pretendidas, através de um modelo de programação linear inteira mista, com o objetivo de minimizar os custos da cadeia de abastecimento. O modelo apresentado resolve este problema com diversas variáveis e equações, em 1416 segundos de processamento por um computador.

Nair and Dixit (2018) desenvolveram um modelo de programação linear, integrado com uma heurística, de modo a apresentarem uma solução para o problema de roteamento e escalonamento no setor alimentar. O modelo desenvolvido mostrou-se eficaz na resolução do problema, reduzindo a capacidade computacional necessária para resolver problemas de larga escala. O modelo pode inclusive ser aplicado a qualquer sistema logístico com fins lucrativos ou não lucrativos, e não apenas para o setor alimentar.

Assim, atendendo ao problema e aos estudos que têm sido desenvolvidos nesta área, optou-se por apresentar uma alternativa ao modelo atualmente implementado, de modo a minimizar os custos da cadeia de abastecimento.

5.2.2 Explicação do modelo atual da ZaraMes

Com o intuito de compreender como uma das maiores empresas de vestuário executa o seu processo logístico de envio das peças de vestuário para as suas lojas, foi elaborado um estudo pormenorizado de todos os movimentos feitos pela empresa, de forma a mapear todas as decisões que esta toma atualmente, no que concerne ao primeiro envio do material a ser vendido.

Desta forma, neste primeiro subcapítulo, é descrito o método utilizado e as respetivas rotas para o envio de produtos para cada loja de Portugal da empresa ZaraMes.

Neste momento, em Portugal, a empresa detém cerca de trinta lojas espalhadas pelo continente. A ZaraMes opta por uma política de adaptação de cada loja. Concretamente, estuda o tipo de produtos a vender em cada loja, a quantidade de produtos que mantém em *stock* e, conseqüentemente, a quantidade de produtos que envia nas duas reposições semanais, para cada uma das que possui. Apesar da coleção de peças nas lojas, em Portugal, não variar, esta distingue-se de país para país, focando-se, essencialmente, nos gostos e necessidades dos seus clientes e possíveis clientes.

A empresa detém um único centro de distribuição em Espanha. É a partir deste que envia todos os seus produtos que abastecerão as trinta lojas em Portugal. Neste momento, a ZaraMes opta por fazer trinta caminhos distintos duas vezes por semana, compostos por trinta rotas, percorridos por um camião cada. Desta forma, cada camião desloca-se do centro de distribuição para cada loja, transportando apenas o conteúdo necessário para abastecer a mesma.

Dado que, na ZaraMes, cada camião transporta, apenas, a quantidade de produto necessário para abastecer cada loja, é necessário calcular a proporção de produtos que é colocada em cada camião. Assim, cada camião representa 100%. Desta forma, é apresentada a figura 5.1.

Loja	loja 1	loja 2	loja 3	loja 4	loja 5	loja 6	loja 7	loja 8	loja 9	loja 10	loja 11	loja 12	loja 13	loja 14	loja 15	loja 16	loja 17	loja 18	loja 19	loja 20	loja 21	loja 22	loja 23	loja 24	loja 25	loja 26	loja 27	loja 28	loja 29	loja 30
Elazer	25	25	11	11	25	25	11	11	800	800	800	800	20	20	1000	1000	20	20	1000	1000	25	25	11	11	800	800	20	20	1000	1000
Masaccio	35	35	25	25	35	35	25	25	700	700	700	700	85	85	900	900	85	85	900	900	35	35	25	25	700	700	85	85	900	900
Vestido	25	25	16	16	25	25	16	16	550	550	550	550	80	80	750	750	80	80	750	750	25	25	16	16	550	550	80	80	750	750
Calções	30	30	18	18	30	30	18	18	500	500	500	500	70	70	650	650	70	70	650	650	30	30	18	18	500	500	70	70	650	650
T-shirt	35	35	23	23	35	35	23	23	450	450	450	450	80	80	450	450	80	80	450	450	35	35	23	23	450	450	80	80	450	450
Total Loja	150	150	93	93	150	150	93	93	3000	3000	3000	3000	335	335	3750	3750	335	335	3750	3750	150	150	93	93	3000	3000	335	335	3750	3750
% Camião Ocupada	4	4	2	2	4	4	2	2	80	80	80	80	9	9	100	100	9	9	100	100	4	4	2	2	80	80	9	9	100	100

Figura 5.1: Proporção de produtos enviados por cada um dos trinta camiões para cada uma das trinta lojas

A fim não só da simplificação dos cálculos, como também da complexidade do projeto, foram estimadas as procuras para cinco lojas. Estas encontram-se detalhadas no capítulo seis. De forma a representar a realidade da cadeia de lojas ZaraMes, a procura dos produtos das trinta lojas apresentadas na figura 5.1, são uma réplica das cinco efetuadas.

Conforme o exposto na figura 5.1, foi calculada a procura total de produtos em cada loja, guardada nos campos da figura *Total Loja*. Sabe-se, também, que os camiões utilizados pela empresa têm capacidade para vinte mil produtos. Com o objetivo de simplificar o modelo e diminuir a complexidade do mesmo, pressupôs-se que, a capacidade máxima de todos os camiões igualaria a capacidade máxima do camião cuja procura total de produtos fosse maior. Desta forma, cada camião tem uma capacidade de transporte de 3750 produtos. Assume-se, ainda, que a capacidade

de transporte até atingir as vinte mil peças seria ocupada pelas restantes peças da coleção expostas em loja. Assim, a percentagem de ocupação de cada camião com os cinco produtos estudados é exibida pela variável *Percentagem Camião Ocupada*, na figura 5.1.

5.2.2.1 Resultados do modelo atual utilizado pela empresa ZaraMes

Em concordância com as especificações já abordadas, é expressa, pela figura 5.2, a distância percorrida por cada camião ao efetuar o percurso de ida do centro de distribuição para cada loja, exposta na horizontal, e de regresso ao centro de distribuição, na vertical.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	274,19	273,07	280	287,55	281,97	262,41	348,81	308,35	316,77	317,79	319,92	314,56	547,23	564,78	541,77	495,97	557,09	622,09	617,2	630,94	647,75	637,25	633,57	656,15	642,17	625,57	634,34	838,17	864,91	861,76
2	271,53																														
3	269,64																														
4	278,4																														
5	286,03																														
6	280,25																														
7	260,23																														
8	345,88																														
9	304,83																														
10	314,92																														
11	316,2																														
12	317,65																														
13	311,6																														
14	544,93																														
15	561,26																														
16	539,43																														
17	494,52																														
18	553,24																														
19	619,5																														
20	614,33																														
21	622,47																														
22	643,86																														
23	635,78																														
24	631,95																														
25	653,56																														
26	639,22																														
27	622,53																														
28	632,36																														
29	835,36																														
30	862,28																														
31	857,94																														

Figura 5.2: Distância percorrida (kms) de acordo com as rotas efetuadas pela empresa ZaraMes

Consoante a distância percorrida pelas rotas apresentadas na figura 5.2, a figura 5.3 esquematiza a maneira como a empresa ZaraMes efetua as suas rotas. Sabendo que o número total de quilómetros percorridos pela empresa no percurso de ida do centro de distribuição para as lojas e de regresso ao mesmo é de 15204,084 e de 15120,693, respetivamente e, considerando que o número total de quilómetros percorrido pela empresa, com esta política de transporte de materiais é de 30324,777, que o custo, em média, por quilómetro é de €0,4, o custo total do percurso em utilização pela empresa é de €12129,91.

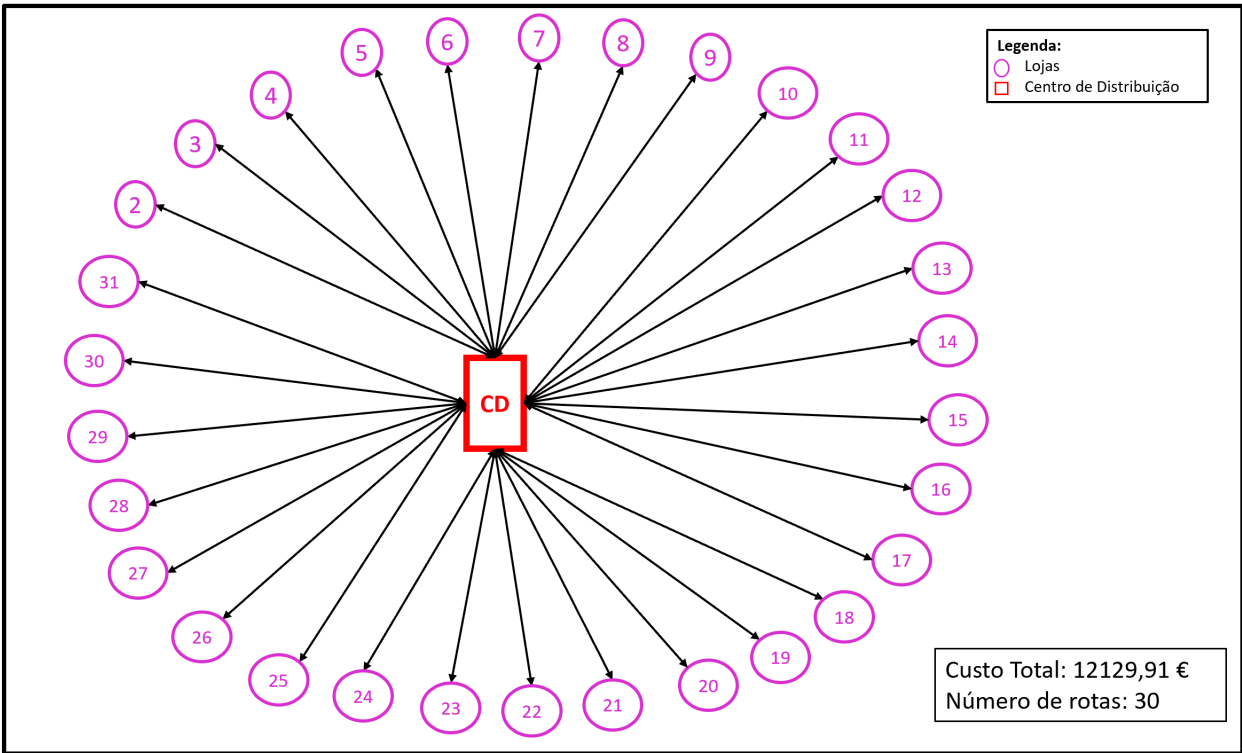


Figura 5.3: Esquematização do modelo atual de rotas da empresa ZaraMes

5.2.3 Explicação e Modelação em Matlab do modelo de otimização aplicado

De forma a satisfazer as necessidades de cada loja que, no caso do primeiro envio, reflete a quantidades a enviar de cada produto para cada loja, foi necessário delinear uma estratégia que fosse capaz de determinar o custo total das rotas envolventes e especificar quais as rotas que estariam definidas. Para tal, foi necessário cumprir várias restrições operacionais e considerar a minimização de custos globais de transporte.

Em razão do problema em mãos, foram estudadas algumas variantes do *Vehicle Routine Problem* (VRP), tais como o *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW), no qual uma janela de tempo é associada a cada localização, o *Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery* (VRPPD) no qual cada cliente pode estar associado a dois tipos de procura, podendo esta ser de captação ou de entrega. Por último, foi revisto ainda o *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), no qual uma frota fixa de veículos de entrega com capacidade uniforme, deve atender às necessidades dos clientes que possuem um depósito em comum.

Além disso, grande parte do tempo despendido para o estudo, foi dedicado a entender as diferentes heurísticas e algoritmos que podem ser aplicados para resolver esses tipos de problemas. Das heurísticas estudadas, podem-se evidenciar dois grandes grupos, as *Classical Heuristics* e as *Metaheuristics*. No primeiro grupo, são encontradas heurísticas de construção, que apresentam uma solução rápida e com resultados razoáveis. Aham-se, também, as heurísticas de melhoria que, como o próprio nome diz, procuram melhorar a solução através de algoritmos de procura, podendo estes envolver movimentos e trocas de vértices. As meta heurísticas apresentam uma grande variedade de soluções e algoritmos para resolver o VRP. Essas soluções demonstram melhores resultados quando comparados com as heurísticas clássicas.

Após terem sido discutidas as diferentes opções de resolver o problema, foi decidido implementar uma heurística de construção. A heurística escolhida denomina-se por *Savings Heuristic*, sendo uma das abordagens mais conhecidas para solucionar o problema do VRP. Em específico, foi utilizado o *Clarke & Wright's Savings Algorithm*. Apesar de não se ter certeza de que a solução apresentada é ótima, o algoritmo apresenta uma boa solução para o problema. Posteriormente, esta, poderá ser melhorada através de uma heurística de melhoria. A heurística *savings* permite a resolução de problemas de geração de rotas com um centro de distribuição único e um número variável de veículos.

Teve de se definir várias variáveis, tal como a matriz com as coordenadas de latitude e longitude, representando as trinta lojas da companhia, assim como a respetiva matriz de custos, de forma a implementar o algoritmo que soluciona o problema. Foram elaboradas restrições para a capacidade de cada camião.

Segue-se abaixo, a explicação detalhada de todo o modelo desenvolvido.

5.2.3.1 Matriz das Coordenadas e Custos entre Lojas e Armazém

No seguimento do trabalho desenvolvido, foi construída a matriz que contém as coordenadas das trinta lojas da ZaraMes, apresentada na tabela 5.1. São caracterizadas como coordenadas X e Y, a latitude e longitude, respetivamente, em graus decimais.

Tabela 5.1: Coordenadas das trinta lojas da ZaraMes

Identificador	Localização	Latitude	Longitude
1	Centro de Distribuição	43.331402	-8.502027
2	Braga Parque	41.558807	-8.406129
3	Av. Braga	41.550265	-8.422399
4	Barcelos	41.530173	-8.621337
5	Guimarães	41.443422	-8.295163
6	Famalicão	41.407833	-8.519136
7	Viana Shopping	41.694429	-8.833315
8	Forum Theatrum	41.807755	-6.760495
9	Paços de Ferreira	41.284857	-8.361225
10	Norte Shopping	41.181446	-8.654345
11	Mar Shopping	41.208133	-8.687747
12	Gaia Shopping	41.118589	-8.621385
13	Rua Santa Catarina	41.147953	-8.606405
14	Serra Shopping	40.271171	-7.501710
15	Forúm Castelo Branco	39.808377	-7.515060
16	Caldas da Rainha	39.401321	-9.136712
17	Leiria Shopping	39.733106	-8.823930
18	Santarem	39.233755	-8.685712
19	Colombo	38.755398	-9.188193
20	Vasco da Gama	38.767716	-9.096488
21	Rua Augusta	38.711329	-9.137922
22	Cascais Shopping	38.740846	-9.395266
23	Oeiras parque	38.705559	-9.301829
24	Almada Forum	38.661281	-9.176789
25	Alegro Setubal	38.537863	-8.878598
26	Seixal	38.613483	-9.104545
27	Garrett	38.711138	-9.139668
28	Forúm Montijo	38.694709	-8.941727
29	Algarve Shopping	37.127710	-8.280352
30	Aqua Portimão	37.146442	-8.542618
31	Forúm Algarve	37.029138	-7.944800

Na matemática, na ciência da computação e na teoria dos grafos, uma matriz de distâncias é uma matriz, isto é, um *array bidimensional*, que contém as distâncias de um conjunto de pontos. A matriz considerada tem um tamanho de 31x31, onde cada ponto corresponde a uma loja e inclui o centro de distribuição. Foram consideradas as distâncias reais entre as lojas, baseados na localização GPS do *Google Maps*. Foi ainda, estabelecido, que o preço por quilómetro seria de 0.40€, valor fundamentado através do *site ViaMichelin*. Portanto, o que foi feito foi multiplicar cada distância pelo valor de 0.40€, e assim, gerar a matriz de custos, designada por "C", e evidenciada na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Matriz Custos

Lojas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	110	109	112	115	113	105	140	123	127	127	128	126	219	226	217	198	223	249	247	252	259	255	253	262	257	250	254	335	346	345
2	109	0	1	11	11	10	25	88	24	24	25	26	23	120	123	114	96	120	146	144	150	157	152	151	160	154	148	151	233	244	242
3	108	1	0	10	10	8	25	87	24	23	24	25	23	119	123	113	95	120	146	144	153	156	152	150	159	154	147	151	232	243	241
4	111	11	11	0	17	8	14	94	25	24	22	27	28	123	126	117	99	123	149	147	153	159	155	154	163	157	150	154	236	246	245
5	114	11	10	17	0	13	32	79	17	23	23	24	22	119	122	113	95	119	145	145	149	155	151	150	159	153	146	150	231	242	241
6	112	10	10	10	11	0	28	87	12	16	16	17	15	111	115	106	87	112	138	136	141	148	144	142	151	146	139	143	224	235	234
7	104	26	25	15	32	29	0	109	40	28	27	32	32	127	131	122	103	128	154	152	157	164	160	158	167	162	155	159	240	251	250
8	138	88	88	95	79	89	109	0	74	84	84	85	83	90	110	172	144	168	194	192	198	204	200	199	208	202	195	199	280	291	290
9	122	26	25	25	17	13	40	75	0	17	17	18	16	111	114	105	87	111	137	135	141	148	143	142	151	145	139	142	224	235	233
10	126	24	24	24	23	17	28	83	16	0	2	4	5	100	103	94	76	100	126	124	130	136	132	131	140	134	128	131	213	223	222
11	126	25	24	22	23	18	27	84	17	3	0	6	6	102	105	96	78	102	128	126	132	138	134	133	142	136	129	133	214	225	224
12	127	25	25	27	24	18	32	85	17	5	6	0	3	97	100	91	73	97	123	121	127	134	129	128	137	131	125	128	210	220	219
13	125	23	23	27	22	16	31	82	15	4	5	3	0	99	102	93	74	99	125	123	128	135	131	129	138	133	126	130	211	222	221
14	218	120	120	125	119	113	128	90	111	101	102	97	98	0	24	97	88	84	110	108	114	121	116	115	124	118	112	115	197	207	206
15	225	123	122	127	121	116	131	109	113	103	105	100	101	23	0	75	67	63	89	87	92	216	95	93	102	97	216	93	175	186	184
16	216	114	114	119	113	107	122	171	105	95	96	91	92	97	75	0	22	21	35	34	38	42	38	39	50	42	38	41	126	136	135
17	198	96	96	101	95	89	104	143	87	77	78	73	74	89	67	22	0	34	57	58	59	64	60	60	71	64	60	63	146	157	156
18	221	120	119	124	118	112	127	167	110	100	101	96	98	84	62	20	33	0	33	31	36	43	39	37	46	41	34	36	113	123	122
19	248	146	146	151	145	139	154	193	137	127	128	123	124	110	88	35	56	33	0	4	5	10	6	6	19	9	5	12	102	113	112
20	246	144	144	149	143	137	152	191	135	124	126	121	122	108	86	34	55	31	4	0	4	13	9	8	18	12	4	9	100	110	109
21	249	147	147	152	146	140	155	195	138	128	129	124	125	111	89	37	59	34	4	4	0	13	7	5	19	9	0	12	102	112	111
22	258	156	155	160	154	149	164	203	146	136	138	133	134	120	98	42	63	42	10	13	12	0	6	14	27	17	12	21	110	121	119
23	254	153	152	157	151	145	160	200	143	133	134	129	131	117	95	39	60	39	6	9	7	7	0	8	22	12	7	17	105	115	114
24	253	151	151	156	150	144	159	198	142	132	133	128	129	115	93	40	61	38	6	8	5	14	9	0	16	5	6	16	98	109	107
25	261	160	159	164	158	153	168	207	150	140	142	137	138	124	102	50	71	47	21	18	19	28	23	16	0	12	19	12	87	98	96
26	255	154	153	158	152	146	161	201	144	134	135	130	132	118	96	42	64	40	9	11	8	17	12	5	11	0	8	11	94	105	103
27	249	147	147	152	146	140	155	195	138	128	129	124	125	111	89	37	58	34	4	4	0	12	7	5	19	8	0	13	101	112	111
28	253	151	151	156	150	144	159	198	142	132	133	128	129	115	93	41	63	36	12	10	16	22	19	15	11	11	13	0	93	104	103
29	334	233	232	237	231	225	240	280	223	213	214	209	210	196	175	126	146	113	103	100	101	110	105	98	87	94	101	93	0	12	16
30	345	243	243	248	242	236	251	290	234	224	225	220	221	207	185	136	157	124	113	111	112	121	116	109	98	105	112	104	14	0	27
31	343	242	241	246	240	234	249	289	232	222	223	218	220	206	184	135	155	122	112	109	110	119	114	107	96	103	111	103	16	27	0

5.2.4 Resultados do modelo otimizado

A otimização de rotas é um ramo da engenharia que visa resolver problemas da melhor forma possível ao menor custo possível. Rotas mais inteligentes implicam menos quilômetros percorridos, menos tempo na estrada e menos combustível gasto. Pode-se inclusive afirmar que, com a otimização de rotas, uma empresa pode economizar os seus custos logísticos relacionados com a distribuição de produtos. Desta forma, após reunir todos os argumentos e *inputs* a utilizar pela heurística, foi necessário correr o modelo, tendo sido criada uma solução para o problema.

O modelo gerou treze rotas com um custo total de 6067.56€. Este valor foi consideravelmente melhor quando comparado com o modelo atualmente utilizado pela empresa.

Pode-se afirmar que a versão otimizada é claramente melhor, uma vez que, reduz tanto o custo total dos movimentos, como o número de motoristas a contratar. Assim sendo, uma vez que, a empresa, atualmente, contém para cada loja um camião, é conseguido, nesta versão otimizada, uma redução significativa do número de camiões e, conseqüentemente, uma redução do custo que tal acarreta. Desta forma, apresenta-se de seguida o gráfico 5.4 que ilustra as treze rotas geradas, assim como, a identificação do centro de distribuição e as respetivas localizações das lojas.

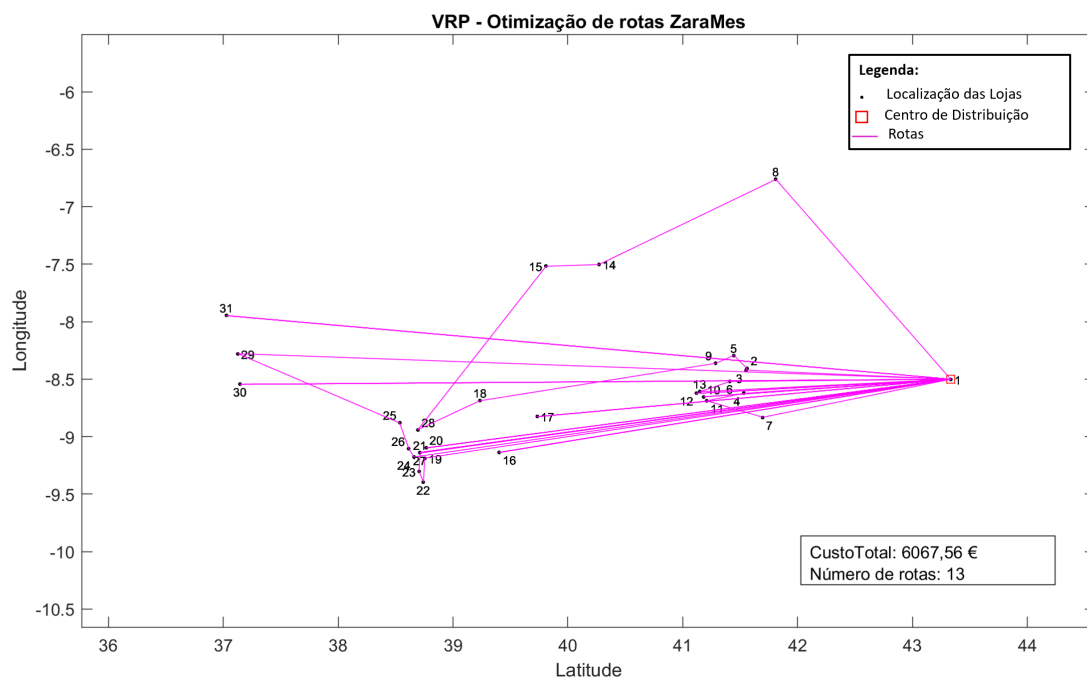


Figura 5.4: Resultados da Otimização das rotas

De forma a evidenciar as diferentes rotas da solução otimizada e, considerando que a capacidade máxima de cada camião é de 3750 unidades, foi elaborado um esquema representativo de cada rota, tal como ilustra a figura 5.5. Como cada camião apenas permite transportar 3750 peças de roupa, existem rotas que apenas contêm uma loja para além do centro de distribuição, o que significa que essa mesma loja necessita no primeiro envio de 3750 peças. Por outro lado, as rotas possuem lojas que necessitam de quantidades menores, sendo que essas são agregadas de acordo com a sua localização e mercadoria. Este caso, resulta num percurso feito pelo mesmo camião, englobando um número elevado de lojas tal como, a título de exemplo, a rota número três, formada por nove lojas.

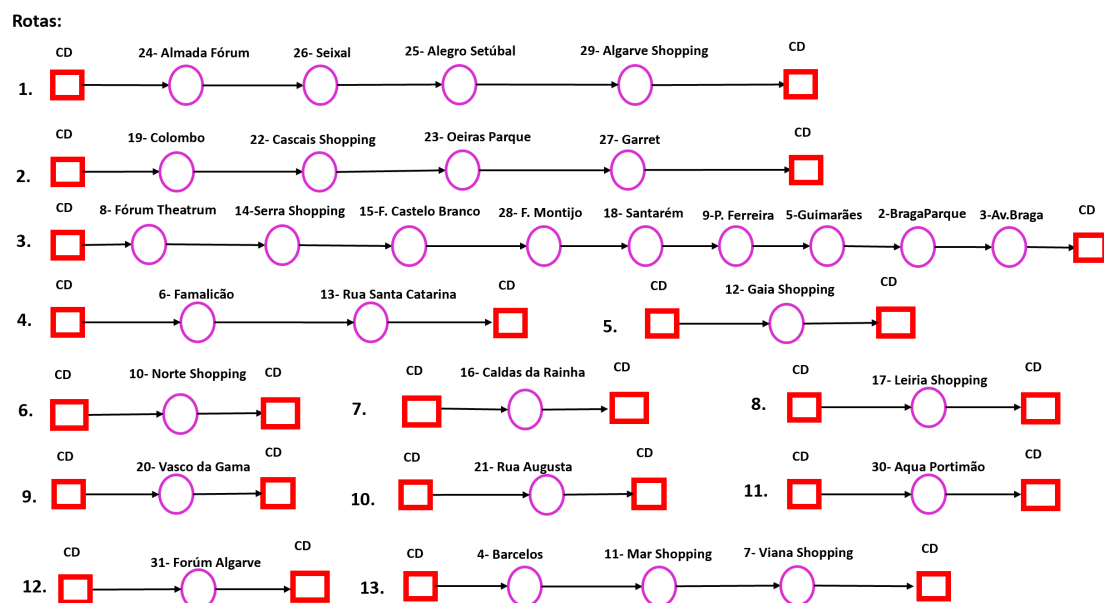


Figura 5.5: Especificação das 13 Rotas Otimizadas

Uma vez que as lojas estão localizadas em Portugal, decidiu-se ilustrar, no mapa da figura 5.6, como seriam abastecidas as trinta lojas da companhia.

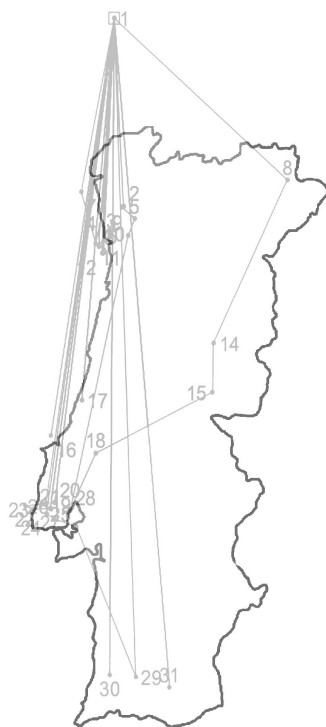


Figura 5.6: Resultados da rotas otimizadas no mapa de Portugal

5.3 Técnicas de decisão multicritério - AHP

Analytic Hierarchy Process (AHP) é um método de auxílio à tomada de decisão baseado na matemática e na psicologia, desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970. É um método cada vez mais utilizado, pois permite analisar várias alternativas de um problema complexo, impulsionando os tomadores de decisão a efetuarem boas escolhas.

O desenvolvimento deste método exige, primeiramente, a decomposição do problema de decisão numa hierarquia de subproblemas, sendo que cada elemento da hierarquia pode ser analisado de forma independente. A hierarquia de decisão permite visualizar de que forma os resultados dos níveis superiores são influenciados pelos resultados dos níveis inferiores. O nível mais alto representa o objetivo global, sendo composto apenas por um elemento. Os níveis seguintes representam os atributos e subatributos, podendo ser compostos por vários elementos. Por fim, o último nível na hierarquia de decisão representa as alternativas.

Uma vez construída a hierarquia, é necessário proceder à comparação por pares dos vários elementos dos atributos e alternativas. Essa comparação pode ser feita tendo em conta o julgamento humano sobre a importância de cada elemento relativamente a outro. Este método permite atribuir pesos a cada atributo e, conseqüentemente, a cada alternativa, possibilitando a tomada de decisão racional das alternativas a serem avaliadas.

5.3.1 Estruturação do problema

Anteriormente, foi analisado o problema da otimização das rotas. Este considera duas diferentes alternativas de rotas. A primeira, implica a existência do mesmo número de camiões e de lojas, uma vez que um camião abastece apenas uma loja. Tal como já mencionado, esta opção é a situação real da *ZaraMes*. A restante, incorpora a hipótese de um camião abastecer um conjunto agregado de lojas em viés de apenas uma. No entanto, a otimização elaborada foi apenas feita tendo em conta a distância percorrida pelos camiões, assim como o custo de portagens e combustível, sendo que o objetivo consistia em minimizar esses valores dos critérios.

Na situação real, a empresa não considera apenas a distância percorrida. É necessário ponderar outros fatores tais como custos associados ou o tempo total de percurso. Neste capítulo, procedeu-se à análise dos dois tipos de rotas possíveis, tendo em conta esses variados fatores. Posto isto, o objetivo é verificar se a solução obtida através da otimização de rotas continua a melhor opção ou o modelo utilizado atualmente pela *ZaraMes* é benéfico.

Os fatores que foram considerados isto é, os critérios, foram:

- A - Tempo de viagem (horas/dia);
- B - Custo das portagens (€/dia);
- C - Distância (Km/dia);
- D - Custo do desgaste dos pneus (€/dia);
- E - Custo do combustível (€/dia);
- F - Custo da alimentação (€/dia);
- G - Salário do camionista (€/hora);

Foram então considerados mais quatro critérios para a análise da decisão da empresa, podendo a mesma optar por uma rota individual isto é, um camião abastece apenas uma loja, em viés de uma rota agrupada, possibilitando que cada camião possa satisfazer várias lojas.

A tabela 5.3 apresenta o *score card* para as alternativas e atributos considerados. As cores vermelho e verde representam a pior e a melhor alternativa para cada atributo, respetivamente.

Tabela 5.3: Score Card das alternativas

Atributos	Alternativas	
	1- Rota Individual	2 - Rota Partilhada
A	Menor	Maior
B	Maior	Menor
C	Maior	Menor
D	Maior	Menor
E	Maior	Menor
F	Menor	Maior
G	Menor	Maior

5.3.2 Construção da hierarquia de decisão

No método AHP, a representação do problema de decisão é feita numa estrutura hierárquica, de forma a capturar os elementos básicos do problema. Nessa estrutura, os elementos são comparados par a par com outros elementos do mesmo nível, a fim de deduzir preferências.

O nível mais alto desta hierarquia representa o objetivo global. No projeto, este é a satisfação de todas as lojas, garantida pela entrega atempada dos artigos nas mesmas. Por sua vez, o segundo nível da hierarquia, é composto pelos atributos custo, tempo e distância. Uma vez que os vários tipos de custo considerados não apresentam todos o mesmo grau de importância para a empresa, importa considerar ainda um nível de subatributos, no qual essa distinção é feita. Por último, apresentam-se as alternativas, a rota individual ou a rota partilhada.

O diagrama da hierarquia de decisão pode ser visualizado em detalhe na figura 5.7.

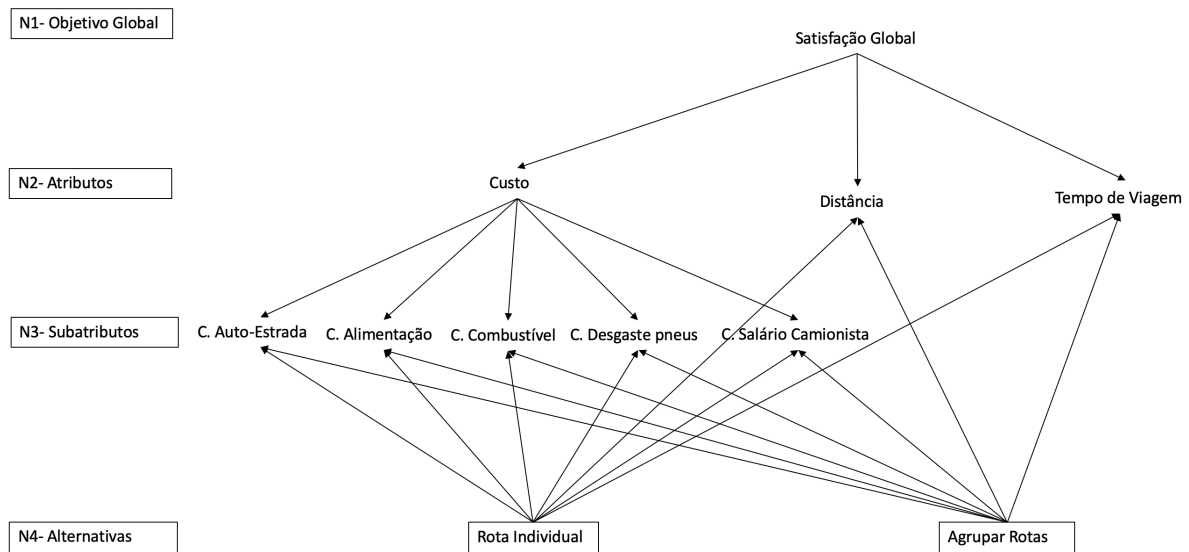


Figura 5.7: Diagrama de Hierarquia de decisão

5.3.3 Atribuição de pesos aos atributos

Como referido anteriormente, os atributos não apresentam todos o mesmo grau de importância para a empresa. O atributo tempo é aquele que a empresa mais valoriza, seguido da distância, do custo das portagens e do combustível. Os restantes atributos são os mais desvalorizados pela *ZaraMES*. Em seguimento, foi necessário proceder à atribuição de diferentes pesos a cada um dos atributos e subatributos, tendo em conta o julgamento humano de uns relativamente aos outros. Esse julgamento representa o grau de satisfação do agente de decisão, baseado na atribuição de valores numa escala de 1 a 9, sendo que as respetivas quantidades são colocadas numa matriz de decisão.

Na matriz de decisão, foi criada uma linha e uma coluna para cada atributo. A diagonal da matriz apenas pode conter o número 1, significando que determinada alternativa é igualmente importante em relação a essa mesma alternativa. Os valores expostos acima da diagonal, são o inverso dos valores abaixo da diagonal, vice-versa.

A matriz de comparação entre os atributos é apresentada na tabela 5.4. A escala utilizada encontra-se na tabela 5.5. A título de exemplo, é possível verificar que o tempo da viagem é ligeiramente mais importante que o custo das portagens. Os valores da matriz devem ser escritos em fração para uma melhor perceção da sua importância.

Tabela 5.4: Matriz de comparação entre atributos

	A	B	C	D	E	F	G
A: Tempo viagem/Horas	1	2	1/2	8	2	5	6
B:Custo portagens/dia	1/2	1	1/3	7	1	6	7
C: Distância/km	2	3	1	9	3	5	6
D:Custo desgaste pneus	1/8	1/7	1/9	1	1/8	1/5	1/5
E:Custo combustível	1/2	1	1/3	7	1	7	5
F:Custo alimentação	1/5	1/6	1/5	5	1/7	1	1/2
G:Salário do camionista/hora	1/6	1/7	1/6	5	1/5	2	1

Tabela 5.5: Escala de importância

Escala:	Valor:
Igualmente importante	1
Um pouco mais importante	3
Muito mais importante	5
Muitíssimo mais importante	7
Absolutamente mais importante	9

Após a elaboração de todas as comparações, foi necessário transformar essa matriz numa outra com valores decimais, tal como a tabela 5.6 indica. Posteriormente, calcularam-se os pesos dos diversos atributos através da normalização da matriz. Concretamente, este processo exige a divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da coluna correspondente ao elemento. A título de exemplo, cada elemento da coluna 1 é dividido pelo somatório dessa mesma coluna, sendo este processo repetido sucessivamente. Por fim, somou-se os elementos de cada linha e dividiu-se esse valor pelo número de elementos constados na mesma. Essa divisão representa o valor dos pesos de cada atributo, tal como a coluna ‘MédiaLinha’ da tabela 5.7, também representado por vetor B indica.

Tabela 5.6: Equivalente decimal da matriz de comparações entre atributos

A						
Equivalente Decimal						
A	B	C	D	E	F	G
1,00	2,00	0,50	8,00	2,00	5,00	6,00
0,50	1,00	0,33	7,00	1,00	6,00	7,00
2,00	3,00	1,00	9,00	3,00	5,00	6,00
0,13	0,14	0,11	1,00	0,13	0,20	0,20
0,50	1,00	0,33	7,00	1,00	7,00	5,00
0,20	0,17	0,20	5,00	0,14	1,00	4,00
0,17	0,14	0,17	5,00	0,20	2,00	1,00
Total:	4,49	7,45	2,64	42,00	7,47	26,20

Tabela 5.7: Matriz normalizada

								B (Pesos)	
	A	B	C	D	E	F	G	SomaLinha	MédiaLinha
	0,223	0,268	0,189	0,190	0,268	0,191	0,205	1,535	0,219241504
	0,111	0,134	0,126	0,167	0,134	0,229	0,240	1,141	0,162980075
	0,445	0,403	0,378	0,214	0,402	0,191	0,205	2,238	0,31975753
	0,028	0,019	0,042	0,024	0,017	0,008	0,007	0,144	0,02057804
	0,111	0,134	0,126	0,167	0,134	0,267	0,171	1,111	0,158647902
	0,045	0,022	0,076	0,119	0,019	0,038	0,137	0,456	0,065121833
	0,037	0,019	0,063	0,119	0,027	0,076	0,034	0,376	0,053673115
Soma por coluna:	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	7,000	1,000

Tabela 5.8: Verificação da Consistência dos pesos

A*B	C	D	λ_{Max}	IC	TC
			8,25123938	0,208539897	0,158
	1,834648401	8,368161913			
	1,448323659	8,886507484			
	2,555974687	7,993477694			
	0,150384688	7,308018112			
	1,406099261	8,863018307			
	0,540331632	8,297242331			
	0,431652602	8,042249818			
				Nº critérios:	7
				Índice aleatório:	1,32

É necessário verificar a consistência das comparações efetuadas. Se o valor da taxa de consistência for, no máximo, 0,1, então as comparações são consistentes.

Primeiramente, para o cálculo da taxa de consistência, multiplicou-se a matriz de comparação de atributos pelo vetor com os pesos calculados, o vetor b B, dando origem a um novo vetor, denominado de vetor C. De seguida, dividiu-se cada elemento desse novo vetor pelos elementos correspondentes do vetor B, sendo que o resultado originou um novo vetor, vetor D. Por último, calculou-se a média dos valores do vetor D, obtendo-se o valor de λ_{max} .

A taxa de consistência é obtida dividindo o índice de consistência pelo índice aleatório, como demonstra a equação 5.1. Este último pertence a uma escala pré definida, construída por Saaty, variável consoante o número de elementos considerados. Já o índice de consistência, calculado através da equação 5.2, representa o quociente entre o numerador, composto pela diferença entre o λ_{max} e o número de n atributos, e o denominador, constituído pela subtração de uma unidade ao número de atributos.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5.1)$$

$$TC = \frac{IC}{IA} \quad (5.2)$$

Como se pode verificar através da tabela 5.8, a taxa de consistência apresenta um valor superior a 0,1, o que significa que as comparações não são consistentes. Consequentemente, utiliza-se um método iterativo de forma melhorar essa taxa de consistência, no qual a condição de paragem é a matriz ser consistente.

O método iterativo passa por, primeiramente, calcular o somatório de todos os elementos do vetor C, dividindo-se cada elemento desse vetor pela soma calculada, obtendo-se um novo vetor B, normalizado. De seguida, multiplica-se da matriz de comparação dos atributos pelo vetor dos pesos, dando origem a um novo vetor C. As iterações terminam quando a diferença entre a soma dos elementos dos vetores C for insignificante.

Neste caso, foram necessárias três iterações, obtendo-se uma diferença entre C_{n-1} e C_n de 0,06 unidades. É a partir desse novo vetor B, que se verifica, novamente, a taxa de consistência. Posto isto, conclui-se assim que, com apenas três iterações, as comparações tornaram-se consistentes, uma vez que a taxa de consistência baixou para as 0,7 unidades, tal como exposto nas tabelas 5.9 e 5.10.

Tabela 5.9: Melhoramento da taxa de consistência

	C	Iteração 1	B		C	Iteração 2	B		C	
	1,835	Normalizando	0,219	A*B =	1,830	Normalizando	0,226	A*B =	1,741	
	1,448		0,173		1,427		0,176		1,303	
	2,556		0,305		2,562		0,316		2,490	
	0,150		0,018		0,148		0,018		0,147	
	1,406		0,168		1,388		0,171		1,242	
	0,540		0,065		0,338		0,042		0,321	
	0,432		0,052		0,416		0,051		0,376	
Total:	8,367		1,00		8,11		1,00		7,618	
				Diferença:	0,257				Diferença:	0,492

Tabela 5.10: Melhoramento da taxa de consistência

Iteração 3	B	A*B =	C	D	λ	IC	TC
Normalizando	0,228		1,72	7,530	7,609	0,101446399	0,076853333
	0,171		1,29	7,544			
	0,327		2,47	7,545			
	0,019		0,15	7,644			
	0,163		1,23	7,567			
	0,042		0,33	7,738			
	0,049		0,38	7,693			
Total:	1,000		7,56				
		Diferença:	0,056				

5.3.4 Atribuição de pesos às alternativas

Após o cálculo dos pesos dos atributos, foi necessário atribuir pesos relativos às alternativas. Este processo foi semelhante ao anterior, procedendo-se à comparação de cada alternativa relativamente a cada um dos atributos a estas relacionados, calculando-se os pesos de cada alternativa relativos a cada atributo, tal como exposto na tabela 5.11. Uma vez que apenas existem duas alternativas, depreende-se que são automaticamente consistentes, não sendo necessário calcular a taxa de consistência.

Tabela 5.11: Atribuição de pesos relativos às alternativas

Atributos	Alternativas	Alternativas			A		Matriz normalizada		somaLinha	B (Pesos) médiaLinha
		1	2		Equivalente decimal		1	2		
A	1	1	4	Total:	1	4	0,8	0,80	1,6	0,8
	2	1/4	1		0,25	1	0,2	0,20	0,4	0,2
					1,25	5	1	1,00	2	1
B	1	1	1/3	Total:	1	0,3333	0,25	0,25	0,5	0,25
	2	3	1		3	1	0,75	0,75	1,5	0,75
					4,00	1,33	1	1	2	1
C	1	1	1/6	Total:	1	1/6	0,142857143	0,14	0,3	0,142857143
	2	6	1		6	1	0,857142857	0,86	1,714285714	0,857142857
					7	1 1/6	1	1,00	2	1
D	1	1	1/2	Total:	1	0,50	0,3333	0,3333	0,6667	0,3333
	2	2	1		2	1	0,6667	0,6667	1,3333	0,6667
					3	1,50	1	1	2	1
E	1	1	1/4	Total:	1	0,25	0,2	0,2	0,4	0,2
	2	4	1		4	1	0,8	0,8	1,6	0,8
					5	1,25	1	1	2	1
F	1	1	3	Total:	1	3	0,75	0,75	1,5	0,75
	2	1/3	1		0,333333333	1	0,25	0,25	0,5	0,25
					1,333333333	4	1	1	2	1
G	1	1	3	Total:	1	3	0,75	0,75	1,5	0,75
	2	1/3	1		0,333333333	1	0,25	0,25	0,5	0,25
					1,333333333	4	1	1	2	1

Por último, a fim de calcular os pesos de prioridade de cada alternativa, considerou-se indispensável construir uma nova matriz composta pelas alternativas, compondo as linhas da matriz, e pelos atributos, constituindo as colunas da mesma. Assim, a primeira linha da matriz é composta pelos pesos de cada atributo, sendo que as duas linhas seguintes apresentam os pesos relativos das alternativas a cada atributo e, por último, a restante coluna apresenta o peso de cada alternativa. Esse peso é calculado pelo somatório da multiplicação entre os pesos dos atributos e os pesos relativos das alternativas, como evidenciado na equação 5.3. A tabela 5.12 sintetiza o cálculo dos pesos das

alternativas explicado acima.

$$PesoDaAlternativa_n = \sum_{i=1}^N PesoDoAtributo_i \times PesoRelativoDaAlternativa_{ni} \quad (5.3)$$

Tabela 5.12: Pesos de prioridade das alternativas

	Atributos							Peso Alternativas
	A	B	C	D	E	F	G	
Peso Atributos	0,228	0,171	0,327	0,019	0,163	0,042	0,049	
Alternativa 1	0,8	0,25	0,14285	0,3333	0,2	0,75	0,75	0,380
Alternativa 2	0,2	0,75	0,85714	0,6667	0,8	0,25	0,25	0,620
Total:	1	1	1	1	1	1	1	1

Através dos resultados exibidos na tabela 5.12, a alternativa 2 tem um peso de 0,62, sendo superior ao peso de 0,38 da alternativa 1. Deste modo, o grupo concluiu que é vantajoso para a empresa optar pela hipótese que incluiu a possibilidade de agregar várias lojas na mesma rota.

No capítulo anterior verificou-se que, quando o objetivo é minimizar apenas a distância percorrida pelos camiões na entrega dos produtos às trinta lojas, a empresa deve estipular uma política que permita aos camiões, satisfazer a procura de várias lojas numa só rota. Através desta análise, na qual foram considerados mais critérios, tais como o custo associado e o tempo, a alternativa que o grupo de trabalho aconselha a ZaraMes a optar mantém-se a mesma. Assim, o grupo de projeto aconselha a empresa a alterar a política de distribuição de produtos que atualmente utiliza, para a elaborada pelo mesmo e exposta neste relatório de trabalho.

Em acréscimo, foi ainda possível concluir que o decisor dá maior importância à distância percorrida pelos camiões, prosseguida pelo tempo da viagem, seguida do custo das portagens e do custo do combustível, sequenciada pelo custo da alimentação e pelo custo do salário do camionista. Por fim, o custo do desgaste dos pneus corresponde ao fator menos valorizado pela empresa.

5.4 Análise de Sistemas

5.4.1 Diagrama de Influência

Em qualquer atividade, é inevitável tomar decisões cujas repercussões podem prejudicar ou beneficiar o decisor. A análise de decisão apresenta, assim, importantes ferramentas no processo de tomada de decisão.

De forma a alcançar a decisão que aparentemente poderá ser a mais favorável, deve-se iniciar com o reconhecimento dos valores e objetivos, considerando as variáveis que são importantes. As metas que se pretendem atingir, as diferentes decisões que são necessárias e os acontecimentos incertos associados, são as três componentes essenciais para a estruturação de um diagrama de influência.

Consequentemente, realizou-se um diagrama de influência, no qual é abrangida uma decisão que consiste em subcontratar uma empresa que fará as 13 rotas otimizadas. Nesta vertente, temos um gasto associado por rota de 400€, tendo este valor sido obtido diretamente de uma empresa de transportes e, uma vez que, para a otimização das rotas de transporte são necessários 13 camiões a 400€ cada, o valor final desta alternativa é de 5200€.

Por outro lado, a outra opção presente nesta decisão é comprar os 13 camiões necessários, em viés da subcontratação da empresa, fazendo a distribuição por conta própria. Esta decisão apresenta um gasto de 400€, pois engloba o calculo no qual está presente o valor de 80000€, representando a aquisição de um camião, dividido pelo tempo de vida útil do mesmo, os 25 anos considerados, pelo produto das 52 semanas existentes num ano, multiplicando pelas duas entregas semanais que a política de ciclo de encomenda exige. Por fim, o valor é multiplicado por 13, obtendo-se, assim, o custo total por cada dia de entrega.

No diagrama de influência, existe um nó de acaso que está ligado apenas à opção de comprar os treze camiões, pois reflete a incerteza que a variação da gasolina pode sofrer, implicando a alteração do custo finais.

Os custos apresentados incluíram o produto dos 15167 quilómetros feitos pelos camiões que percorrem as treze rotas, pelo custo por quilómetro. Concretamente, o custo por quilómetro compreende o preço do gasóleo. Caso este preço seja elevado, toma o valor de 0.45€. Se este tiver um preço médio, este será de 0.40€ e, quando o preço é baixo, é de 0.35€ por quilómetro. Os restantes componentes que constituem as parcelas do custo apresentado são o salário de motorista e os gastos de deslocação do mesmo. Desta forma, a equação 5.4 exprime o acima mencionado.

$$Custo = 15167 * 0,45 + 6,25 * 8 + 0,7 * 8 \quad (5.4)$$

Apresenta-se o diagrama de influência na figura 5.8, cujo objetivo principal é a minimização do custo.

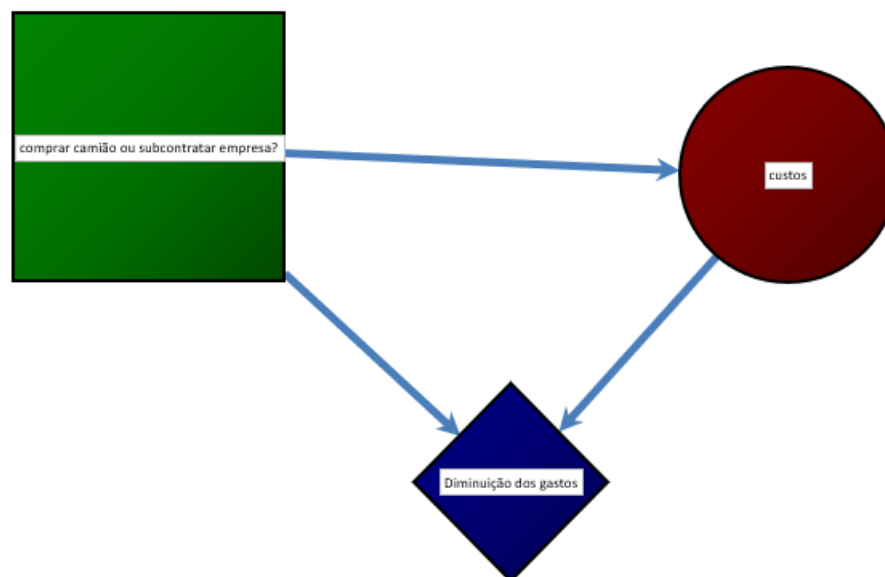


Figura 5.8: Diagrama de Influência

5.4.2 Árvore de decisão

A empresa, para o envio das suas mercadorias, possui um conjunto de camiões encarregues de fazer chegar os produtos às diversas lojas, resultando num acréscimo do valor do custo de operação para a mesma. Neste capítulo, avaliar-se-á uma nova alternativa relativamente à maneira como é feito o transporte. Concretamente, será comparada a alternativa atualmente utilizada pela empresa, que implica possuir os camiões que utiliza para fazer as entregas, em viés da nova alternativa proposta pelo grupo de trabalho, resultando na subcontratação do serviço de entregas a uma outra empresa. Relembra-se que o objetivo principal da empresa é minimizar o custo de transporte.

Para o auxílio do processo de tomada de decisão, utilizou-se a ferramenta *PrecisionTree*. Como evidenciado pela figura 5.9, a decisão é composta por duas alternativas. A primeira, reflete a hipótese de continuar a deter a frota própria de treze camiões. A restante, retrata a necessidade de contratar uma empresa transportadora para realizar o transporte da mercadoria duas vezes por semana, com um custo associado de 5200 €. Obteve-se este valor através do cálculo do valor do custo (€/dia) fornecido por uma empresa de transportes, multiplicado pelo número de rotas obtido na otimização, 13. Assim, este cálculo resulta em 400€/dia x 13 dias.

Caso a empresa opte por subcontratar a uma transportadora, o custo é fixo, uma vez que, o contrato estabelecido com a empresa já contempla as possíveis variações de preços como por exemplo de combustível. Assim, não existe mais do que um cenário possível, pois o custo apenas depende do valor diário exigido pela empresa. Por outro lado, caso a empresa decida investir na aquisição de camiões próprios, o custo do transporte poderá variar, uma vez que depende do custo do combustível no momento. Consequentemente, são avaliados três cenários diferentes, o custo do combustível ser elevado, verificar-se com um valor médio ou apresentar um valor baixo. No entanto, o custo desta última alternativa depende de outros custos não variáveis ao longo do tempo, como o salário do camionista, entre outros.

Na figura 5.9, é apresentada a árvore de decisão que reflete o problema em análise acima descrito.

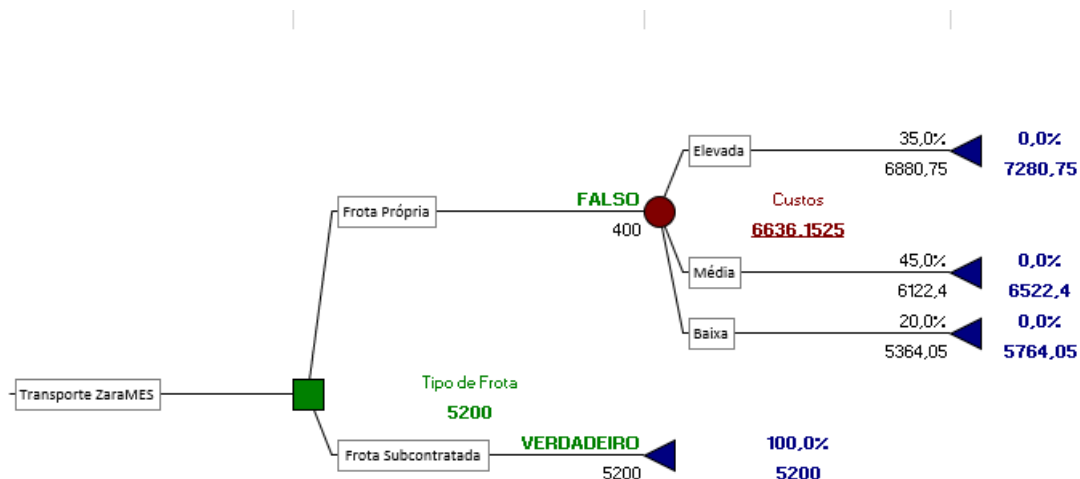


Figura 5.9: Árvore de Decisão

Como se pode verificar na figura 5.9, existe um nodo de decisão inicial, onde se verificam duas alternativas possíveis. O primeiro ramo, relativo à opção de adquirir frota própria, conduz a um outro nodo, sendo este último um nó de acaso. Neste nó, que reflete a incerteza associada ao custo do combustível, podem ocorrer três cenários distintos. No primeiro, com probabilidade associada de 35%, o custo do combustível é elevado, o que se reflete num custo total de €7280,75. No segundo caso, com 45% de probabilidade de ocorrer, o custo do combustível é dentro da média e, por essa razão traduz-se num custo total de €6522,4. Por fim, o cenário com menor probabilidade de ocorrer, apenas de 20%, é o do custo do combustível ser baixo, conduzindo a um custo total deste ramo de €5767,05. A segunda alternativa, identificada no ramo inferior da árvore, corresponde à opção de sub-contratar o serviço. Nesta opção, em que não existem incertezas associadas, o custo é fixo e de apenas €5200.

5.4.3 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é um método utilizado para determinar como um fator se comporta de acordo com sua variação. Em seguimento, esta foi elaborada utilizando a ferramenta *Top Rank*, uma vez que a mesma permite fazer uma análise de sensibilidade totalmente automatizada, projetando uma análise uni-dimensional de acordo com as necessidades do problema. Fazem parte da análise de sensibilidade, gráficos como o de tornado e de *spider*, que serão detalhadamente analisados de seguida.

O diagrama de tornado é constituído por um gráfico de barras, posicionadas de modo vertical e sequenciadas em níveis de sensibilidade. As barras maiores estão posicionadas na parte superior do gráfico e as restantes são sequencialmente menores, posicionando-se ao longo do gráfico, de acordo com o tamanho da sua barra. O tamanho da barra é diretamente proporcional ao nível de sensibilidade da variável apontada. Desse modo, as variáveis de maior incerteza são as que possuem a barra de maior comprimento, estando localizadas no topo do gráfico. Acompanhando o gráfico até à sua parte inferior, são apresentadas as variáveis que causam menor impacto no custo final.

Desta forma, o diagrama de tornado fornece informações consideráveis para a análise de sensibilidade unidirecional, uma vez que permite adicionar várias variáveis de entrada, possibilitando uma análise simultânea do impacto da variação dos *inputs* em estudo, relativamente ao custo final de transporte.

O gráfico proporciona, também, um alerta sobre as variáveis que devem ser minuciosamente manobradas, sendo as mais sensíveis, bem como as variáveis cuja alteração não tem muito impacto no custo de transporte, podendo estas ser largamente alteradas. Deste modo, é apresentada a figura 5.10.

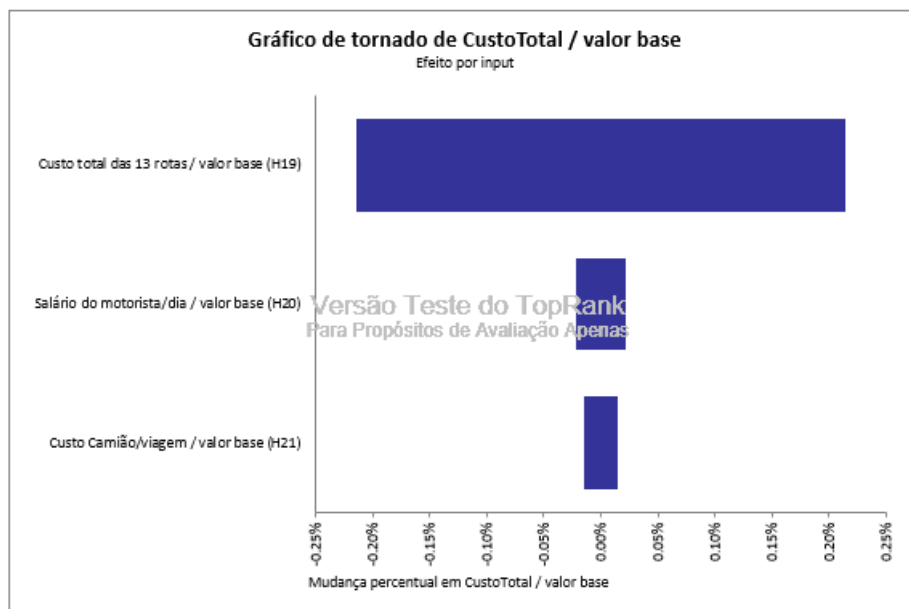


Figura 5.10: Gráfico Tornado

Como se pode observar pela figura 5.10, a variável que apresenta maior sensibilidade é o custo total das 13 rotas. Esse custo é calculado de acordo com o acima mencionado. Como é o valor que apresenta maior sensibilidade, é o que detém, também, maior incerteza. Uma pequena variação nesse custo, afetará em grande escala, o valor do custo total.

Por outro lado, as restantes variáveis não apresentam praticamente nenhuma sensibilidade em relação ao custo total de transporte. No entanto, o salário diário do motorista é mais sensível comparativamente ao custo do camião por viagem.

Uma vez que o custo é praticamente insensível em relação às variáveis salário do motorista e custo do camião, os seus valores base poderão ser mantidos para posteriores análises de decisão.

Por outro lado, para realizar a análise de sensibilidade, pode-se recorrer ao gráfico de tendência, também conhecido como o gráfico de aranha ou de *spider*, visível na figura 5.11. Este compara os efeitos dos múltiplos *inputs* nos *outputs*. Concretamente, para cada dado de entrada, as alterações percentuais nos valores base encontram-se no eixo horizontal e a respetiva percentagem de mudança no eixo vertical.

Como se pode observar através da figura 5.11, a variável que apresenta maior variação percentual, refletindo uma variação do custo total entre -23% e 23% em relação ao seu valor base, é o custo total das 13 rotas. Os restantes

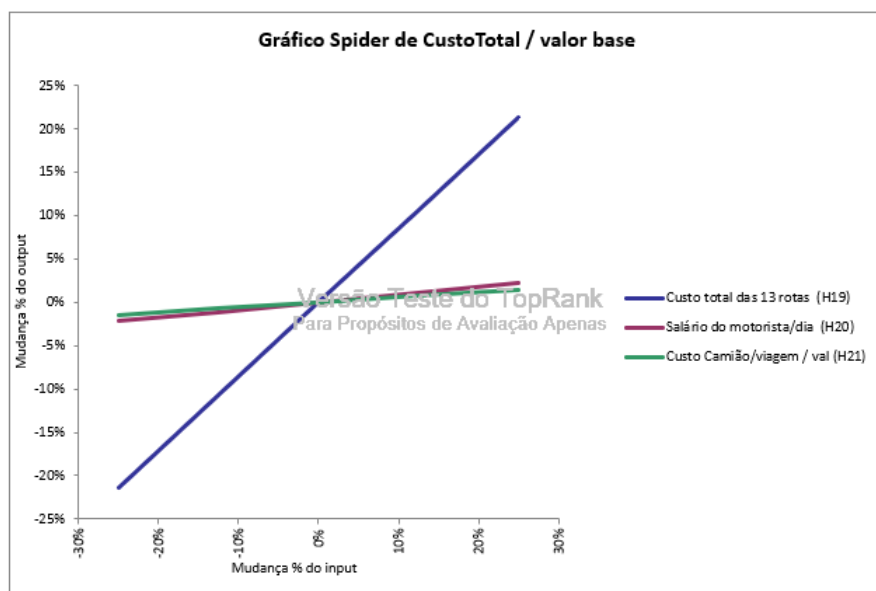


Figura 5.11: Gráfico Spider

inputs praticamente não apresentam oscilação relativamente ao seu valor base. Este gráfico complementa o gráfico de tornado.

5.4.4 Perfis de Risco

Os perfis de risco são gráficos que expõem, para uma dada alternativa, a probabilidade de um determinado resultado acontecer. Assim, cada perfil de risco está associado a uma estratégia específica ou alternativa imediata. Através do estudo dos perfis de risco é possível avaliar as consequências associadas a cada decisão.

Utilizando o *PrecisionTree*, construiu-se o perfil de risco referente a cada uma das alternativas, representado na figura 5.12.

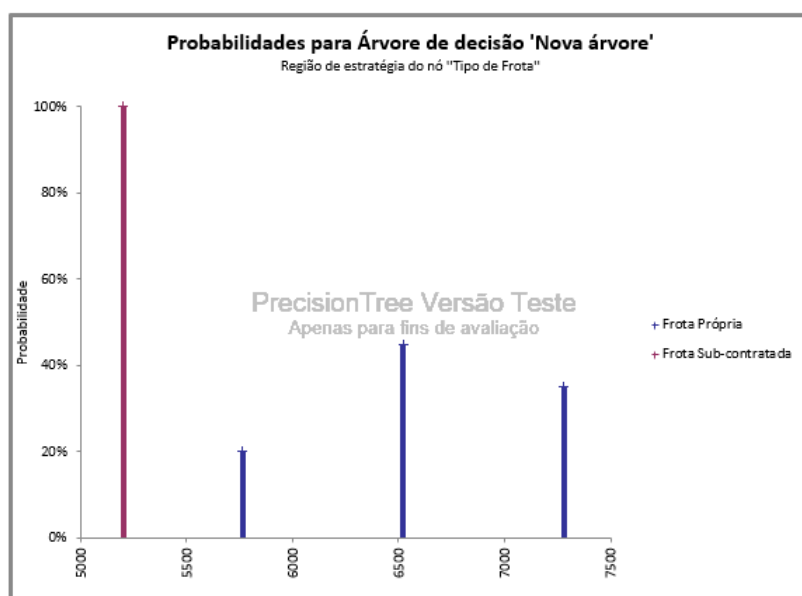


Figura 5.12: Gráfico Perfil de Risco

Através da figura 5.12, verifica-se que existe uma probabilidade de 100% da empresa ter um custo de 5200 € caso subcontrate os serviços de uma transportadora. Por outro lado, caso a empresa opte pela compra de camiões para fazer as entregas, existe uma probabilidade de 35% da empresa incorrer num custo de 7280 €, 45% de ter um custo de 6522 € e, por último, há 20% de hipóteses da empresa ter um custo de 5764 €.

O gráfico de perfil de risco acumulado (figura 5.13) permite verificar que a alternativa de sub-contratar o serviço a uma empresa domina estocasticamente sobre a opção de comprar frota própria.

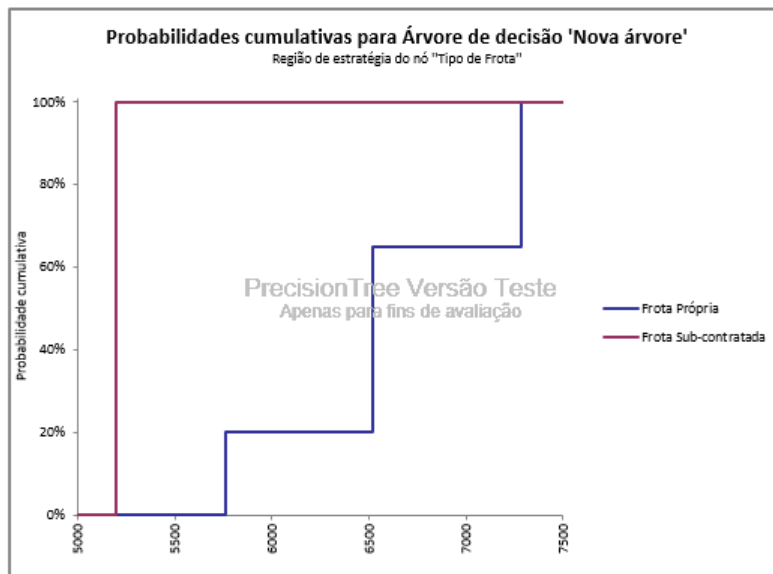


Figura 5.13: Gráfico Cumulativo

Este gráfico confirma assim que a melhor alternativa é a de utilizar frota sub-contratada, uma vez que, mesmo no pior cenário, esta opção é melhor do que a alternativa de utilizar frota própria.

6. Parte II: Reposição de Stocks

No presente capítulo, abordar-se-á a segunda parte deste trabalho, consistindo na reposição periódica de *stocks* nas lojas da ZaraMes. Após o primeiro envio, a ZaraMes efetua reposições com uma periodicidade de dois dias por semana fixos, segundas-feiras e quintas-feiras, seguindo assim, uma política de Ciclo de Encomenda. Deste modo, determinaram-se os parâmetros desta política de forma a satisfazer 95% da procura.

6.1 Pressupostos

Nesta fase, consideram-se apenas os produtos que são enviados do armazém central para as lojas. Assim sendo, foram considerados também, os dados relativos das procuras dos produtos por loja do primeiro envio, as respetivas rotas e custos. Da mesma forma, foram tidas em conta as informações por produto, da quantidade em *stock* em cada loja. Foi igualmente determinada a quantidade que se tem de repor ou enviar, por produto, para cada uma das trinta lojas.

6.2 Modelo Ciclo de Encomenda

O modelo que se assemelha à forma como a ZaraMes repõe os produtos em cada loja é, como já mencionado, o modelo de Ciclo de Encomenda. Desta forma, a cadeia e lojas ZaraMes encomenda em períodos de tempo regulares, duas vezes por semana, às segundas-feiras e às quintas-feiras. A quantidade encomendada é variável, sendo que esta é igual à diferença entre o nível de referência S e a quantidade de produto, em *stock*, existente no dia anterior (dia $i-1$), em loja, tal como exposto na fórmula abaixo.

$$QEE[i] = S - StockAtual[i - 1] \quad (6.1)$$

A incerteza da política abordada engloba o período de revisão t e o prazo de entrega l . No presente modelo, o período de revisão t é duas vezes por semana e o prazo de entrega l é um dia. Desta forma, a encomenda pedida pelo gestor de loja no final do dia anterior, chega a cada loja, no dia seguinte.

O espetro de tempo considerado no Projeto é de 214 dias, refletindo os sete meses em análise.

6.2.1 Objetivos do Modelo

De acordo com o definido, os objetivos da empresa ZaraMes, relacionados com a política de encomendas aplicada, passam por maximizar a procura satisfeita em cada loja da cadeia e minimizar os dias de rutura da mesma. Estes estão de acordo com a máxima da empresa, a melhorar a experiência do cliente em todas as lojas da cadeia.

Considerando o intervalo de tempo em análise e, sabendo que a empresa não admite uma satisfação da procura abaixo de 95%, o número máximo de dias que um produto poderá estar em rutura são, assim, 11 dias.

Idealmente, para a ZaraMes, o nível de serviço é de 95%, uma vez que uma satisfação superior a este nível incorrerá num ligeiro aumento dos custos de posse de *stock*, podendo não compensar a mesma. Contrariamente, um nível de serviço abaixo dos 95%, resulta numa diminuição dos custos de posse de *stock*, o que influenciará negativamente a satisfação do cliente, prejudicando a sua experiência na cadeia de lojas.

Desta forma, na equação 6.2, utilizada para obter este valor expressa abaixo, a variável *IntervaloTempoAnalise* toma o valor de 214 dias. Após a resolução da primeira equação, a variável *NumeroOtimoDiasSemRutura* toma o valor de 203,3 e, por fim, de acordo com a equação 6.3 exposta, a variável *DiasOtimosRutura* toma o valor de 10,7, o que equivale aos 11 dias de rutura. O índice $[j]$ representa cada loja da cadeia.

$$NumeroOtimoDiasSemRutura[j] = (IntervaloTempoAnalise[j] * 95) / 100 \quad (6.2)$$

$$DiasOtimosRutura[j] = IntervaloTempoAnalise[j] - NumeroOtimoDiasSemRutura[j] \quad (6.3)$$

De forma a avaliar o primeiro objetivo imposto pela empresa, maximizar a procura satisfeita em cada loja da cadeia, foi criado um indicador que se cinge a medir essa percentagem. Desta forma, são comparados os dias em que a procura dos produtos foi satisfeita, contabilizada pela variável *DiasSemRuptura*, com o número de dias total em análise, representada pela variável *IntervaloTempoAnalise*. As fórmulas a partir das quais se obtém esta medida, estão expostas de seguida, sendo que o índice $[j]$ distingue cada loja da cadeia.

$$DiasSemRutura[j] = IntervaloTempoAnalise[j] - DiasRuptura[j] \quad (6.4)$$

$$NiveldeServico[j] = DiasSemRuptura[j] - IntervaloTempoAnalise[j] \quad (6.5)$$

De forma a avaliar o segundo objetivo proposto pela ZaraMes, minimizar os dias de ruptura dos produtos em cada loja, foram contabilizados os dias de ruptura totais, durante o intervalo de tempo de análise. Posto isto, a variável *DiasRuptura* contabiliza os dias de ruptura totais de cada produto, por loja.

6.3 Aplicação do Modelo a 5 Lojas

De modo a construir um modelo que representasse a realidade e permitisse analisar a gestão de *stocks* das várias lojas, utilizou-se a ferramenta Excel.

6.3.1 Parâmetros Probabilidade de Venda e Número de Clientes

Atendendo às diferentes características das várias lojas em estudo, foi necessário introduzir, no ficheiro Excel, variáveis que representassem essas desigualdades. Desta forma, estimou-se para cada loja, atendendo a diversos fatores, as probabilidades de venda dos diferentes produtos e a quantidade de clientes que entravam por dia em loja. De forma a estimar as probabilidades de venda de cada produto, foram tidas em consideração a procura real do produto, as características da loja em questão e a época do ano em análise. Para este último fator, delinearam-se cinco épocas distintas, uma fase inicial de lançamento da nova coleção, seguida de uma fase de estagnação das vendas dos artigos, uma fase de meses de verão, uma segunda fase de estagnação e a fase final com promoções, de modo a escoar o produto ainda existente em *stock*. Da mesma forma, o número de clientes que entram na loja foi determinado atendendo às características da mesma e do dia da semana em análise, sendo que as lojas têm mais afluência às sextas-feiras e aos fins de semana relativamente aos restantes dias da semana.

6.3.2 Construção do Modelo

O primeiro passo para a construção deste modelo foi a definição de um calendário. Este está compreendido entre 1 de março de 2019 e 30 de setembro de 2019, correspondendo aos 214 dias de venda dos produtos nas lojas da cadeia ZaraMes. De seguida, fez-se a correspondência entre as datas do calendário e os dias da semana respetivos, permitindo assim, através de uma distribuição aleatória e, de acordo com o dia da semana, atribuir a cada data do calendário, o número de clientes que entrou em cada loja.

De seguida, definiu-se a procura de cada produto, de acordo com a distribuição binomial, com uma confiança de 95%. Para a distribuição, utilizou-se o número total de clientes que entravam na loja, sendo variável *Clientes na Loja*, como o número de tentativas e, a hipótese de venda do produto, expressa pela variável *Probabilidade de Venda*, como probabilidade de sucesso.

Como explicado anteriormente, a ZaraMes recebe novos produtos, provenientes do centro de distribuição, todas as segundas-feiras e quintas-feiras. Assim, definiu-se o modelo através da ferramenta Excel, de maneira a que só nesses dias fossem repostos os níveis de inventário. Por conseguinte, a quantidade recebida nesses mesmos dias, depende da diferença entre o nível de referência S , definido para cada produto de cada loja, e o *stock* existente do mesmo, tal como já mencionado. Desta forma, incorporou-se no modelo, uma função que reflete a quantidade de produto em cada encomenda, sendo que esta é exatamente a quantidade necessária para repor esse nível S .

Uma vez que os níveis de *stock* existentes na loja dependem das vendas efetuadas e das quantidades recebidas nos dias marcados, foi necessário introduzir uma fórmula para garantir que o valor do *stock* atual, de cada dia, estivesse atualizado, de acordo com os fatores mencionados acima.

Tendo-se determinado, pelos métodos previamente referidos, a procura do produto e o nível de *stock* existente para cada produto, foi possível calcular as vendas diárias de cada produto. Desta forma, para cada dia, se o nível de *stock* for superior à procura do produto, as vendas são iguais a essa procura. Por outro lado, se o nível de *stock* se encontrar inferior à procura do produto, as vendas igualam-se ao nível de *stock* do produto.

Calcularam-se, também, as vendas acumuladas ao longo dos 214 dias em estudo, somando, para cada dia, as vendas do dia anterior às vendas efetuadas no dia em questão. Calcularam-se, ainda, as vendas médias de cada produto, através do quociente das procuras acumuladas em cada dia, pelo número de dias de venda do produto, até ao momento.

Calcularam-se, ainda, os dias de rutura acumulados, somando-se um valor, ao valor total de dias de rutura, sempre que o *stock* atual iguala zero.

Utilizou-se, por fim, uma fórmula de forma a determinar o tempo médio que um produto permanece em *stock*. Esta fórmula divide o *stock* atual de cada produto em de cada dia, pela média de vendas de cada produto.

6.3.3 Loja ZaraMes Localizada no Braga Parque

De acordo com as especificações do modelo apresentadas acima e, considerando as variáveis já mencionadas, apresenta-se uma análise da influência da política de Ciclo de Encomenda da loja ZaraMes localizada no Braga Parque.

A primeira análise apresentada, referente à política de gestão de *stocks* em utilização para o produto com mais procura, é mais completa e detalhada do que a dos restantes produtos. Nessas, apenas expomos a análise dos primeiros quinze dias, uma vez que todo o processo de gestão de inventário realizado para todos os produtos de todas as lojas foi realizado de forma análoga. Posto isto, apresenta-se a figura 6.1, que traduz a evolução do inventário do blazer na loja do Braga Parque.

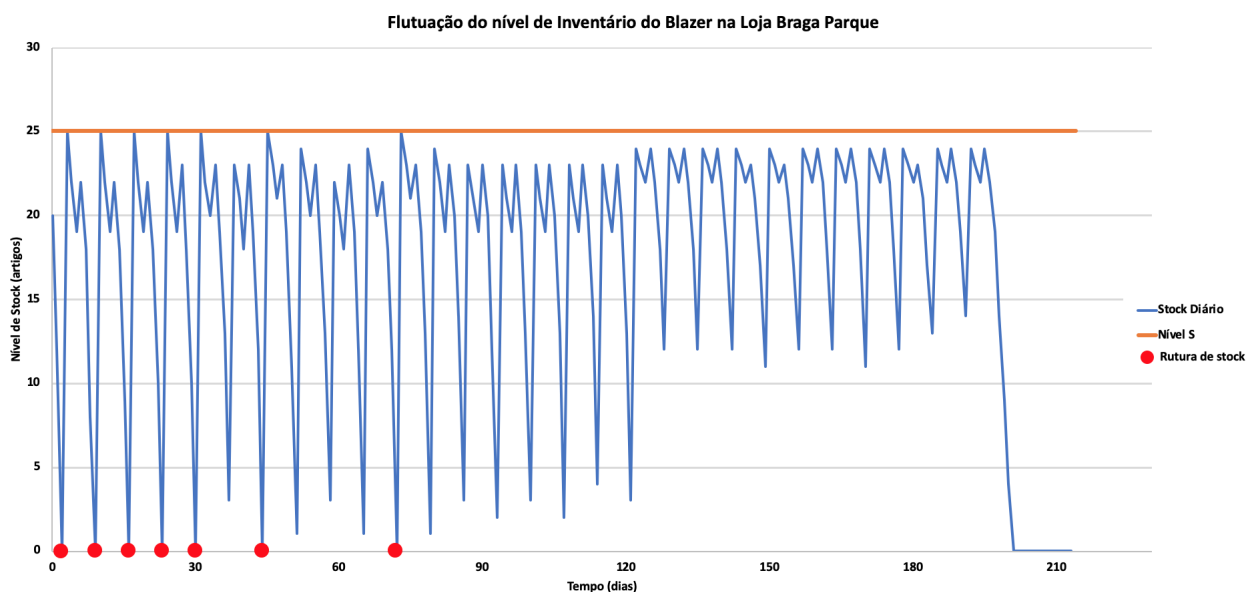


Figura 6.1: Evolução do inventário do Blazer na Loja Braga Parque

De acordo com a figura 6.1, verifica-se que o nível de referência S ideal, correspondente a um nível de serviço de 95%, é de vinte e cinco artigos. Desta forma e, como visível através dos pontos a vermelho no gráfico da figura 6.1, registaram-se sete ruturas de *stock* ao longo dos sete meses de venda deste produto. Com esta política, o *stock* diário nunca ultrapassou o nível de referência S , garantindo que não se incorreriam em custos de posse de *stock* elevados, tal como a mesma prevê.

Verifica-se ainda que, numa fase inicial, como a procura pelo artigo é mais elevada, existem ruturas de *stock* sistemáticas enquanto que, na fase final, anterior às promoções, o nível de inventário existente é mais do que suficiente para garantir que procura é satisfeita. Isto deve-se a uma baixa considerável de procura de Blazer, por parte do cliente.

As procuras elevadas do Blazer devem-se, no o primeiro mês em análise, ao fator novidade do lançamento da nova coleção, no qual este se insere. Já nos meses de verão, a procura deste artigo diminuiu consideravelmente, o que justifica os baixos níveis de *stock* existentes e a satisfação sempre a procura.

Observou-se também que, no período de reaprovisionamento entre as quintas e as segundas-feiras, existem três dias de grande afluência de clientes à loja, equivalentes à sexta-feira, sábado e domingo, nos quais os níveis de inventário atingem valores mais baixos, devido ao aumento considerável da procura do produto. Por outro lado, nos períodos entre as segundas-feiras e as quintas-feiras, verifica-se uma menor afluência de clientes à loja. Consequentemente, os níveis de inventário mantêm-se constantes e, assim, de forma a garantir o nível de serviço, efetuam-se encomendas menores às quartas-feiras, quando comparadas com as encomendas efetuadas aos domingos.

Por fim e, uma vez que se trata de uma política de Ciclo de Encomenda, verifica-se também que, como os artigos são repostos em dias específicos, ao existir uma rutura de *stock*, é necessário esperar que o inventário seja repostado até ao nível de referência.

De acordo com a política da empresa, os clientes que pretendam adquirir o produto quando este está indisponível na loja, são encaminhados para outras lojas onde o artigo esteja disponível. Para além do mencionado, os clientes são informados sobre o site da empresa, onde os mesmos poderão efetuar essa compra.

Posto isto, efetuaram-se análises da gestão de inventário para os restantes produtos, seguindo a política de Ciclo de Encomenda. Definiram-se, tal como para o produto anterior, os níveis de referência S , de forma a garantir um nível de serviço de 95% para cada produto. Os gráficos seguintes apenas incluem os primeiros quinze dias de venda do produto, de forma a proporcionar uma melhor visibilidade da evolução do inventário.

Como se observa na figura 6.2, o gráfico A, referente ao Macacão, mostra um nível de referência de trinta e cinco artigos. É possível verificar também que existe um *lead time* de um dia entre o momento em que a encomenda é efetuada e o dia em que se recebem os produtos. Este tempo de entrega é igual para todos os produtos e para todas as lojas, o que obriga a que no dia anterior à chegada dos mesmos, seja efetuada uma encomenda da quantidade desejada q . Como é visível no gráfico A da figura 6.2, a quantidade a encomendar, indicada a verde, é muito superior aos domingos, em comparação com a quantidade encomendada às quartas-feiras. Esta conjuntura deve-se, tal como explicado anteriormente, ao período de reaprovisionamento entre as quintas-feiras e as segundas-feiras, incluir dias de grande afluência às lojas como a sexta-feira, o sábado e o domingo.

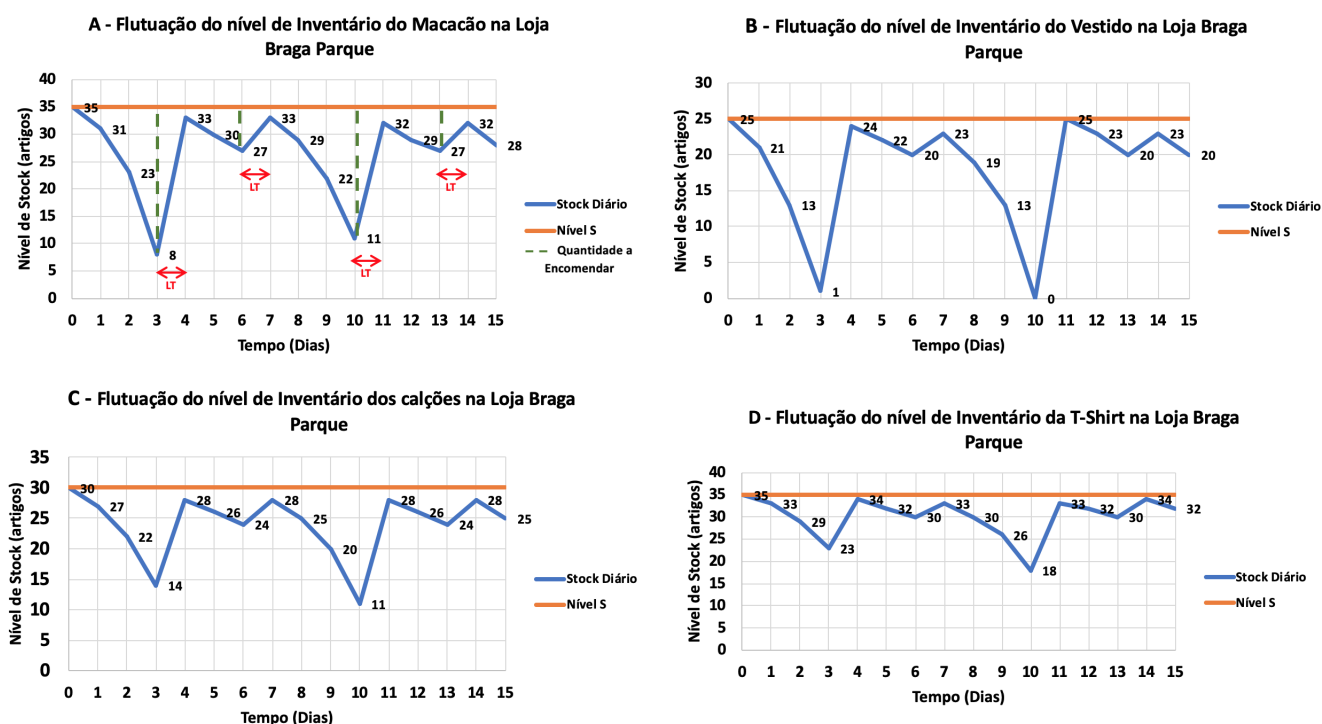


Figura 6.2: Flutuação do nível de Inventário do A - Macacão, B - Vestido, C - calções e D - T-shirt, na Loja Braga Parque

Quanto ao gráfico B, referente à flutuação do nível de inventário do Vestido nesta loja, apura-se que o nível de referência adequado para garantir um nível de serviço de 95%, é de vinte e cinco artigos. Todas as características referidas anteriormente na gestão de *stocks* do Blazer e do Macacão são igualmente corroboradas neste e nos restantes artigos.

Na gestão dos inventários dos Calções e da T-Shirt, visíveis nos gráficos C e D da figura 6.2, respetivamente, comprovou-se que o nível S , que garantia o nível de serviço de 95%, é de trinta unidades para os Calções e de 35 artigos para a T-Shirt.

6.3.4 Loja ZaraMes localizada na Avenida Central de Braga

A segunda loja analisada foi a da ZaraMes da Avenida Central de Braga, na qual se observa uma menor afluência de clientes em comparação com a loja do Braga Parque. Nesta loja, verificou-se que o nível de referência adequado para o Blazer, para garantir um nível de serviço de 95% e evitar o excesso de stocks em loja, era de apenas 11 unidades. Como se comprova no gráfico A da figura 6.3, nos primeiros quinze dias após o lançamento da coleção, existiram duas ruturas de *stock* e, como a empresa segue uma política de ciclo de encomenda, foi necessário aguardar que, nos dias determinados, o *stock* fosse reposto no nível de referência. Esta é uma das desvantagens deste tipo de política, uma vez que uma má definição da quantidade encomendada, pode levar a que existam sucessivas ruturas de *stock*, implicando custos de rutura de inventário para a empresa e uma má imagem da mesma.

O gráfico B da figura 6.3, referente à flutuação dos níveis de inventário do Macacão, mostra que o valor ideal para *S*, que garante 95% dos dias sem rutura de *stock*, é de vinte e cinco artigos. Nos primeiros quinze dias expostos no gráfico, o inventário deste artigo manteve-se elevado. No entanto, nos meses de verão, a procura por este produto aumentou significativamente, o que conduziu ao nível de referência escolhido.

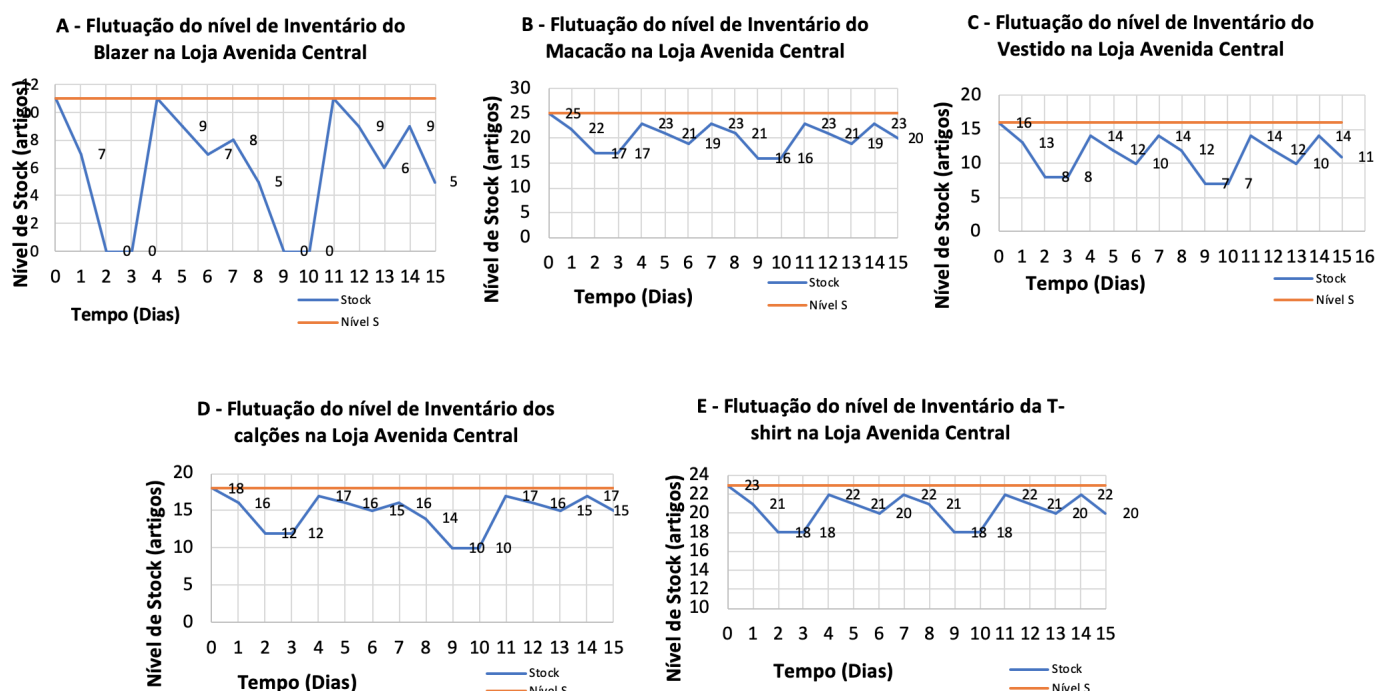


Figura 6.3: Flutuação do nível de Inventário do A - Blazer, B - Macacão, C - Vestido, D - calções, E - T-shirt na avenida central de Braga

Para os inventários do Vestido, dos Calções e da T-shirt definiram-se os níveis de referência, correspondentes ao máximo *stock* em loja destes artigos, de dezasseis, dezoito e vinte e três artigos, respetivamente. Apesar de, nos primeiros quinze dias apresentados na figura 6.3, os níveis de referência aparentarem estar altos, estes produtos, tal como no caso do macacão, apresentam uma procura mais elevada nos meses de verão e, por essa razão, o nível *S* foi definido de modo a satisfazer a procura também nesses meses. Como o nível é estabelecido de forma única para cada artigo na loja, em qualquer época do ano, existem fases em que o nível poderá ser alto e, por outro lado, fases em que esse é baixo, levando a sucessivas ruturas de *stock*. Uma possível estratégia para ajudar na resolução deste problema, poderia passar pela constante análise das procuras existentes em cada época do ano e, através delas, ajustar o nível de *stock* para um valor mais adequado, evitando assim, excessos e/ou ruturas de *stock*.

6.3.5 Loja ZaraMes de Santarém

A terceira loja avaliada foi a ZaraMes de Santarém. Como se observa no gráfico A da figura 6.4, definiu-se um nível de referência de vinte artigos para o Blazer. Este nível, tal como nas lojas anteriores, garante um nível de serviço de 95%.

Da mesma forma, estabeleceram-se os níveis de referência para os restantes produtos à venda nesta loja. Atendendo à procura de cada um e, evitando excesso de *stock* em loja, definiram-se os níveis *S* de oitenta e cinco artigos para o Macacão, de oitenta artigos para o Vestido, de setenta artigos para a T-shirt e de oitenta artigos para os Calções.

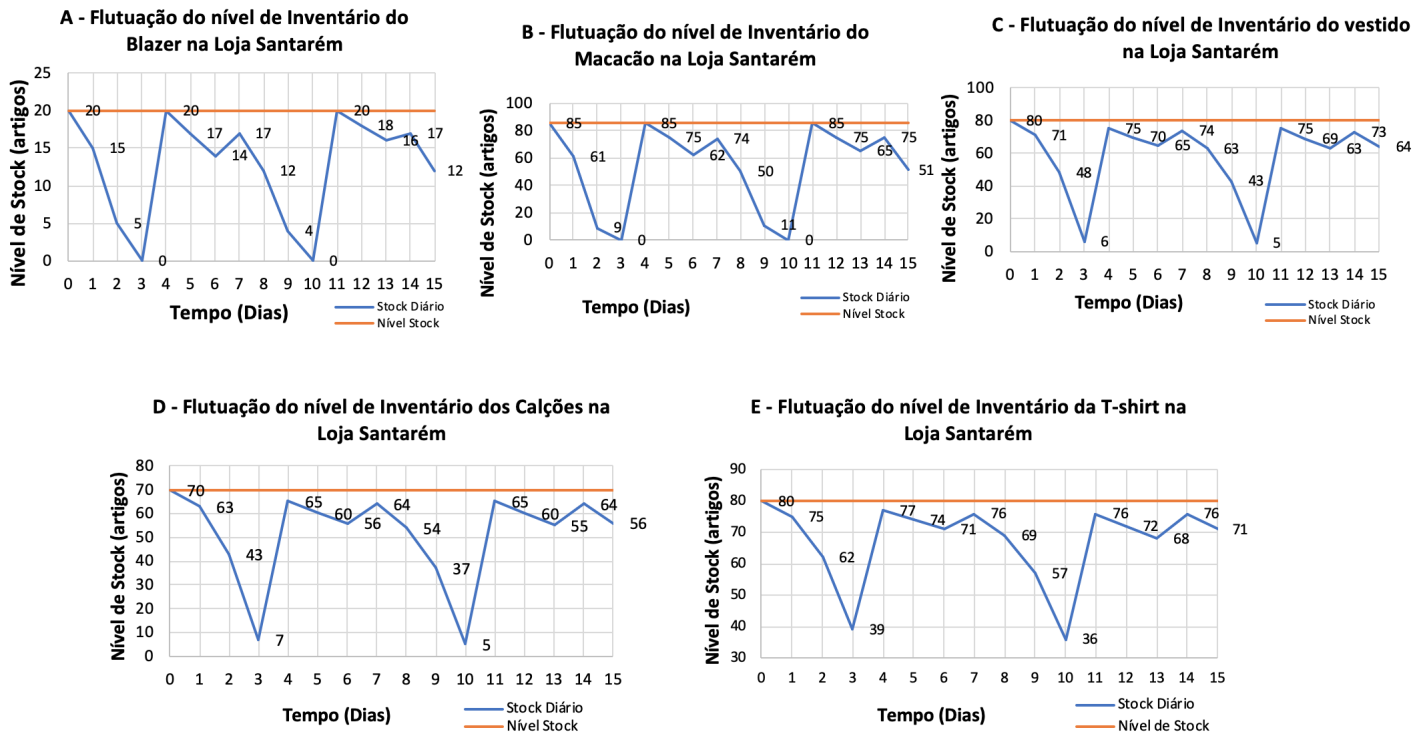


Figura 6.4: Flutuação do nível de Inventário do A - Blazer, B - Macacão, C - Vestido, D - calções, E - T-shirt em Santarém

Nos gráficos C, D e E, nos primeiros quinze dias de venda destes produtos, após o primeiro envio, em nenhuma reposição de inventário foi atingido o nível de referência definido. Este acontecimento pode ser explicado pelo facto da quantidade encomenda apenas refletir a diferença entre o nível de *stock* existente e o nível *S*. Por esta razão, a procura existente durante o prazo de entrega, um dia, não é tida em consideração. Assim, sempre que uma se verifica uma reposição, só entra em loja a quantidade encomendada no final do dia anterior que, dependendo da procura existente no dia da reposição, pode não ser suficiente para repor o *stock* no nível de referência.

6.3.6 Loja ZaraMes do Colombo Lisboa

A loja da ZaraMes existente no Colombo apresenta uma elevada afluência de clientes e, por essa razão, todos os níveis de referência definidos são significativamente elevados quando comparados com os níveis definidos para as lojas expostas nas subsecções acima.

No caso do Blazer, foi definido um nível de referência de mil unidades. Este número elevado de artigos garante que em 95% dos dias, a procura seja totalmente satisfeita. Verifica-se uma vez mais que, a quantidade encomendada aos domingos, entregue às segundas-feiras, é significativamente superior à quantidade encomendada às terças-feiras. Para os restantes artigos foram definidos níveis de referência mais baixos em comparação com o Blazer. Contudo, devido à elevada afluência de clientes, estes níveis são significativamente superiores relativamente aos das lojas analisadas anteriormente.

Como se pode observar no gráfico B da figura 6.5, o nível S estabelecido para o Macacão, de 900 artigos, conduziu a duas ruturas de *stock* nos primeiros quinze dias após o lançamento desta nova coleção. Apesar deste facto, este nível mostrou-se adequado uma vez que garantiu que não existissem mais de 11 dias rutura durante os sete meses de venda da coleção, o que garantiu o nível de serviço de 95%.

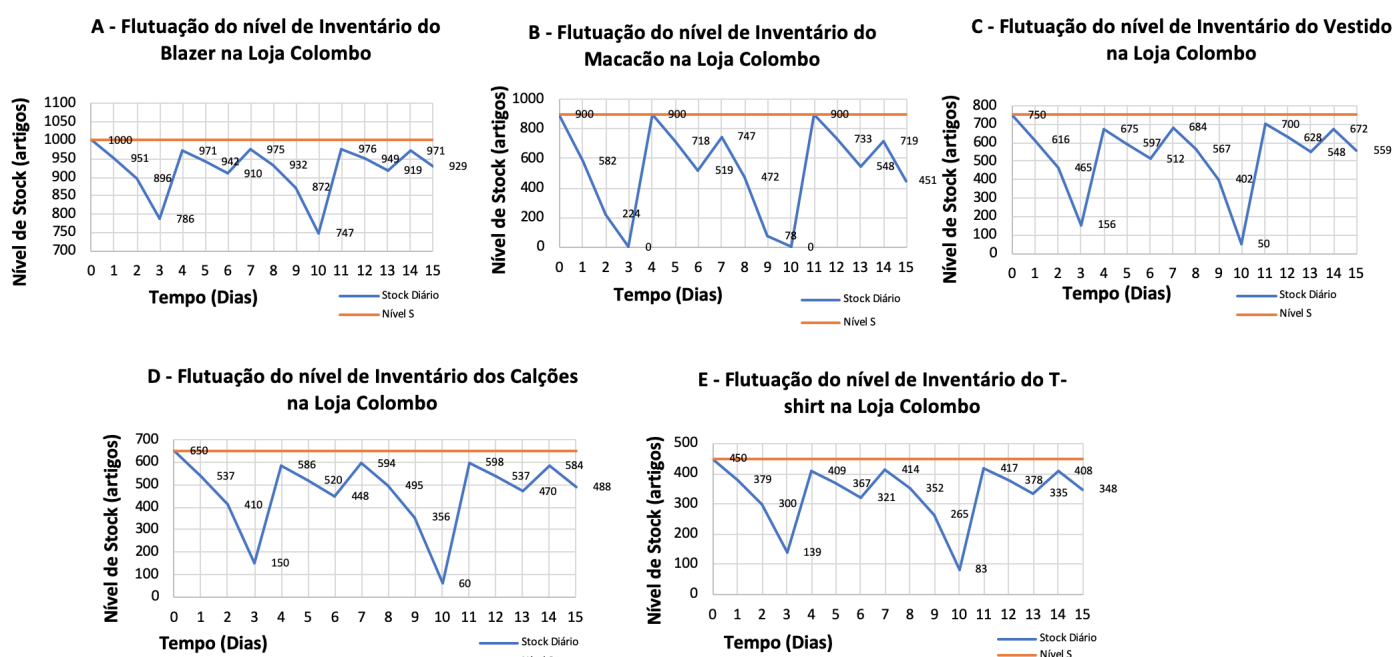


Figura 6.5: Flutuação do nível de Inventário do A - Blazer, B - Macacão, C - Vestido, D - calções, E - T-shirt no Colombo Lisboa

Para os restantes três produtos desta coleção, foram definidos os níveis de referência de setecentos e cinquenta para o Vestido, seiscentos e cinquenta para os Calções e, quatrocentos e cinquenta para a T-shirt. A escolha destes níveis de referência, após o conhecimento de todas as procuras, torna-se mais fácil mas menos próximo de uma situação real, em que os mesmos são estabelecidos antes do lançamento da nova coleção. Assim, numa situação real, seria necessário analisar dados históricos e determinar qual o nível de referência que melhor iria satisfazer a procura existente, sem acarretar custos elevados de posse de *stock*. Como a análise foi elaborada segundo a procura existente ao longo dos sete meses analisados, não existe incerteza associada aos níveis definidos. Este aspeto contrasta com as situações reais, onde a alta incerteza associada à procura de um determinado artigo pode levar, caso esse valor seja mal definido, a elevados custos para a empresa.

6.3.7 Loja ZaraMes do Norte Shopping Porto

A última loja analisada foi a do Norte Shopping no Porto. Esta loja, à semelhança da anterior, possui uma elevada afluência de clientes e, todas as características referidas que resultam dessa grande afluência anteriormente mencionada, são visíveis também nesta loja.

O gráfico A, exposto na figura 6.6, exibe um nível de referência para o Blazer de setecentos e cinquenta produtos. Apesar de, nos primeiros quinze dias, este nível possa parecer elevado, pois estão quinhentos e oitenta e dois artigos em *stock*, é o escolhido uma vez que garante que nas épocas do ano em que a procura é superior, o *stock* existente é suficiente. Desta forma, assegura-se que não existem mais do que onze ruturas de *stock* ao longo dos sete meses em estudo.

Os gráficos B e C da figura 6.6, referentes ao Macacão e ao Vestido, respetivamente, mostram que nos primeiros quinze dias de venda destes produtos existiram duas ruturas de *stock* em ambos. O gráfico B mostra ainda que, como a ZaraMes utiliza uma política de ciclo de encomenda, é necessário esperar uma nova reposição nos dias estipulados, para que a procura existente em cada loja, seja satisfeita. Uma vez mais, estes níveis de referência, setecentos para o Macacão e quinhentos e cinquenta para o Vestido, são os adequados pois são os que certificam a satisfação das procuras em 95% dos dias.

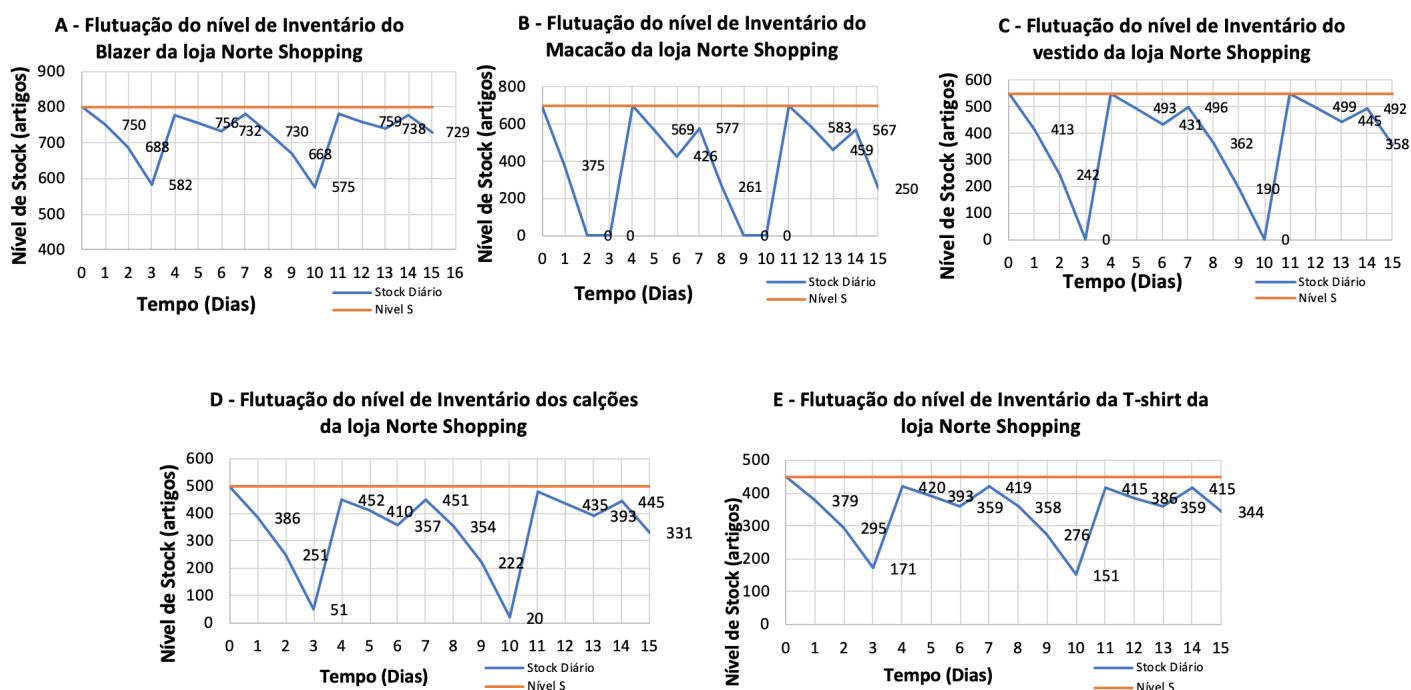


Figura 6.6: Flutuação do nível de Inventário do A - Blazer, B - Macacão, C - Vestido, D - calções, E - T-shirt no Norte Shopping Porto

Para os artigos restantes, estipularam-se os níveis de referência de quinhentos e de quatrocentos e cinquenta para os Calções e para a T-shirt, respetivamente. Como se constata através dos gráficos da figura 6.6, a quantidade que chega às lojas às segundas-feiras é significativamente superior à quantidade que é entregue às quintas-feiras evidenciando, uma vez mais que, a procura durante os fins-de-semana, é muito superior à procura semanal.

7. Parte III: Escoamento Final do Produto

7.1 Fase final do ciclo de vida do produto: Promoção

A parte final deste projeto, foca-se no delineamento duma estratégia de escoamento final dos produtos em *stock* em cada loja. Pressupõe-se que esta fase limita o final da coleção de produtos, precedendo o fim da venda dos dos mesmos. Deste modo, garante-se que no início de venda da próxima coleção os artigos da coleção anterior não estão em loja, evitando custos de posse de *stock* e espaço de armazenamento dos produtos em loja. Assume-se também que, é uma preferência da empresa escoar todos os produtos no final da estação da coleção, ao invés do retorno ao centro de distribuição, o que provocaria um investimento adicional, resultando numa perda de verbas da mesma.

Uma possível estratégia de escoamento de produtos passaria por colocar os artigos a preços mais acessíveis, promovendo um aumento de vendas. Desta forma, os artigos em final da estação seriam totalmente escoados e, por conseguinte, os gestores da ZaraMes diminuiriam o investimento no armazenamento destes produtos.

De forma a implementar uma política de escoamento dos produtos, primeiramente foram estimadas as probabilidades de venda de cada produto, atendendo à procura real do mesmo na ZaraKids, à época do ano em análise e às características da loja em questão.

Como já mencionado, foram distinguidos cinco períodos do ano, de forma a retratar as diferentes fases de vida do produto e a realidade vivida na indústria da moda. Assim, a época inicial abrange o mês de março e época normal, os meses de abril, maio e junho. Os meses da época de verão são considerados o julho e o agosto, sendo que a época final sem promoção diz respeito à primeira metade do mês de setembro. Por fim, desde o dia quinze de setembro até ao final de desse mês, verifica-se a época com promoções.

A implementação da política de escoamento dos produtos baseia-se, assim, na diminuição do preço do produto, na não encomenda nem receção de encomendas dos artigos em promoção e no aumento da probabilidade de venda desses produtos, permitindo assim simular uma procura mais acentuada dos mesmos, durante o período de promoção. Desta forma, é de esperar que a partir do dia quinze de setembro, aquando o início da época de promoções, o preço do produto diminua, provocando um aumento da procura do mesmo e, conseqüentemente, um decréscimo gradual na quantidade em *stock* dos mesmos.

A fim de ilustrar o comportamento e, a título de exemplo, a figura 7.1 ilustra o comportamento do *stock* dos cinco produtos da loja do Braga Parque ao longo do tempo, desde o dia em que a loja entra em fase de promoção.

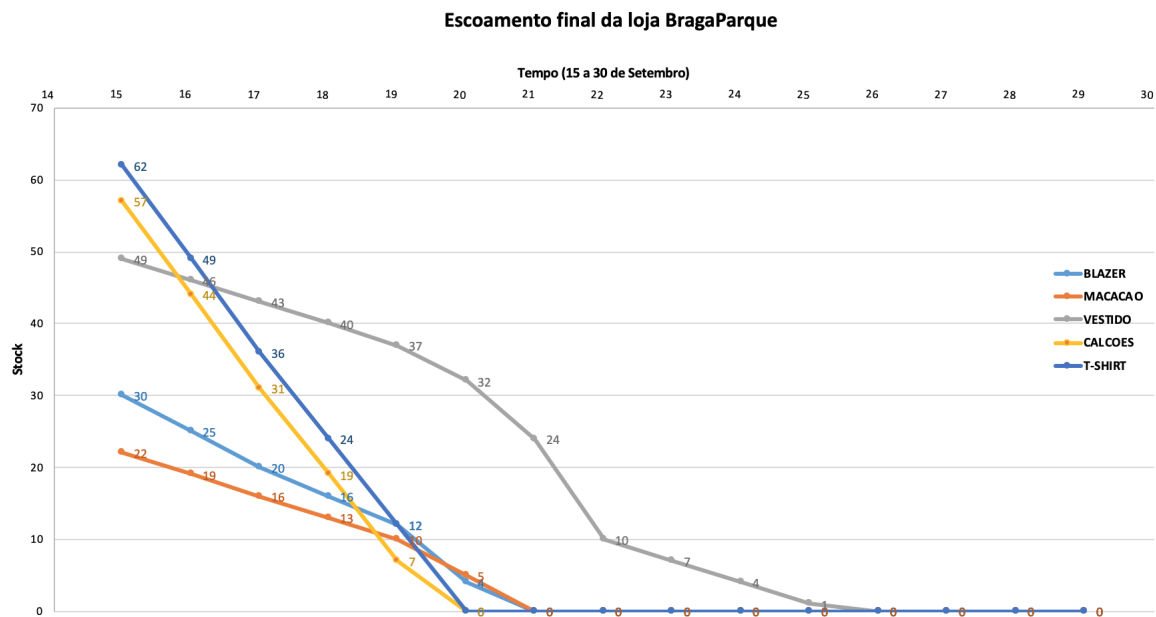


Figura 7.1: Gráfico escoamento final da loja BragaParque

Através da figura 7.1, verifica-se que todos os cinco artigos terminam o período de promoção sem *stock*, tal como previsto. Analisando, por exemplo, o macacão, é evidente que no dia quinze de setembro existiam armazenadas vinte e duas unidades e, através da política implementada, no dia vinte e um de setembro já se tinha esgotado o produto, permanecendo assim, até ao final do mês. Por outro lado, o artigo cujo escoamento demorou mais tempo foi o vestido que, conforme observado, ocorreu no dia vinte e seis de setembro.

A política de escoamento de produtos é posta em prática em todas as lojas da ZaraMes, proporcionando um aumento de vendas dos artigos em final de coleção, através de incentivos de compra dos mesmos. Assume-se que, apesar dos valores utilizados terem sido calculados de forma a esgotar totalmente o produto, a política de escoamento do produto é eficaz.

8. Conclusões

O objetivo do estudo documentado passou pelo desenvolvimento de modelos e soluções para o primeiro envio de produtos, para a gestão de stock dos mesmos e para o seu escoamento no final da coleção. As três fases mencionadas englobam o desafio central do problema, compreendendo os processos logísticos e de gestão envolvidos no ciclo de vida de uma coleção de produtos da cadeia de lojas ZaraMes do grupo IndiMex.

Assim, de acordo com os objetivos propostos, o grupo analisou o primeiro envio dos artigos para as lojas, otimizando o número de rotas a realizar, estudou a gestão de *stocks* em loja e, por fim, definiu uma estratégia de escoamento dos produtos.

Paralelamente aos três desafios enunciados, foi elaborado um modelo de Casos de Uso, com a finalidade em identificar os requisitos necessários para desenvolver um software adaptável a uma qualquer empresa cujo funcionamento seja semelhante ao da ZaraMes.

O objetivo desta análise é, assim, desenvolver um sistema genérico que permitirá resolver o mesmo problema transportado para várias empresas com produtos diferentes.

Desta forma, permite-se que os engenheiros de software, consigam conceber, desenvolver e implementar a ferramenta de tomada de decisão pretendida.

No que concerne o primeiro desafio do projeto, o primeiro envio de produtos para as trinta lojas da cadeia ZaraMes, foi elaborado um estudo com o auxílio das ferramentas *Matlab*, *PrecisionTree* e *Excel*.

Através da análise realizada, verificou-se que o agrupamento de lojas na mesma rota, reduziu o número total de rotas de trinta para treze, resultando numa diminuição para metade do custo existente no transporte dos artigos do centro de distribuição até às diversas lojas. Da mesma forma, quando se incorporaram na análise, outros fatores tais como o tempo percorrido desde o armazém central até às lojas, verificou-se que a alternativa de agrupar as rotas apresentava maior peso, sendo a melhor opção a tomar por parte da ZaraMes.

Num segundo estudo, foram comparados os custos associados a possuir frota própria para realizar as treze rotas, definidas com a otimização de rotas, com os custos fixos de subcontratar uma empresa para efetuar esse serviço, de forma a complementar o estudo visando o número de ângulos possível. Concluiu-se, através da árvore de decisão, dos perfis de risco e da análise de sensibilidade, que a melhor opção seria a de subcontratar uma empresa transportadora.

Posteriormente, aquando a investigação sobre a gestão de inventários em loja, através de uma política de ciclo de encomenda, aferiu-se que esta política apenas necessita de revisões pontuais dos níveis de inventário, uma vez que os seus dias de reposição são fixos. Por outro lado, caso se verifique uma rutura de *stock*, não será possível repor imediatamente os níveis de inventário desejado, sendo necessário aguardar até que uma nova reposição seja feita, no dia estipulado. Considera-se, assim, que a política adapta-se à realidade vivida pela cadeia de lojas da empresa.

Na fase final da coleção, simulando uma diminuição do preço dos artigos e, não existindo reposições de inventário, verificou-se que um aumento provocado da procura escoou todo o *stock* existente desses artigos. Desta forma possibilitou-se o estudo aproximado do comportamento real do ciclo de vida dos produtos em questão.

Numa análise final deste projeto, verificou-se que com acesso a dados reais, mais concretos e, com mais tempo de análise dos mesmos, teria sido feito um estudo mais acentuado, aprofundado e mais próximo da realidade.

Bibliografia

- Birtwistle, G., S. N. e. F. S. (2003). Quick response: perceptions of uk fashion retailers. *Journal of Retail & Distribution Management*, 31(2):118–28.
- Fernandes, J. and Machado, R. (2015). *Requirements in Engineering Projects*. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering. Springer International Publishing.
- Frings, G. S. (2001). *Fashion from concept to consumer*. Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 7th ed edition. Includes bibliographical references and index.
- Nair, D.J., G. H. F. Y. and Dixit, V. (2018). Scheduling and routing models for food rescue and delivery operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 63:18–32.
- Song, Jehoon, B. J.-K. P. H. P. S. (2002). Supply chain optimization involving long-term decision-making. *Computer Aided Chemical Engineering*, 10:799–804.
- Sproles, G. B. and Burns, L. D. (1994). *Changing appearances understanding dress in contemporary society*. New York Fairchild Publications. Includes bibliographical references (p. 301-319) and index.

A. Anexos

A.1 Script usado no MatLab para Geração de rotas otimizadas

```
vrpnc1 % Loads XY, q, Q, ld, and maxTC
XY=[43.331402 -8.50 20 27 85
41.558807 -8.406129
41.550265 -8.422399
41.530173 -8.621337
41.443422 -8.295163
41.407833 -8.519136
41.694429 -8.833315
41.807755 -6.760495
41.284857 -8.361225
41.181446 -8.654345
41.208133 -8.687747
41.118589 -8.621385
41.147953 -8.606405
40.271171 -7.501710
39.808377 -7.515060
39.401321 -9.136712
39.733106 -8.823930
39.233755 -8.685712
38.755398 -9.188193
38.767716 -9.096488
38.711329 -9.137922
38.740846 -9.395266
38.705559 -9.301829
38.661281 -9.176789
38.537863 -8.878598
38.613483 -9.104545
38.711138 -9.139668
38.694709 -8.941727
37.127710 -8.280352
37.146442 -8.542618
37.029138 -7.944800
];
```

```
C=[matriz dos custos presente na tabela 5.2];
```

```
q=[0
150
150
93
93
150
150
```

```

93
93
3000
3000
3000
3000
335
335
3750
3750
335
335
3750
3750
150
150
93
93
3000
3000
335
335
3750
3750
];

Q=3750;

maxTC=700;
%rotal={ [1 24 26 25 29 1] };
%h=pplot(rotal,XY,'r-');

% C = dists(XY,XY,2);
h = pplot(XY,'k. ');
pplot(XY,num2cellstr(1:size(XY,1)))
[loc,TC] = vrpsavings(C,{q,Q},{ld},{ 'maxTCfeas',maxTC},[],h);
[loc,TC1] = vrpcrossover(loc,C,{q,Q},{ld},{ 'maxTCfeas',maxTC},h);

```