



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Rita Ferreira Reis

**Implementação de Práticas de Melhoria
Contínua numa Empresa do Setor de
Transportes de Mercadorias**

Dissertação de Mestrado

Ciclo de Estudos Conducente ao

Grau de Mestre em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor José Manuel Henriques Telhada

Setembro de 2018

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Doutor José Telhada por ter aceite a proposta de desempenhar funções de orientador na escrita da minha dissertação de conclusão do 2º ciclo de estudos em Engenharia Industrial e ao *Kaizen Institute Consulting Group*, por me ter garantido a oportunidade de realizar a minha dissertação de mestrado em contexto real. Gostaria de agradecer em particular ao Eng.º Miguel Hespanhol por me ter orientado na sequência deste projeto e ao Eng.º Guilherme Carreiro pelo apoio na adaptação ao problema analisado no contexto da empresa Transportes Familiares, bem como na disponibilização de material que me permitisse o desenvolvimento desta Dissertação de Mestrado. Queria agradecer ainda ao Professor Doutor Pedro Guedes de Oliveira e à Lucília Fernandes, por me apoiarem e incentivarem a investir no meu percurso académico bem como no meu desenvolvimento profissional. Aos meus amigos, pelo incansável esforço nesta jornada cansativa e um peculiar agradecimento ao João Ribeiro, pela capacidade de me ajudar a manter a calma, mesmo nos momentos de maior ansiedade.

Por fim aos meus restantes familiares, e o agradecimento mais importante, feito à minha mãe, pelo apoio incondicional em todos os projetos da minha vida. Agradeço igualmente a sua disponibilidade e colaboração nas sucessivas revisões a esta produção escrita final.

RESUMO

Com o início da revolução industrial no século XVIII, o potencial de crescimento económico da sociedade aumentou progressivamente ao longo dos anos. Portugal ao longo dos séculos tem acompanhado este crescimento económico, potenciando a criação de novas empresas e a ampliação da rede de transportes de mercadorias e de passageiros. Este fenómeno, levou a que o investimento no setor dos transportes de mercadorias sofresse um grande aumento, implicando, assim, que os níveis de serviço disponibilizados aos clientes fossem diferenciados, entre os concorrentes. Esta diferenciação, implicou um nível de serviço progressivamente mais elevado, contudo o fator de custos de mercadorias e respetivo transporte, teria de se situar num patamar reduzido, não alterando o custo habitual. Numa segunda fase, pressionadas pela revolução tecnológica que ocorreu ao longo do século XX, tornou-se fundamental que as restantes indústrias, procedessem a uma adequação no serviço para poderem alinhar com as necessidades emergentes desta nova sociedade industrial, a chamada Indústria 4.0.

Esta Dissertação de Mestrado irá incidir no estudo das abordagens teóricas e práticas das inovações verificadas no âmbito do setor dos transportes de mercadorias, aliados às novas estratégias tecnológicas de roteamento de viagens, e irá adaptá-las e implementá-las na forma de boas práticas, processos normalizados e sistema de planeamento automático de rotas de transporte numa empresa do setor, com o objetivo de maximizar a taxa de ocupação da frota e minimizar os custos de operação.

A dissertação será baseada numa revisão bibliográfica relativa ao tema dos transportes, procedente da análise da situação atual da organização, com identificação dos principais problemas verificados durante a fase inicial do projeto de planeamento, confluindo numa conjugação do conhecimento apreendido, para a implementação prática num algoritmo a aplicar na empresa referida como Estudo de Caso.

Neste sentido serão ainda referidas boas práticas implementadas até à data, visando a simplificação e normalização processual de toda a informação necessária para a execução de serviços de transporte. Assim, e para que fosse possível a construção de um algoritmo sustentável a longo prazo, a especificação dos requisitos e fiabilidade dos dados recolhidos foram também considerados como pilares fundamentais de toda a intervenção neste caso de estudo. Relativamente ao algoritmo futuramente a implementar nas atividades operacionais da organização serão ainda detalhados os critérios fundamentais de decisão para a obtenção da

solução ótima, bem como detalhe das próximas intervenções de melhoria contínua no âmbito deste projeto contratualizado.

PALAVRAS-CHAVE

Rotas de Transporte; Algoritmo; Frota; Roteamento.

ABSTRACT

With the beginning of the industrial revolution in the eighteenth century, the economic growth potential of society has progressively increased over the years. Over the centuries Portugal has always followed this economic growth, promoting the creation of new companies and the expansion of the freight and passenger transport network. This phenomenon led to a large increase in investment in the freight sector, implying that the levels of service provided to customers were differentiated between competitors. This differentiation implied a progressively higher level of service, but the factor of freight costs and transport would have to be at a low level, without changing the usual cost. In a second phase, pressured by the technological revolution that occurred throughout the twentieth century, it became fundamental that the rest of the industries were able to adapt to the needs of the emerging industrial society, called Industry 4.0.

This Master's Dissertation will focus on the study of the theoretical and practical approaches of innovations in the area of freight transport, allied to the new technological strategies of travel routing, with improvements in the procedural and structure areas of the entire organization, as well as the implementation of a system of automatic planning of transport routes, with the aim of maximizing the fleet occupancy rate and minimizing the costs of the fleet. This practice was non-existent until the start date of this study.

The dissertation will be based on a bibliographical review on the subject of transport, based on the analysis of the current situation of the organization, identifying the main problems encountered during the initial phase of the planning project, converging in a combination of the knowledge learned, to the practical implementation in an algorithm to be applied in the company referred to as Case Study. In this sense, good practices implemented will also be mentioned aiming at the simplification and procedural standardization of all the information necessary for the execution of transport services. In order to build a long-term sustainable algorithm, the specification of the necessary requirements and reliability of the collected data, was been also considered as fundamental pillars of the whole intervention in this case study. Regarding the future algorithm to be implemented in the operational activities of the organization will also be detailed the fundamental decision criteria for obtaining the optimal

solution, as well as detail of the next continuous improvement interventions within this contracted project.

KEYWORDS

Transportation Routes; Algorithm; Fleet; Routing

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos da Dissertação.....	4
1.3 Metodologia de Investigação.....	5
1.4 Estrutura da Dissertação.....	5
2. Revisão da Literatura.....	7
2.1 Introdução: logística, transporte e distribuição.....	7
2.2 Classificação dos Problemas de Roteamento.....	11
2.3 Métodos de Solução.....	12
2.4 Metodologia Kaizen.....	23
2.5 Metodologia Lean e Sistema de Produção Toyota.....	26
2.6 Síntese e Considerações Finais.....	29
3. Diagnóstico do Sistema em Estudo.....	31
3.1 A empresa.....	31
3.2 Enquadramento legal: transporte de mercadorias.....	32
3.3 Prestação de Serviço.....	33
3.4 Descrição e Diagnóstico do Sistema Atual.....	36
3.5 Mapeamento de Processo.....	38
3.6 Síntese e Considerações Finais.....	40
4. Propostas de melhoria.....	43
4.1 Projeto Kaizen na empresa Familiar.....	43
4.2 Implementação Prática de Melhorias.....	43
4.3 Principais Indicadores de Desempenho (KPI).....	47
4.4 Áreas a Intervencionar e Pressupostos de Melhoria Contínua.....	54

5. Conclusões e trabalho futuro	61
Referências Bibliográficas	63
6. Anexo I – Código VBA em desenvolvimento no âmbito do projeto.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Organigrama Inicial da Empresa Transportes Familiares	32
Figura 2 - Ocupação Média de Tratores de Combustíveis	37
Figura 3 - Sazonalidade Anual de Consumo de Combustíveis	37
Figura 4 - Diagrama Causa Efeito para o Problema dos Kms considerados como Desperdício	38
Figura 5 - Mapeamento de Processo: Pedido de cliente.....	38
Figura 6 - Pirâmide de critérios de condicionantes de otimização, segundo uma visão em três níveis.	42
Figura 7 - Descrição de como seria possível o aumento da faturação por cada camião	48
Figura 8 - Caracterização de Veículo, Cisterna e Viagem	49
Figura 9 - Caracterização de Pontos de Descarga, Centros de Carga e Pedidos de Carga.....	50
Figura 10 - Representação do Período de Turno	51
Figura 11 - Caracterização das janelas horárias	53
Figura 12 - Novo Processo de Faturação	58

ÍNDICE DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Analisando a história dos transportes de mercadorias, verifica-se que, ao longo dos anos, as empresas têm evoluído de forma a conseguir oferecer aos seus diversos clientes o melhor serviço, elevando e diferenciando as suas características e serviço de entrega face à concorrência, cada vez mais com a ideia de minimizar os custos de operação, pelo que o desenvolvimento e implementação de sistemas automáticos de apoio no planeamento de rotas e escalas tem sido fulcral.

Porter (1992) descreveu o mercado como sendo um local em constante mutação e evolução, o qual carece de uma vantagem competitiva na qual as organizações sejam capazes de se diferenciar da concorrência, operacionalizando as suas atividades com o menor custo possível. Das diversas atividades inerentes à logística e gestão da cadeia de abastecimento, está associada a necessidade de transferência das matérias primas, ou produtos finais, desde o seu local de origem e produção até ao cliente (podendo este ser um intermediário ou consumidor final). No entanto, para que o seguimento processual desta transação ocorra, é primordial um roteamento eficaz no processo de determinação das rotas, sequências de paragem para distribuição, frota disponível, tempos de paragem e quilómetros percorridos, face aos pontos geográficos envolvidos (Cunha, 2000). Segundo Toth e Vigo (2002), diariamente diversos setores de atividade enfrentam graves dificuldades na tomada de decisão, relativamente ao melhor método de otimização para o roteamento de veículos. Como maiores dificuldades apresentadas, é possível afirmar que a elevada carga a transportar, longas distâncias a percorrer e elevados custos associados aos processos, requerem cada vez mais um estudo incessante na busca pela melhor forma de atuação face às dificuldades económicas sentidas a nível mundial.

Chopra e Meindl (2003) defendem que a operação logística de maior importância em toda a cadeia de abastecimento visa o planeamento das rotas e cronograma de entregas efetuado ao longo do tempo de operacionalização, pois se for adequadamente planeada, possibilita a redução de custos logísticos, melhorias nos níveis de serviço, otimização das distâncias e quilómetros percorridos, bem como redução dos tempos de entrega.

De acordo com registos recolhidos na União Europeia, verificou-se que no setor rodoviário foram efetuados 1725,5 milhares de milhão de toneladas-quilómetros em 2017, significando isto que, numa organização, o transporte poderá induzir custos excessivos, ou, pelo contrário,

poderá proporcionar grandes benefícios económicos, fiscais e sociais, dependendo da eficiência da sua gestão. Perante esta situação de extrema importância, cada vez mais são analisadas as causas potenciadoras de incertezas e perdas de lucratividade, pelo que se torna fundamental a definição de soluções optimizadoras que rentabilizem os quilómetros percorridos, com o menor custo associado possível e que preferencialmente permita à organização a geração de uma vantagem competitiva, diferenciadora da concorrência.

Para o planeamento de rotas de transporte, além da necessidade de diminuição do número de quilómetros efetuados para proporcionar a entrega atempada das quantidades de matéria encomendada pelos diversos *stakeholders* e quantidade de quilómetros percorridos em vazio, ou seja, sem carga completa no veículo, torna-se também cada vez mais elementar o cálculo e previsão de custos associados ao combustível despendido. Desta forma, um dos objetivos fulcrais para a otimização das rotas de transporte de qualquer indústria hoje em dia, visa a minimização do custo de combustível (preço unitário do combustível) através de uma constante negociação com revendedores e eficaz gestão de reabastecimentos em postos previamente definidos, e ainda o tradicionalmente realizado, a minimização da distância percorrida em cada viagem.

Os largos benefícios adjacentes a um processo de roteamento tornam-se penosos de obter e alcançar, pois a construção dos métodos de soluções (algoritmos) a computadorizar para fazer o planeamento de rotas e escalas inclui uma extensa quantidade de restrições. Tais restrições necessitam de ser asseguradas para garantir que as soluções geradas sejam válidas, i.e., que correspondam às situações reais das organizações em causa incluídas no seu meio geográfico e social. Como principais restrições a considerar importam ressaltar as janelas temporais para as entregas, o cumprimento de datas cronológicas (relacionadas com os prazos de entrega), condições de trânsito e atmosféricas, restrições de acessos físicos, frequência de cargas, quantidades a entregar e/ou a recolher e a capacidade dos veículos disponíveis, os horários e número de turnos de motoristas, bem como a impossibilidade de transporte de diversas tipologias de matérias em simultâneo.

Com a evolução das novas tecnologias e a criação de novos *softwares*, este processo tem sido amplamente simplificado através da construção e computadorização de métodos e algoritmos matemáticos que permitem solucionar algumas das restrições referidas.

Segundo a classificação desenvolvida por Bodin *et al.* (1981), os problemas de roteamento podem ser distinguidos como sendo: de roteamento, de programação ou ainda uma combinação destes dois últimos. Para a delimitação dos problemas referidos, Partyka e Hall (2000) definem como condições necessárias a existência de três elementos, sem os quais não é possível obter a

melhor solução possível. Desta forma, a clara definição dos objetivos como forma de entregar um elevado nível de serviço ao cliente através do menor custo, implicando restrições de recursos, limites das janelas temporais e de capacidade de carga, carecem da tomada de decisões relativas à melhor metodologia de alocação dos clientes a servir, veículos e motoristas disponíveis, bem como sequência pela qual o percurso deveria ser iniciado e terminado.

Para satisfazer todas as condições supracitadas, vários autores têm referido quais os princípios a seguir para atribuir, com bom senso, o melhor trajeto a efetuar, pelo que Ballou (2004) considerou fundamental a combinação de oito princípios para a execução da tarefa da forma mais eficaz. Para o autor, a capacidade dos veículos deve ser totalmente preenchida com cargas a entregar no mesmo raio geográfico, agregando as maiores quantidades de acordo com os dias de entrega, iniciar o planeamento das rotas de entrega pelo local mais distante a entregar e evitando sobreposição de passagem por um mesmo local, bem como recorrer a veículos de maiores dimensões para aumentar a eficiência das rotas. Importa ainda garantir que exista uma combinação de recolhas de forma a evitar realizar percursos com quilómetros em vazio, evitar pequenas janelas temporais, e ainda verificar se existem, nas rotas, a possibilidade de entregas realizadas por veículos de menores dimensões se estas perfizerem a totalidade dos mesmos.

O tema desta dissertação surge no âmbito do trabalho em campo a desenvolver numa transportadora de origem nacional, e com vasta área de atuação por toda a Europa. A transportadora “Transportes Familiares” encontra-se sediada na região sul do país e conta com uma frota de cerca de 550 viaturas e 590 reboques. Atua no transporte de combustíveis, frios e mercadorias em território nacional e internacional. Face ao vasto volume de negócios que tem a seu cargo, a empresa decidiu proceder à implementação de Metodologias *Kaizen*, e, para isso, contratualizou um serviço de consultoria. O contrato visa a melhoria de processos internos e externos, contendo como pontos fundamentais a potenciar: eficaz planeamento da capacidade através da previsão das necessidades de frota, planeamento da execução diária das operações, redução dos tempos de operação e redução da carga administrativa inerente a todo o setor de atividade. Para a execução das iniciativas contratualizadas, é pretendida a redução dos quilómetros em vazio permitindo otimizar a frota, bem como realizar o planeamento diário de acordo com as descargas necessárias e distribuição geográfica pelos diversos centros de distribuição. Inerente a estas atividades, encontra-se associado a redução dos custos por quilómetro efetuado e a redução do número veículos e motoristas utilizados para a execução do planeamento diário.

Apesar dos inúmeros trabalhos científicos realizados e em curso sobre o tema geral da programação de rotas e escalas na distribuição de mercadorias, a implementação de boas

práticas e sistemas de apoio à decisão automatizados na generalidade das empresas ainda é bastante reduzida e pouco valorizada. Este também tem sido o caso da empresa em estudo, pelo que a compilação dos diversos modelos de planeamento, estratégias executadas e benefícios das suas distintas implementações carecem, também aqui, de uma atenção especial, sendo esta a principal motivação deste estudo.

Com o cumprimento destes objetivos do contrato de consultoria, será potenciada a redução do trabalho administrativo e a uniformização dos fluxos informacionais, tornando-os mais ágeis e simplificados. Do projeto negociado e em vigor contratualizado entre o *Kaizen Institute Consulting Group* e a Empresa de Transportes Familiares, o primeiro ano de implementação implicaria a análise de todos os processos e estrutura subjacente à organização utilizada como Caso de Estudo, e em simultâneo a construção de um algoritmo que visasse o planeamento eficaz das rotas de transporte. No entanto, e face ao estado inicial da organização a parte processual implicou uma atenção redobrada da equipa de consultores definida como intervencionadora de ações de melhoria na organização, atrasando o cronograma de desenvolvimento e implementação do algoritmo final de roteamento de transportes.

1.2 Objetivos da Dissertação

O objetivo desta dissertação de mestrado é o aumento da produtividade, a eficiência do planeamento e gestão de rotas através de um sistema automatizado de apoio à tomada de decisão, baseado nas melhores práticas e normas processuais, suportadas num eficaz fluxo informacional da empresa em estudo. Aliando-se a utilização de um sistema automatizado inteligente com o trabalho normalizado a definir pela equipa de planeamento da organização, espera-se conseguir realizar um melhor planeamento num tempo de execução mais curto, face ao atualmente realizado.

Para atingir os objetivos esperados, este estudo pretende dar resposta a algumas questões de investigação, tais como:

- Quais as potencialidades de um investimento eficaz no roteamento de transportes?
- Quais as principais restrições e dificuldades associados ao setor?
- Qualquer estrutura organizacional consegue suportar as inovações nas estratégias de roteamento?
- Todos os processos necessitam de estar alinhados com os sistemas de roteamento?
- Qual a melhor estratégia de roteamento a implementar?

1.3 Metodologia de Investigação

No desenvolvimento desta Dissertação de Mestrado foi estruturada e seguida uma Metodologia de Investigação baseada em Estudo de Caso, que permitisse a recolha e tratamento da informação a par do desenvolvimento de estratégias de solução, para o problema identificado. A utilização desta Metodologia de Investigação caracteriza-se por ser amplamente utilizada em estudos de gestão e organizações. Segundo vários autores baseia-se em contextos da vida real e permite que o investigador possua algum controle sobre o evento em estudo (Yin, 1984), no entanto advém de uma necessidade justificar uma situação que não é considerada como totalmente definida e constante (Macnealy, 1997). A análise realiza-se por observação direta em contexto real, com recolha informacional proveniente de diversas fontes sendo, no entanto bastante dependentes da capacidade de integração do investigador (Benbasat et al.,1987).

Na primeira etapa de trabalho, procedeu-se ao enquadramento do problema no contexto do setor nacional dos transportes e foi verificada a necessidade de contratação da entidade prestadora de serviços *Kaizen Institute Consulting Group*, por parte da empresa Transportes Familiares que esteve na origem do estudo de caso sobre o qual se desenvolveu esta Dissertação de Mestrado. Com o apoio de uma análise detalhada da revisão bibliográfica existente sobre o tema em causa, foram reportados estudos relevantes da comunidade científica que serviram de apoio ao modelo a implementar. No final, caracterizou-se as necessidades de um algoritmo a desenvolver, bem como, as principais restrições adjacentes à resolução do problema em causa e respetivos indicativos fundamentais para implementação no software especializado.

Terminada a descrição da solução desenhada e caracterizada como visão do futuro, retiraram-se as principais conclusões deste estudo. Elencaram-se as principais limitações observadas e ainda futuras investigações que deveriam ser realizadas para solução em trabalhos futuros.

1.4 Estrutura da Dissertação

A Dissertação está subdividida nos seguintes capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução: Neste primeiro capítulo pretende-se explicitar o enquadramento da dissertação de mestrado, os objetivos a atingir, as metodologias de investigação e a estrutura do trabalho. Estes elementos foram conducentes à apresentação da informação, na qual se baseou a produção da presente dissertação de mestrado.
- Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica: No segundo capítulo procede-se à revisão bibliográfica dos temas considerados como fundamentais para esta dissertação de

mestrado. A revisão bibliográfica, refere-se à classificação dos Problemas de Roteamento de Transportes mais recorrentes neste setor e que foram alvo de estudo ao longo deste projeto de dissertação, bem como, os métodos de solução para os problemas identificados de acordo com as condicionantes restritivas do setor dos Transportes. É efetuada uma análise da literatura existente e ainda de casos de estudo outrora realizados na área dos setores de transporte ou áreas consideradas com representatividade em temas com importância para os assuntos abordados e/ou problemas identificados na descrição apresentada no capítulo anterior.

- Capítulo 3 – Diagnóstico do Sistema em Estudo: Neste capítulo são apresentadas as Entidades Envolvidas no Projeto, nomeadamente o *Kaizen Institute Consulting Group*, enquanto entidade prestadora de serviços de consultoria e a organização Transportes Familiares na qual se desenvolveu todo o processo de recolha de informação que originou esta tese de mestrado. É efetuada a análise do problema identificado como Caso de Estudo para desenvolvimento do projeto de tese. É realizado um diagnóstico detalhado e desenhada uma possível solução de forma estruturada, que permita o cumprimento dos objetivos da empresa e do contrato de confidencialidade a que este projeto de tese se compromete a satisfazer.
- Capítulo 4 – Propostas de Melhoria: No capítulo pretende-se proceder à apresentação das áreas da organização Transportes Familiares que o *Kaizen Institute* identificou como oportunidades de melhoria durante a fase de Planeamento. Para implementar essa melhoria foram contratualizados workshops de melhoria, que conduziram ao desenvolvimento da temática a abordar nesta dissertação. Neste capítulo, encontra-se ainda explicitada qual a metodologia de trabalho utilizada para a organização de Transportes familiares, bem como da alteração da estrutura da organização a nível processual que servirá de base de sustentação ao algoritmo de roteamento a implementar.
- Capítulo 5 - Conclusões e Trabalho Futuro: No último capítulo expõem-se os principais problemas identificados no setor dos Transportes e a descrição de oportunidades, para o desenvolvimento de um trabalho futuro, na sequência da otimização de rotas de transporte com sucesso.

2. REVISÃO DA LITERATURA

No presente capítulo desta dissertação é efetuada uma análise da literatura existente relativa ao planeamento de rotas de transporte, formas de atuação da estrutura consultiva *Kaizen Institute Consulting Group* e principais condicionantes de empresas cuja área de atuação implique necessariamente o planeamento de rotas de transporte para garantir a atempada entrega dos produtos/serviços contratados pelos respetivos clientes.

Pretende-se, através da literatura, compreender os conceitos, métodos e práticas gerais que permitam, mais à frente nesta dissertação, determinar as possíveis estratégias e formas de solução dos problemas identificados na organização em estudo, incluindo a parte processual e etapas de planeamento (de rotas) tendo em conta os condicionalismos existentes. Por exemplo, importa referir que toda e qualquer mudança a ponderar deve ter em conta o estado de evolução e maturidade da organização, pelo que no caso específico da organização Transportes Familiares, toda e qualquer alteração carece de uma avaliação dos impactos internos e externos. Inicialmente será descrita a evolução dos conceitos inerentes à Logística e à Gestão de Cadeia de Abastecimento, que inclui na sua estrutura o setor dos transportes e distribuição, que apesar de bastante similares possuem características específicas que os tornam únicos e distintivos.

2.1 Introdução: logística, transporte e distribuição

De acordo com a definição de Gestão de Cadeia de Abastecimento definida pelo *Council of Logistics Management*, esta engloba todo o planeamento de atividades que visem a aquisição, subcontratação e transformação de todas atividades logísticas. Nesta estrutura em rede estão ainda contidos os parceiros/fornecedores, bem como a sua coordenação e colaboração que permitem a correta integração da gestão da oferta e procura entre as diversas organizações da sociedade. Considera-se ainda como Gestão Logística, o Planeamento, Implementação e Controlo do fluxo eficiente e eficaz das atividades integradoras desde o armazenamento de mercadorias, serviços e informações consideradas como relevantes que relacionam o ponto de origem e o ponto de consumo que suportam a resposta às necessidades e requisitos desejados pelos clientes. (Supply Chain Management Terms and Glossary, 2013)

Relativamente ao assunto Fluxo Externo Logístico de uma organização com intervenientes externos à mesma, torna-se evidente a necessidade de dar resposta a dois objetivos principais: nível de serviço prestado e custo de operação. No caso da atividade Transportes, o custo de

operação é normalmente altamente influenciado pela taxa de ocupação dos veículos, pelo que, nesse caso, um dos objetivos concretos é a respetiva maximização. Este objetivo só será possível se se prestar o serviço solicitado com o máximo número possível de entregas corretas de matéria prima/recurso desejado contida na janela horária disponível eliminando, assim, eventuais pedidos atrasados e/ou não realizados pela entidade transportadora. Por outro lado, relativamente à taxa de ocupação e tendo como objetivo a manutenção consistente da estrutura organizacional é implícita a melhoria da taxa de ocupação da frota a utilizar nas cargas e descargas a realizar. Esta melhoria tem ainda implicações no peso e número de volumes/paletes/litros transportados permitindo assim, maximizar a ocupação da viatura em altura e cubicagem, minimizando a existência de espaços vazios em caixas/paletes/ar.

Implicitamente ao assunto abordado é referida também a distinção entre Distribuição e Transporte. Desta forma, o primeiro conceito refere-se ao âmbito real de curtas distâncias percorridas, no qual o objetivo fundamental implica a maximização do número de entregas em veículos de dimensões inferiores, nos quais existem vários clientes nos quais se pretende realizar algum serviço durante a mesma e única viagem. No entanto, como Transporte associa-se a distâncias associadas a longos percursos com recurso a veículos de grandes dimensões. Pretende-se maximizar as Cargas e Tempos, executando por cada Viagem singular, a visita a um reduzido número de Clientes (Kaizen Institute, 2018).

Ambas as atividades, Distribuição e Transportes, são consideradas como funções logísticas onde se procura aumentar a produtividade e eventualmente reduzir os recursos usados, eliminando todas as atividades que não acrescentem valor para o cliente, maximizando a taxa de ocupação ou uso dos recursos e diminuindo os custos por quilómetro, permitindo também uma maior flexibilidade e resposta às necessidades do mercado.

A atribuição de uma frota no setor dos transportes, implica a alocação direta de diversos aparelhos com horários previamente programados e sistematizados de acordo com a sua disponibilidade, obtenção de receitas e respetivos custos associados (Sherali et al.,2006).

Com a constante mutação da sociedade, as organizações do século XXI demonstram cada vez mais interesse para o aumento da produtividade tendo em conta a flexibilidade da frota, de forma a que seja permitida uma redução dos custos operacionais (Costa, 2017).

Para Ballou (2006) existem oito princípios considerados fundamentais e que foram já enunciados anteriormente, porém, estes são considerados transversais a qualquer setor que implique o roteamento e programação de rotas de veículos. As recolhas devem ser tidas em consideração desde o início, não as deixando apenas para o final do percurso. A construção da rota deve ter em conta o ponto mais distante a visitar durante o percurso utilizando

preferencialmente os veículos de maiores capacidades e de maiores dimensões com o objetivo de obter rotas mais produtivas. A sequência de roteamento deve ter em atenção as paragens sem sobreposição das mesmas ao longo do planeamento. Combinar viagens cujos percursos incluam clientes agrupados geograficamente, carregando os veículos com volumes destinados a paragens próximas entre si, permitindo uma melhor agilização das janelas horárias a utilizar. Para que a obtenção dos indicadores de desempenho anteriormente referidos como fundamentais para a implementação de práticas de melhoria contínua no setor dos transportes, surge assim a integração de metodologias *Kaizen* no planeamento do trabalho a executar otimizando todas as áreas consideradas como fulcrais na execução das tarefas diárias.

2.2 Classificação dos Problemas de Roteamento

De acordo com as restrições, variáveis e especificidades do problema de rotas de transportes em causa, diversas classificações podem ser consideradas, no entanto o objetivo fulcral visa a tentativa de simplificação destes mesmos problemas, tendo como base modelos simplistas. Para Bodin et al. (1983) existe uma classificação a considerar: problema de rotas puras, problemas de programação e problemas de combinatória entre roteamento e programação.

Quando se refere os Problemas de Rota Pura, estes não têm em vista variáveis temporais, sequenciamento de atividades ou rotas de entrega e recolha. Segundo Enomoto (2005), o objetivo centra-se apenas em encontrar a sequência que implique a mínima distância possível. Na opinião de Cunha (1997) o principal problema desta classificação deve-se apenas à sua natureza espacial, que torna qualquer problema real uma situação muito distinta. Tipicamente o problema utilizado como explicação associada em Investigação Operacional é o Problema do Caixeiro Viajante (PCV) no qual a função objetivo se centra em definir a rota cujo mínimo Custo seja garantido, visitando todos os nós apenas uma única vez sem restrições de tempo e/ou capacidade. Ao longo dos anos, têm sido apresentadas variantes deste modelo teórico, de acordo com a análise efetuada por Nauro (2003). Este autor considera que, por ter apenas uma única rota o caso do caixeiro viajante, com localização dos diversos clientes em nós, sem limite de capacidade atribuída aos veículos de transporte, agregando-os em apenas um depósito, bem como o Problema do Carteiro Chinês que é descrito exatamente da mesma forma que o anterior, considerando apenas de forma diferencial a localização dos clientes em arcos em vez de nós. No caso do número de rotas ser múltipla, são considerados mais cinco modelos de resolução do problema: Múltiplos Caixeiros Viajantes, localizando os clientes em nós, sem limite de capacidade de veículos e com um único depósito; Roteamento em nós, mas com vários veículos e com um único depósito porém, considerando o limite de capacidade dos veículos. Roteamento

em nós, com vários depósitos e vários veículos; Problema do Carteiro Chinês capacitado, com localização de clientes em arcos, mas limite de capacidade nos veículos e por último o Roteamento em nós com um único depósito e vários veículos, no entanto distinto de todos os outros pela entrega a seguir um sentido estocástico em vez de determinístico.

Na segunda classificação, ou seja, Problemas de Programação existem restrições associadas, porém, a localização dos veículos de transporte ainda não são consideradas como definidas ou com tripulação associada (Cunha, 2000). Enquanto que para Bodin et al. (1983), os problemas de programação apenas centram a existência de apenas um depósito no qual, o objetivo visa a minimização do número de rotas e cada rota corresponde à programação de um veículo. No caso das restrições afetas ao Tamanho da Rota, são consideradas as restrições de tempo e distância máxima percorrida. Na existência de Múltiplas Tipologias de veículos são consideradas nomeadamente as distintas capacidades possíveis, de acordo com o veículo utilizado. Nos Múltiplos Depósitos são consideradas as possibilidades de realizar diversas cargas e descargas com implicância de distintos depósitos geograficamente distribuídos. Relativamente aos Problemas com a programação da Tripulação, o único fator distinto entre elas, visa apenas a movimentação do motorista associado ao movimento dos veículos, que têm implicitamente de ser consideradas as paragens obrigatórias, segundo as leis em vigor no país de afetação das rotas. Quando a classificação associada pretende a Combinatória entre Roteamento e Programação, segundo Bodin et al. (1983) apenas importa ter em conta a existência das restrições temporais e de alocação de clientes (anterior e posterior) à carga em curso, ou seja, dizem respeito às situações ocorridas no quotidiano do setor dos Transportes.

2.3 Métodos de Solução

2.3.1 Conceito de Vehicle Routing Problem (VRP)

O conceito de *Vehicle Routing Problem* (VRP), surgiu pela primeira vez através de Dantzig e Ramser (1959), pelo que no planeamento de rotas na área da Investigação Operacional (Penna et al.,2013) tem sido considerado como um dos principais casos de sucesso ao longo dos anos e baseia-se na formulação de rotas consideradas como ótimas para carga e descarga de mercadoria, com origem num ou mais pontos centrais (depósitos), em distintos clientes geograficamente distribuídos, com implicações de capacidade de veículos, distância entre rotas, janelas horárias definidas, entre outras restrições (Laporte, 1992,2007). Através dos estudos efetuados por Toth e Vigo (2002) baseado nas necessidades reais de organizações, existem dois parâmetros considerados como a base e sem a qual todo o processo de roteamento pode ser

afetado, sendo estes os clientes e os veículos. Sem estes, é impossível a satisfação das necessidades dos clientes, face à frota disponível, estrutura de rota a percorrer e horizonte de planeamento a ter em conta para cargas e descargas, com minimização de custos e distâncias associadas.

Os problemas VRP são habitualmente utilizados quando o objetivo fulcral visa a minimização do custo total da operação, tempo de transporte, distância percorrida, tempo de espera e redução de frota. No entanto, ao longo dos anos têm sido realizados acrescentos e adaptações a este modelo a partir do qual surgiram os Problemas de Roteamento de Veículos Periódico (PVRP). Nesta versão estendida do modelo segundo Francis et al. (2008), as rotas devem ser contruídas ao longo de vários dias, realizando de forma combinatória, as visitas a cada um dos diversos clientes com um horizonte de planeamento baseado no VRP. Neste modelo, o dia de uma frota é caracterizada por uma determinada capacidade. Inicia e termina as viagens confluindo no mesmo depósito. A função objetivo é caracterizada pela Minimização do Custo Total de Viagem, tendo em consideração as restrições da capacidade e especificidade de cada cliente, que permita encontrar a melhor rota de viagem possível.

2.3.2 Adaptações ao Modelo Inicial

A este modelo foram progressivamente realizadas diversas adaptações, nomeadamente pelos PRVPMD (ou MDVRRP), (Problemas de Roteamento de Veículos Periódico, com Múltiplos Depósitos), PRVPJT (ou VRPTW), (Problema de Roteamento de Veículos com Janelas Temporais) e PRVP-ES (ou MCVRP), (Problema de Roteamento de Veículos com Escolha de Serviço). Segundo Vidal et al. (2012), o primeiro caso distingue-se dos restantes pelas visitas periódicas aos clientes serem efetuadas por veículos associados a distintos depósitos. Quando se consideram as Janelas Temporais, cada cliente que integra a rota de transporte é planeado com base na frequência de visita pretendida face ao horizonte temporal. Este procedimento especifica assim o intervalo de tempo de fator de referência. As Janelas temporais podem ser consideradas de duas formas, soft ou hard, de acordo com a permissão ou não de entrega da carga após ultrapassada a janela temporal, Rizzoli et al. (2007). No último caso, a frequência de visita é considerada como variável de decisão para o problema em discussão, uma vez que se pretende a minimização do custo total da viagem menos os benefícios associados ao serviço realizado. O fator primordial pretende a satisfação das restrições operacionais e da capacidade do veículo em curso.

Analisando os Problemas de Roteamento de Veículos com Capacidade (CVRP), Gambardella (2007) considera que estes apenas se distinguem do problema do Caixeiro Viajante, na determinação da ordem pela qual o conjunto de clientes distribuídos de forma geográfica se localizam. Este procedimento pretende percorrer essa mesma área geográfica uma única vez e regressar à origem de partida percorrendo o mínimo de distância possível em quilómetros. Neste tipo de Problemas a procura de cada cliente é conhecida e a entrega tem de ser na sua totalidade, bem como, o produto transportado tem de ser homogéneo não podendo ultrapassar o limite máximo permitido pelo veículo a utilizar (Capacidade). Como função objetivo esta caracteriza-se apenas pela minimização do custo do transporte.

Segundo a investigação elaborada em “*A Tabu Search Algorithm for Optimization of Gas Distribution Networks*”, a ideia inicial tinha como base subjacente a minimização dos custos, com recurso a um Algoritmo Tabu para implementação de uma otimização eficaz com diversas restrições associadas. Por se tratar de um problema não linear, foi considerada como melhor metodologia a implementar, as Metaheurísticas quando comparadas à Otimização Clássica. As equações não lineares observadas, permitiam uma maior visibilidade de acordo com o fluxo da rede destas equações, justificando-se assim, a utilização das Metaheurísticas ao invés da investigação analítica normal.

Pelo algoritmo Tabu, considera-se como objetivo central, a resolução de problemas complexos de otimização onde se realiza um paralelismo com analogia à memória humana (Glover & Laguna). Por se tratar de uma estratégia iterativa, existe uma constante procura pela melhor solução, evitando assim, outras quaisquer soluções previamente utilizadas. A “memória” é utilizada como recurso de forma a impedir a utilização de rotas/caminhos que anteriormente não foram utilizados como “o ideal”. Na aplicação prática exemplificada no artigo, relativo ao dimensionamento da tubagem (ou seja, diferentes redes), como fator fundamental a considerar, visava-se a Minimização do Custo partindo-se assim, dos seguintes pressupostos:

1. Solução ideal: é satisfatória de todos os requisitos e considerada como sendo a mais segura apesar de ser bastante dispendiosa.
2. A vizinhança listada é explorada, considerando-se o tubo com menor diâmetro.
3. Diversificação, não utilizando o tubo com maior diâmetro, nem o com menor raio, pois este poderá não cumprir com as restrições de pressão para a passagem da matéria prima.
4. Movimentação/Aspiração (ramo Tabu), ou seja, considera-se a situação na qual foi alterado o critério do diâmetro, permitindo assim apresentar a característica de ser aleatório.

5. Término/Finalização, considerando dois critérios de restrição, dos quais se salienta o tempo máximo de execução e o número máximo de iterações sem recurso a melhorias na solução ótima.

Para o estudo de caso apresentado anteriormente, os autores decidiram a paragem da pesquisa pois o recurso ao critério de “número máximo de iterações sem melhorias na solução ótima,” conduzia a um estudo inconclusivo, salientando-se a dimensão do algoritmo de teste com cinquenta e oito instâncias e um número de nós/ramos compreendidos entre cinquenta e um, e mil quatrocentos e trinta e dois.

Alguns autores apresentam como restrições implícitas ao problema em estudo, uma frota de veículos com diversos compartimentos por produto, implicando restrições de capacidade e temporalidade (BENANTAR A., 2012). O objetivo do estudo referido visava a minimização do número de veículos e a distância total percorrida, recorrendo-se a um Modelo Matemático para rotas com vários produtos “multicompartimento” com diversas janelas temporais para distribuição. O modelo matemático referido, tratava-se de uma variação do VRPTW, neste caso MC-VRPTW, modelo este testado na Solomon VRPTW com recurso a dados reais da organização.

A Distribuição VRP de Combustível é considerada como sendo um problema de otimização combinatória, na qual existe a entrega de uma diversa gama de produtos, em locais geográficos distintos e com implicância de janelas temporais de planeamento desfasadas. Desta forma, o foco do problema deve-se à necessidade de determinar qual a atribuição dos produtos aos diversos veículos matriculados, de acordo com as rotas e horários disponíveis para descarga da mercadoria em causa. Neste caso específico, a Frota utilizada está subjacente a uma contratação sendo, portanto, implicada financeiramente sob a forma de Ativo, causando uma implicância direta enquanto facto crítico na Eficiência Operacional e respetivo Nível de Serviço.

No caso de estudo visado de Problemas de Eficiência, a Organização localizada na Argélia continha sessenta depósitos distribuídos em dez distritos, fornecendo cerca de dois mil clientes e recurso a mais de novecentos veículos cujo volume de entrega excedia os dez milhões de metros cúbicos por ano. Esta organização no seu serviço diário, subcontratava a frota e efetuava a gestão ativa da frota em causa.

Como subprincípios para o desenho da melhor estratégia e respetivo algoritmo a implementar, diversos autores foram considerados como possibilidades de inspiração para a minimização de distância total percorrida e número físico de veículos subcontratados. Brown e Graves (1981), desenvolveram no seu estudo Entregas Diretas, a um único cliente e com curtas janelas

temporais realizando assim, uma única viagem. Partindo desta ideia Brown (1987) desenvolveu um sistema para uma organização dos Estados Unidos da América, baseada no pressuposto anterior, no entanto, capacitando-a no recurso a mais do que um cliente por viagem. Posteriormente, Van der Bruggen (1995), realizou numa empresa Holandesa um modelo que permitia a atribuição de tamanho/cliente por cada rota desenvolvida, permitindo que Taqa allah (2000), recorresse a heurísticas para abastecimento de casos com um único depósito, ou seja, um único camião homogéneo sem janelas temporais. Ben abdelaziz (2002), aperfeiçoou o modelo desenvolvido pelo anterior estudioso, ao qual implementou uma heurística para uma frota constituída por diversos compartimentos, ou seja, de cariz heterogéneo, para uma janela temporal. Assim, Malepart (2003), generalizou o estudo para mais do que uma entrega por cada viagem efetuada, com implementação direta na empresa Quebec. Rizzoli (2003) aperfeiçoou este novo pensamento sob a forma de software, tendo por base a heurística desenvolvida. Posteriormente, Avella (2004) no âmbito de um algoritmo de rotas, realizou um acréscimo implementando um algoritmo de ramos com junção do preço/custo implícito. Nesta sequência evolutiva, em Hong Kong, Ng (2008) através do estudo de caso das redes de distribuição da cidade, propôs a atribuição de rotas confluindo em três fatores: atribuição das viagens, com camião, e com clientes associados diretamente. Por último, Cornillier (2008), desenvolveu um complexo algoritmo para realizar uma viagem, com recurso a camiões heterogéneos e sem janelas temporais. Numa segunda fase, desenvolveu heurísticas com diversas viagens atribuídas a camiões heterogéneos e sem janelas temporais e posteriormente, em 2009, implementou duas heurísticas para camiões heterogéneos, para atribuição de rotas a diferentes clientes e janelas temporais específicas. Para o desenvolvimento do modelo matemático, o contexto visava com apenas uma localização de depósito, na qual a rota se inicia e termina nesse mesmo local, com um veículo constituído por diversos compartimentos (heterogéneo), com capacidade para uma vasta gama de produtos distintos. Como regra de construção do modelo estava implícito que na eventualidade de um veículo chegasse primeiro do que o anterior, este teria de aguardar. Se chegasse mais cedo do que a previsão efetuada, existiria uma penalização. Como foco principal, era esperada a minimização do número de veículos em deslocamento e conseqüente minimização da distância total percorrida por estes veículos. Após um longo período de testes baseados na metodologia MC-VRPTW, utilizou-se o Algoritmo de Tabu, cujos pressupostos assentavam numa heurística de resolução de problemas complexos de otimização combinatória, baseada nos estudos efetuados primeiramente por Glover (1989) na qual, através da memória se acede a uma sequência de movimentos, na qual posteriormente se realizam melhorias de forma flexível e baseadas no

histórico de ações realizadas anteriormente. Como ponto de partida no Algoritmo de Tabu, este inicia-se com uma solução que vai sendo sucessivamente melhorada com base na heurística do “vizinho mais próximo”. Estas rotas têm início num cliente que ainda não tenha rota atribuída, mas que geograficamente seja considerado como próximo do depósito de local inicial e final da rota. Desta forma, recorre-se ao critério da Proximidade Temporal e Geográfica, que se considera para cada iteração do algoritmo, o cliente mais próximo ao último utilizado como referência. Através da Lista de Tabu, é possível aferir a qualidade do algoritmo, uma vez que, contém a lista das soluções/movimentos utilizados para a construção de uma dada solução e serve de ponto de comparação à solução atualmente definida como ótima. Este algoritmo foi assim implementado de forma estruturada em software C++, considerando trinta instâncias da VRPTW Solomon, baseado em seis grupos de teste, com cinco instâncias cada e cem clientes respetivamente.

Na abordagem utilizada em “*A Metaheuristic Approach for the Problem of Motor Fuel Distribution*”, para a implementação de rotas de transporte com diversas restrições de capacidade, o foco dos autores foi baseado no exemplo das Formigas como forma de otimização CVRP. Para as rotas de transporte, foram considerados três grandes grupos de intervenção:

1. Métodos Exatos, cuja exigência implica elevado tempo de implementação.
2. Métodos Heurísticos, sendo estes considerados como solução ideal, mas bastante limitados devido ao espaço e cujo inconveniente central visa a paragem automática após a obtenção da solução ideal.
3. Métodos Métaheurísticos, cuja base de incidência se baseia na obtenção da melhor solução, contida numa gama operatória de áreas de solução consideradas como sendo as mais viáveis para a resolução do problema.

Para testar a melhor metodologia, os autores utilizaram como Problema inicial, N depósitos de veículos, constituídos por diversos compartimentos (heterógenos) capacitados para transportarem distintas matérias primas, com tipologias de combustíveis M e com locais de entrega em R postos/clientes.

Segundo o método da Colónia das Formigas para VRP (solução baseada em metaheurísticas), a procura baseia-se na obtenção da melhor solução para a problemática do caixeiro viajante (TSP, ou seja, parte da CVRP). Nesta colónia de Formigas, a lógica subjacente está implícita na atividade biológica deste ser vivo que durante o seu dia a dia, marca o caminho percorrido com um aroma característico (feromonas). As formigas vão sendo sucessivamente atraídas pelo aroma e o grau de intensidade vai aumentando proporcionalmente com o número de passagens

realizadas por este local. Esta significância foi aplicada diretamente ao modelo na solução CVRP, no qual cada formiga representa um veículo que inicia a sua rota e vai escolhendo o “cliente” a visitar através de critérios probabilísticos. Quando o veículo se encontra num estado sem carga, ou seja, vazio de matéria prima a transportar, ou após ter visitado todas as localizações/clientes, é gerada uma nova rota através do algoritmo. Estas equações traduzidas sob a forma de rotas de transporte, ao longo do tempo vão sendo sucessivamente atualizadas até que seja encontrada a “melhor das melhores” soluções, caracterizada como sendo a que implica menores custos associados. Estes processos iterativos vão sendo sucessivamente repetidos até que seja encontrada a solução ideal, quando comparada às melhores e piores rotas em níveis de custo e quilómetros percorridos. Na sua conceção, o Algoritmo das Formigas é considerado de fácil utilização e possibilita a combinação com outros algoritmos de otimização, pelo que, os autores do estudo em causa realizaram posteriormente numa segunda fase o desenvolvimento do algoritmo com a aplicabilidade a dois clientes numa única rota. Os testes de validação do estudo foram realizados sob a forma de C++, cujas coordenadas (Decart) eram os clientes, o depósito e a distância entre eles com recurso à métrica Euclideana. Assim, surgiram três tipologias de problemas associados:

1. A: Clientes e Quantidades aleatórias (considere-se como exemplo: 38 clientes e 5 veículos).
2. B: Clientes divididos de acordo com a sua localização.
3. P: modificação de outros exemplos existentes na literatura relativa ao assunto em causa.

Cada um dos problemas acima enunciados foi alvo de testes, considerando-se dez mil iterações de cada algoritmo. No caso do Algoritmo das Formigas resultado obtido foi de catorze casos de sucesso, e nos Algoritmos Modificados, o resultado foi de quatro casos de sucesso, dos quais três resultavam em exatamente a mesma solução. Como conclusão do estudo, os autores verificaram que o Algoritmo das Formigas apresenta uma qualidade bastante elevada nas soluções obtidas sendo, portanto, bastante eficaz. No entanto, existem situações em que os resultados obtidos também são considerados bastante satisfatórios na obtenção da solução ótima, quando se considera como as duas fases da combinatória do Algoritmo das Formigas com outros algoritmos.

Comparativamente ao estudo anteriormente referido, alguns autores consideram que o objetivo central dos autores visava a descoberta da rota minimizadora do número de quilómetros percorridos e quantidade de veículos utilizados para a realização da atividade (RIZZOLI,2007). No artigo são referidas diversas dificuldades, pois a construção de um algoritmo matemático

que possua na sua constituição as restrições de existência de elevado número de clientes e encomendas, aliado ao acréscimo sucessivo do número de depósitos, veículos, janelas temporais e restrições físicas de acesso aos locais de carga e descarga dos diversos clientes, implica um cuidado redobrado quando ainda estão subjacentes pedidos de encomenda online e quando o trajeto iniciado pelo veículo já se encontra em curso aquando desta receção de carga. Como exemplo prático de auxílio no planeamento de rotas de transporte com restrições de carga-capacidade é referida nesse artigo, a existência do software DyvOil, que auxilia a tarefa de Planeamento baseada em previsões de reordenação, planeamento online e planeamento offline de acordo com as Metaheurísticas Ant Colony System. O caso de estudo utilizado como referência de implementação prática visou uma organização Suíça, a Canton Ticino cuja frota de transporte englobava doze veículos, referindo-se ainda o sistema de planeamento logístico ALS, no qual se otimiza toda a cadeia logística centralizando-se num único processo com início e fim definidos. No caso apresentado da DyvOil, para o planeamento das vendas e distribuição de combustível recorre-se ao algoritmo ACO, sendo este baseado no paralelismo da Colónia das Formigas, no qual é escolhido o caminho mais curto entre o ninho e a fonte de alimento. Como forma de garantia da eficácia de qualquer modelo de planeamento é referida a necessidade de existência de uma interligação entre a Previsão de Encomendas por parte das Vendas e um Planeamento de distribuição otimizado. A esta combinação “Previsão + Otimização”, Gambardella (2001), considera condição essencial para a minimização de custos e distâncias. Com recurso a um algoritmo de planeamento, a globalidade da rota é monitorizada permitindo assim, a atualização constante e em tempo real caso exista a necessidade de cumprimento de uma ordem de serviço urgente (*online*).

Com base numa Previsão de pedidos efetuados, a distribuição de uma rota de serviço pode assim, ser melhorada uma vez que, evita a existência de pedidos urgentes permitindo obter vantagem competitiva face à concorrência. Para garantir uma previsão eficiente da extração de dados é fundamental, que esta seja realizada com base no histórico nomeadamente, com recurso às quantidades e comportamentos de compra. Estes comportamentos de compra podem ser distinguidos em duas tipologias:

- O cliente realiza a compra quando tem pouca quantidade de material independentemente da época em questão.
- O cliente reabastece em períodos regulares e com frequência regular. Estes períodos específicos podem corresponder a abastecimentos para a época de verão, de término de inverno, ou ainda aguardam que o inverno se inicie para reforçar o abastecimento. Estas

previsões são possíveis de obter com base no histórico de comportamento da temperatura por zona geográfica de localização do cliente.

Considerando-se novamente o exemplo referido anteriormente a otimização DyvOil permite a operação de transporte em dois módulos distintos: De forma *offline*, considerando rotas automáticas do dia a seguir, ou de forma *online*, quando no decorrer das rotas em curso, surgem ordens urgentes. Estas situações ocorrem frequentemente na época de Inverno uma vez que as baixas temperaturas provocam ruturas de reservas de combustível nos clientes.

O módulo *offline* caracteriza-se como sendo o mais básico recorrendo ao CVRP: existem n clientes com necessidade de combustível e que são fornecidos por um único depósito e o veículo para abastecer os clientes necessita sempre de retornar ao depósito inicial, com a quantidade q e a capacidade Q . Cada cliente é visitado uma vez e é entregue a quantidade máxima Q . Este modelo de extensão do Caixeiro Viajante (NP-hard), pode ser dificultado se se verificarem restrições de acesso e distintas janelas horárias para cargas e descargas. O caso em estudo da DyvOil, recorre ao VRPTW, no entanto utiliza as “formigas” como forma de geração das soluções. Esta metodologia das “formigas” provém de ACS (Ant Colony System), em que, os seres vivos seguem o feromónio e é representativo da probabilidade de estas seguirem o mesmo caminho de acordo com o aumento proporcional do número de formigas que realize sempre este mesmo caminho. A situação DyvOil seleciona o melhor caminho de acordo com a distribuição probabilística de visita a um cliente j , após ter visitado o cliente i . Este raciocínio depende da “atratividade”, uma vez que é baseado numa heurística que analisa a experiência anterior para permitir a utilização dessa mesma rota, ou seja, baseia-se no histórico passado. Estas rotas são constantemente atualizadas a cada iteração, prevalecendo apenas as com melhores resultados obtidos. Assim, a estrutura de suporte a este pensamento iterativo assenta nos seguintes passos:

1. Início baseado na distância percorrida.
2. Listagem dos veículos que saem do depósito em causa.
3. Listagem dos pedidos solicitados pelos clientes.
4. Aferição da melhor solução através das rotas geradas na solução obtida anteriormente.
Desta forma, o custo vai sendo atualizado e permite uma maior diversificação de rotas.
5. Alocação dos restantes clientes que não foram incluídos inicialmente na rota principal.
6. Teste e avaliação da solução obtida atualmente.
7. Atualização da rota final e respetiva paragem quando o máximo de iterações possíveis seja atingido.

Através deste raciocínio lógico, um veículo corresponde respetivamente a uma formiga, que verifica sucessivamente cada restrição até que seja possível chegar a um cliente. Os custos são avaliados de acordo com critérios previamente definidos, dos quais importa salientar a distância, tempo e atratividade de acordo com o histórico de rota. Por último, relativamente ao modelo de otimização segundo o módulo *offline*, considera-se que o algoritmo considera para o estudo de caso das rotas, as condições de trabalho subjacentes, nomeadamente o tráfego e congestionamento do mesmo, bem como, a meteorologia.

No módulo *online*, o algoritmo atenta ao DVRP, no qual após o início da rota de serviço vão surgindo novos pedidos de serviço, que devem ser incluídos nas rotas em curso. Como exemplo representativo desta situação considera-se o aumento do consumo no Inverno. Para este algoritmo ACS- DVRP, a base assenta em sequências constantes de VRP (Montemanni 2003), e podem ser subdivididos em três tipologias distintas. Para a Gestão de Pedidos, as novas ordens são atribuídas às que se encontram já com rota em curso, face à posição dos veículos e capacidade disponível ao momento – recorrendo desta forma, a *Ant Colony System* como algoritmo. Consoante a chegada de novos pedidos, as soluções são atualizadas uma vez que se considera que cada problema é constante e será sempre considerado como semelhante ao anterior (Guntsch e Middendorf 2001). Em suma, através do exemplo da DyvOil, permite-se concluir que este sistema logístico avançado constituído pela combinação de algoritmos Ant Colony system permite prever pedidos de cliente e atualização de rotas dinâmicas de acordo com pedidos urgentes, fazendo assim, frente aos imprevistos diários.

Pelo estudo realizado por Lourenço et al. (2010), os algoritmos de otimização não podem ser considerados como peças infalíveis, pois a otimização é considerada uma tarefa bastante complexa. Segundo as produções literárias existentes a Pesquisa Local Integrada conflui na integração de diversas características consideradas como fundamentais na construção de uma metaheurística, pois traduz algo de cariz simples e de fácil implementação prática apesar da sua estrutura complexa e especializada que lhe permite obter resultados robustos e com elevado grau de eficácia. Esta forma de Pesquisa Integrada caracteriza-se assim pela focalização numa dimensão de soluções mais restritas e não num amplo espaço e complexo, mas sim algo simples que permita localizar as soluções para um determinado mecanismo de otimização mais claro e de fácil utilização.

Ao longo dos tempos o conhecimento e a aplicação prática das metaheurísticas têm permitido o seu constante desenvolvimento e a busca insatisfeita pelo melhor desempenho possível. Como ponto fundamental das Metaheurísticas de Pesquisa Local Integradas, considera-se a construção de forma iterativa de uma sequência lógica de soluções baseadas numa heurística, permitindo

que se obtenha uma sequência de soluções, potencialmente melhores do que se fossem usados apenas ensaios da heurística inicial. Como considerações fulcrais que permitem considerar um algoritmo como uma Pesquisa de Local Integrada:

1. Apenas uma única sequência deve ser seguida, ou seja, exclui todos os algoritmos baseados
2. A procura por melhores soluções apenas acontece num espaço reduzido definido com base numa heurística obtida. Pelo historial de análise prévio, os autores do estudo verificaram que, a heurística tem sido baseada na que foi utilizada como recurso de forma mais frequente, no entanto, esta pode ser qualquer uma obtida através da otimização independentemente de ser ou não determinista.

Ao longo da descrição do artigo utilizado como referência na presente dissertação, os autores assumem que lhes foi atribuído um algoritmo específico que consideraram como Pesquisa Local, implementado através de uma programação informática (*LocalSearch*), pelo que sucessivamente tentam melhorar o algoritmo através de iterações, apesar de no contexto prático apenas as melhorias obtidas poderem não ser muito significativas. Como função objetivo para o problema descrito é pretendida a minimização do custo do problema de otimização combinatória, assumindo que o procedimento de Pesquisa Local é um processo determinístico. Como conclusões fundamentais a retirar do estudo analisado, e que serviram de base de inspiração à metodologia implementada na Transportes Familiares, importa ressaltar a importância de a Pesquisa ser focada não na totalidade de soluções obtidas, mas sim num intervalo de soluções delimitado e de menor dimensão, obtidas através da otimização da heurística inicial. O sucesso do modelo demonstra que tendencialmente a amostra se localiza num conjunto de locais ótimos, no entanto, a abordagem depende fundamentalmente da escolha da Pesquisa Local, das restrições e do critério de aceitação considerado como válido. Esta metodologia tem apresentado resultados bastante significativos em problemas complexos da indústria e serviços do mundo real, seja em áreas de gestão da produção e logística ou financeiros. No entanto, é de ressaltar que na opinião destes autores, existem vertentes bastante complexas e desafiantes na qual, esta metodologia de solução ainda não foi testada, tais como, problemas nos quais as restrições sejam demasiado extensas e complexas, o que na prática permite que diversas heurísticas falhem, ou em situações de problemas multi-objetivo demasiado próximos de problemas reais, ou ainda problemas dinâmicos e com ocorrências em tempo real, condicionando as variáveis de acordo com a variação dos dados do problema durante o processo da solução.

2.4 Metodologia Kaizen

A origem da palavra *Kaizen* surge da junção de duas palavras de origem japonesas, *Kai* que significa “Mudar” e *Zen* que significa “Melhor”. Esta organização defende o lema “Mudar para melhor, com todas as pessoas, todos os dias, em todas as áreas” (Kaizen Institute, 2018).

“Don’t make it, Don’t sell it, Don’t get it” (Masaaki Imai, 1997) apresenta-se como regra fundamental para os defeitos e sete oportunidades de melhoria a reduzir custos no Gemba, pelo que se pretende diariamente:

1. Aumentar a Qualidade
2. Aumentar a Produtividade
3. Reduzir o Inventário/Stock
4. Reduzir a Linha de Produção
5. Reduzir Setups
6. Reduzir Espaço
7. Reduzir Lead Time

Através da garantia da eliminação destas oportunidades, é assim possível realizar um aumento da qualidade, do nível de serviço entregue aos clientes, confluindo num aumento da produtividade e eficiência com a associação de uma redução significativa dos custos dispendidos.

Em 1955, quando Masaaki Imai começou a trabalhar no Centro Japonês para a Produtividade, cujo objetivo visava a reconstrução da economia japonesa, após o impacto avassalador da Segunda Guerra Mundial. O fundador do *Kaizen* teve oportunidade de acompanhar diretamente Shoichiro Toyoda e Taiichi Ohno, sendo o primeiro, administrador da *Toyota*. Ohno exercia funções de gestor da fábrica, de entre as várias fábricas no Japão. Para superar a falência em que a *Toyota* se encontrava na época, foi necessário recorrer a empréstimos bancários, na tentativa de encontrar uma solução que ajudasse a aumentar as vendas e reduzir o stock de veículos produzidos que se encontrava acumulado e armazenado. Toyoda e Ohno visitaram diversas empresas lean benchmark americanas em 1956, com o objetivo de revolucionar a Indústria Japonesa e por consequência salvar o que restava da *Toyota*. Masaaki Imai neste processo de busca por novo conhecimento estava responsável pelo planeamento e organização das viagens e visitas às empresas americanas.

Após diversas visitas, os dois empresários implementaram várias mudanças substanciais na *Toyota*, com base nas boas práticas recolhidas, tais como: a introdução do conceito de supermercados, a mudança de *Make to Stock* para *Make to Order*, *Just-in-Time*, etc. Assim

nasceu o TPS - Sistema Produtivo Toyota. Perante todo este conhecimento e mudanças culturais implementadas, e uma vez que Masaaki Imai não possuía formação acadêmica na área das Engenharias, publicou o seu primeiro livro, “Kaizen: A chave para o sucesso competitivo do Japão” baseado nos relatos e observações verificadas na Indústria Japonesa. Apenas 5 anos depois, Imai criou o Instituto Kaizen na Suíça, que na atualidade tem como principal missão ajudar os líderes a alcançar seus sonhos de Melhoria de Desempenho e implementar Culturas de Melhoria Contínua.

Como principais objetivos estratégicos do Kaizen, importa salientar:

1. CRESCIMENTO, baseado em Ideias Disruptivas, sustentado num sistema que permita produzir ideias sobre novos produtos, serviços, modelos de negócios, etc. que realmente agreguem valor ao cliente. Ex: *Uber, Iphone 7...*etc; Desenvolvimento de Produtos e Serviços, corresponde ao modelo de IDM implementado no âmbito *Kaizen*; Marketing e Vendas, após o desenvolvimento do produto, é necessário pensar na melhor estratégia de comercializar, no entanto caso este já se encontre no mercado, deve ser reforçado o foco nas vendas; Eficiência do investimento em inovação, no qual todos os processos mencionados anteriormente devem ter um retorno.

Modelo QCDDM:

1. Qualidade - Melhoria da qualidade / correspondência com as expectativas dos clientes do produto ou serviço oferecido
2. Custos - Eficiência de recursos. Está intrinsecamente ligado ao aumento da produtividade.
3. Entrega / Serviço - Eficiência de Fluxo. Eliminação de desperdícios na cadeia de valor, encurtando prazos.
4. Eficiência do investimento de capital - todos os processos mencionados acima devem ter um retorno.
5. Motivação - Relacionado à implementação de uma cultura de melhoria contínua, através de pessoas motivadas e dedicadas que alcançam resultados.

Segundo a Metodologia *Kaizen*, ao melhorar estes pontos anteriormente referidos, existe a possibilidade de crescer a cada ano com dois dígitos, melhorando a qualidade e a produtividade de toda uma organização. Segundo descrito em *Benchmarking* para Empresas (Francisco Alba et. al, 2000), baseado num caso de estudo real a oito empresas do setor produtor de louça (e comparativo às viagens e visitas realizadas pelos empresários japoneses referidos anteriormente), compreende-se como sendo a busca pelas melhores práticas na indústria e que conduzem a melhorias no desempenho. Este processo é assim visto como positivo e pró-ativo pelo meio, uma vez que a organização examina de forma detalhada como realizar a

mesma/função semelhante através do desempenho de uma outra organização. O processo de comparação do desempenho entre dois ou mais sistemas adquire a denominação de Benchmarking, visando assim a procura de melhores processos, ideias inovadoras e procedimentos de operação de maior eficácia e que conduzam a um desempenho superior. Os autores referem ainda como etapas fundamentais para um estudo de *Benchmarking*:

1. Decidir e Participar, como forma de reconhecer a importância, informar e formar;
2. Olhar para o Interior, selecionando os fatores críticos de sucesso das áreas selecionadas.
3. Identificar Parceiros, realizando um estudo de mercado no qual sejam identificadas entidades externas para orientar sobre esta ferramenta.
4. Desenvolver indicadores, comparativos com o desempenho de outras empresas.
5. Recolher dados, com base em critérios previamente definidos.
6. Analisar e identificar as boas práticas das diversas empresas.
7. Resultados, que permitam identificar as oportunidades de melhoria.
8. Avaliar Melhorias.
9. Repetição do exercício de identificação de melhorias.

No âmbito da implementação das metodologias de melhoria contínua definidas pelo *Kaizen*, como pontos fundamentais na execução de uma mudança, é primordial que cada colaborador alocado às diversas funções execute apenas as tarefas que permitam acrescentar valor ao seu produto final, sendo, portanto, liberto de funções complementares que no quotidiano reduzem o desempenho na execução da sua tarefa. Das empresas intervencionadas pelo Kaizen Institute, as informações recolhidas no âmbito da implementação dos níveis iniciais Kaizen Diário nível 1 e nível 2, referem que apenas 5% do espaço de trabalho é ocupado com material, que já não é considerado necessário e reportam ainda, que 93% das empresas, após implementação das práticas desenvolvidas pelo *Kaizen Institute*, através da alteração dos postos de trabalho dos seus colaboradores, com organização estruturada do local de trabalho, confirmam que esta ação contribuiu, para a aplicação de práticas seguras e de potenciação de um trabalho mais produtivo e mais eficiente. Referem que cerca de 23% do tempo de trabalho dos colaboradores destas empresas, era despendido em busca de informação certa para a execução de uma determinada tarefa. Desta forma, cerca de 82% das empresas afirmam que depois de organizarem os locais de trabalho, os colaboradores manifestaram um maior empenho no seu trabalho.

2.1 Enquadramento legal: transporte de mercadorias

Relativamente a questões de Definições Legais, o Setor dos Transportes está regido de acordo com conceitos fundamentais, tais como: um condutor corresponde a uma entidade que executa funções de condução do veículo, mesmo que, por curtos períodos no contexto da atividade profissional que exerce. Está abrangido por um período legal de pausa de 45 minutos (podendo ser de 15 minutos ou 30 minutos), durante o qual o condutor vigente não pode efetuar nenhum trabalho de adjudicação de condução, sendo exclusivamente utilizado para recuperação física e mental do indivíduo em atividade. Como imposição legal de rastreamento do motorista e respetivo trator em curso, todos os veículos contidos na frota devem estar habilitados com um sistema de registo de tempos em tempo real, da condução do motorista. Como possibilidades para este registo, é possível recorrer a um meio físico, habitualmente denominado como disco tacógrafo, ou então em formato eletrónico pelo cartão digital.

2.2 Metodologia Lean e Sistema de Produção Toyota

Como paralelismo à metodologia anteriormente referida, a Metodologia *Kaizen*, surge o conceito de melhoria dos processos existentes numa organização com consequente eliminação do desperdício, através da implementação de conceitos *Lean*, que segundo os autores se referem a Magro ou seja, o emagrecimento de uma instituição, processos... etc (Weigel, 2000), (Comunidade Lean Thinking, 2008). Este conceito proveniente do Japão, pretende a promoção de um fluxo contínuo e contrapõe-se ao sistema de produção em massa implementado nos Estados Unidos por Henry Ford (Melton, 2005).

Na generalidade o recurso à terminologia de Metodologia *Lean* ou Metodologia *Kaizen*, têm por base de sustentação os mesmos princípios, através dos quais, se pretende a diminuição dos tempos de espera por parte dos clientes, eliminação de stocks parados, organização e simplificação dos processos físicos e informacionais, eliminação do desperdício, diminuição do erro sistemático e sobreprocessamento/sobreprodução. Se por um lado, a metodologia *Lean* reduz e elimina os desperdícios associadas a todas as ordens de trabalho que não acrescem valor ao produto final, a metodologia *Kaizen* aplica sobre a mesma questão, a visão global de uma Melhoria Contínua desde a raiz até ao topo da cultura organizacional.

A Toyota Motor Corporation teve a sua origem em 1937 por Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi Toyoda. A intervenção de Kiichiro Toyoda, baseada na experiência e anos de estudo adquiridos ao longo da sua vida, revolucionou o ramo automóvel ao aplicar o conceito *Just-in-Time*, cujo objetivo visa a entrega de peças numa linha de montagem na hora e quantidades necessárias, pois

perante a Segunda Guerra Mundial, o Japão necessitava de reagir de forma rápida e eficaz às incertezas do momento. Desta forma, com escassez de capital de investimento e reduzido mercado na venda automóvel, era fundamental o aumento da eficiência através da redução dos custos (Ohno, 1998).

Assim, o sistema de Produção utilizado pela empresa, conhecido mundialmente como Sistema de Produção da Toyota tem como objetivo principal a criação de fluxos através de quatro pilares fundamentais que permitem alinhar o layout, as operações e oportunidades de melhoria de todas as atividades e ligações entre as mesmas para cada produto ou serviço (Spear & Bowen, 1999). Para que seja garantida a execução destes quatro pilares fundamentais, é exigido que todo o trabalho seja especificado quanto às tarefas envolvidas, sequencia, tempos e resultados de cada uma das que as constitui. Promoção de uma relação direta e próxima entre o fornecedor e cliente baseado num procedimento binário que envie solicitações e permita respostas diretas e atempadas. Todo o caminho que envolve o produto ou serviço em causa, deve ser curto, simples e direto. Por último, toda e qualquer melhoria implementada deve ter por base um método científico, baseado na experiência e conhecimentos adquiridos por uma entidade competente de forma a potenciar a obtenção dos melhores resultados possíveis para a organização.

Segundo as metodologias de implementação utilizadas no *Kaizen Institute*, estas regras e princípios carecem de que todo o fluxo de produção seja monitorizado internamente e sistematicamente automatizado de forma a que seja possível o solucionamento de forma rápida, perante os imprevistos do quotidiano. A resposta contínua aos problemas, faz com que este sistema seja considerado aparentemente como bastante rígido, mas que na realidade é bastante flexível e adaptável, permitindo responder rapidamente às circunstâncias críticas e necessidades emergentes de mudança. Estas características permitem a este Sistema e à própria entidade Consultora, uma resposta contínua a problemas com base no desenvolvimento e aprendizagem organizacional para um pensamento de Melhoria Contínua.

Criação de valor para o cliente, fluxo e formas de implementação

As implementações de práticas de Melhoria Contínua têm como base a filosofia de que o mais importante é a Qualidade para o Cliente, ou seja, todos os produtos ou serviços fornecidos devem corresponder às expectativas dos clientes face à qualidade exigida. Para que tal seja possível, toda e qualquer intervenção que vise a Mudança, carece do envolvimento e comprometimento Total da Gestão de Topo, pois apenas assim será possível que todos os níveis hierárquicos e departamentos intrínsecos na organização potenciem a proatividade dos colaboradores, baseada em contribuições de sugestões e melhorias para a promoção e garantia

da qualidade que o cliente pretende (Russel & Taylor, 2008). A qualidade de qualquer alteração numa organização é considerada como gratuita, uma vez que esta é compensada pelo ganho de rentabilidade que é gerado (Crosby, 1980).

Como processos chave de aprendizagem na implementação de conceitos *Lean* (Harris, 2007), os autores referem como fundamental a compreensão do papel dos Recursos Humanos na divulgação dos conceitos *Lean* a toda a estrutura organizacional, na formação e organização dos trabalhadores. Preparar uma Força de Trabalho *Lean* de forma a reconhecer as Formações necessárias, duração, líder e assistência. Implementar *Lean* foi dando a conhecer os motivos que estruturam uma organização enquanto *Lean*, fornecendo alterações e desmitificando conceitos; Organização do Gemba, baseado num sistema de organização dos 5S com foco na importância da organização enquanto individualidade. Value Stream Maps, através da definição da situação atual, tornando-a visual e compreensível para todos os envolvidos, de forma a que seja possível o mapeamento da Situação Futura e explicando como é pretendido atingi-la-Fluxo Contínuo, optando e agilizando um sistema de trabalho em fluxo, com importância fulcral no *Standard Work* de cada trabalhador, Sistema de Entrega de Materiais *Lean*, com recurso a Kanban e criação de rotas de entrega de materiais baseado em ciclos, a Criação de uma Força de Trabalho Flexível e polivalente no interior de cada equipa de forma a que todos os elementos recebam formação que lhes permita a realização de todas as tarefas necessárias; Desenvolvimento e treino de Supervisores (os líderes de equipa), para adquirirem competências que lhes permitam o desempenho do papel de supervisores sob a forma de orientadores e responsáveis pela divulgação e implementação de uma cultura e mentalidade de melhoria contínua e por último, Foco na Melhoria Contínua em toda a Força de Trabalho, Contratações, Promoções e Formações Contínuas que permitam o desenvolvimento e crescimento da organização como um todo.

Todo e qualquer ganho de rentabilidade, através da filosofia *Kaizen* é focalizado na execução dos melhores processos para a obtenção dos melhores resultados esperados e pretendidos. Desta forma, para que tal seja possível, é necessário compreender e eliminar o que não acrescenta valor, permitindo elevar as perspetivas de oportunidade de Melhoria. Assim, existem 3 pilares que é necessário analisar perante um diagnóstico ou fase de Planeamento como base de sustentação para a implementação de Melhoria Contínua: MUDA (em japonês, Desperdício), MURI (em japonês, Variabilidade) e MURA (em japonês, Dificuldade). Por MUDA, consideram-se todas as atividades no seio de uma organização pelas quais o cliente não está disposto a pagar, ou seja, correspondem a tarefas que não acrescentam valor e remetem para atividades ligadas à produção do serviço/produto final (Ohno, 1988). Desta forma, segundo a

implementação *Kaizen*, o fundamental ao verificar a existência de MUDA numa organização, carece de identificá-lo e eliminá-lo de forma sucessiva e sistemática, aumentando assim o valor acrescentado da organização. Para a identificação deste desperdício, segundo o método *Kaizen*, existem 7 tipos básicos: Produção em Excesso; Inventário; Espera; Transporte; Movimentação; Sobreprocessamento; Defeitos (Imai & Heymans, 2005).

Estes desperdícios caracterizam-se como correspondendo respetivamente à produção de apenas as quantidades necessárias às encomendas, não havendo acima desse valor acréscimo de valor para a organização. Eliminação de stock, produto intermédio ou produto acabado, que não sendo transformado no curto prazo de tempo, representam desperdício. Tempos e espera nos quais os colaboradores são impedidos de avançar no seu trabalho devido a faltas de material, ferramentas, ordens de serviço, avarias ou outros condicionalismos que impeçam o desenvolvimento das habituais funções de trabalho produtivo e com valor acrescentado. Transporte pela movimentação de materiais (não pagos pelos clientes) entre as diversas etapas para a realização do trabalho final (considere-se o exemplo, das movimentações no interior de um centro de abastecimento/carga para o abastecimento do veículo). Movimentação de pessoas, nos quais os colaboradores necessitam de efetuar deslocações para obtenção de material, ferramentas, ordens de serviço, aprovações de documentação entre outros. Perante o sobreprocessamento, correspondem a operações e processos que são considerados como dispensáveis para a concretização de tarefas solicitadas pelo cliente, proporcionando desta forma excesso de trabalho. Por último, os defeitos correspondem a peças ou serviços executados de forma imperfeita que não serão considerados como aceites pelo cliente aquando da sua receção.

Para identificar os principais problemas de uma organização, é necessária uma análise atenta e constante da área de trabalho no qual os colaboradores executam as suas funções. A esta área, segundo o método *Kaizen* atribui-se o nome japonês de *Gemba*, sendo, portanto, o “lugar verdadeiro” qual se acrescenta realmente valor para o cliente. (Imai & Heymans, 2005). Este local caracteriza-se como sendo um escritório, linha de montagem ou loja/receção administrativa e por vezes necessita de sofrer alterações ou mudanças na sua estrutura física e comportamental permitindo maximizar o valor acrescentado. Para esta mudança do *Gemba*, o *Kaizen* desenvolve ações de implementação sustentadas em workshops potenciando o envolvimento de todos os colaboradores para planear e implementar soluções de baixo custo e em curto espaço de tempo de acordo com a prioridade de mudança verificada. Segundo Shook, 2008 o *Gemba* reflete de forma empírica a necessidade de “descobrir a verdade”.

2.3 Síntese e considerações finais

Em suma, da revisão anteriormente efetuada verificou-se que, o conhecimento analisado através dos conceitos gerais de logística e de distribuição foram fundamentais na identificação das restrições e dos condicionalismos implícitos, no desenvolvimento de um futuro sistema de roteamento a implementar numa organização como a Transportes Familiares.

A sistematização das atividades logísticas e processuais inerentes a todo o setor de atividade e os condicionalismos verificados na Transportes Familiares apresentam diversos problemas na sua estrutura organizacional, o que condicionam toda a atividade desenvolvida no seu quotidiano. Como tal, este negócio tendo em atenção o setor de atividade no qual se insere a Transportes Familiares, carece de recurso às ferramentas e metodologias *Kaizen* para a promoção de uma atividade operacional com maior eficiência e eficácia. Assim, tornou-se evidente a necessidade de redefinição e melhoria dos processos, bem como, a revisão de todos os KPIs que permitirão, numa fase mais avançada a definição dos requisitos de um novo sistema computarizado.

“A gordura surge em três áreas da empresa. Encontra-se armazenada nos seus processos, propaga-se através da sua cultura e tem origem no seu pessoal. As pessoas, a cultura e os processos criam empresas gordas. Mediante a compreensão da gordura, aprendemos como os vencedores se tornam vencedores e por que razão tropeçam e caem. Os empregados de uma empresa podem alterar a sua cultura e os seus processos de modo a alcançar uma boa forma.” (ZOLTNERS, Andris et. al, 2018). Segundo os autores, é possível melhorar os diversos processos numa organização, no entanto, para que tal ocorra, a vontade de mudar a cultura tem de estar no foco central de todos os colaboradores. Dos problemas identificados, o espírito de cada colaborador direciona-se no sentido de conseguir obter a melhor rentabilização do seu tempo, permitindo fazer com que a empresa cresça diariamente e como tal, valores como: *“Nesta empresa somos positivos, ajudamos, respeitamos, trabalhamos unidos, somos amigos e sobretudo somos uma equipa”* (Mural da Empresa Transportes Familiares, 2018). Perante este mote, a predisposição da organização para implementar novas estratégias de roteamento era mais do que clara, independentemente da escolha do modelo teórico de base. No entanto, aquando da apresentação inicial da ideia de desenvolver um algoritmo baseado na Pesquisa Local, foi unânime a necessidade de reorganizar toda a estrutura da organização Transportes familiares, uma vez que, inicialmente, se considerava não haver necessidade do envolvimento de todos os departamentos e de todos os processos, no desenvolvimento destes novos conceitos. Assim, e tal como a organização Transportes Familiares faz questão de referir, “são uma Equipa”, em

que todos têm de estar alinhados e interligados de forma a proporcionar uma base de sustentação a inovações e “novas formas de fazer”.

Como tal, através das necessidades identificadas pelos clientes no que respeita à disponibilidade da existência de centros logísticos distintos, com quantidade e tipologia de mercadoria em transporte diversificado, para a promoção de um elevado grau de satisfação do cliente, é evidente a necessidade constante de “novas formas de fazer” e de inovar. Desta forma, o modelo utilizado para o solucionamento das questões subcontratadas ao Kaizen Institute, deviam permitir uma Pesquisa focalizada num intervalo de soluções consideradas como ótimas, possibilitando assim, uma delimitação mais específica e de menor dimensão, comparativamente à heurística obtida, enquanto solução inicial, significando portanto, uma inovação comparativamente ao que se realizava na Transportes Familiares.

Para um eficaz desenho de soluções no âmbito das operações de transporte, está subjacente uma metodologia *Transport Operations Design* cujo principal objetivo visa a eliminação do desperdício no serviço de transportes efetuado. Desta forma e para colmatar esse mesmo MUDA (considerado segundo as metodologias *Kaizen* como significado de desperdício), é fundamental atentar: a Frota, o Planeamento e a Rede baseando-se na tipologia e dimensão de recursos disponíveis para a operação, para a implementação de princípios de planeamento para a execução e dimensionamento da rede operacional de transportes.

Estas Metodologias de *Transport Operations Design*, desenvolvidas no seio da organização *Kaizen Institute Consulting Group*, ao longo dos anos têm permitido comprovar, nomeadamente através de testemunhos reais de diversas organizações consideradas como clientes, a real eficácia das práticas propostas por esta organização de consultoria e especializada em melhoria operacional.

De acordo com o referido anteriormente na secção de Revisão Literária, o conhecimento reunido por esta organização é baseado na aplicação prática de exemplos de sucesso observados na indústria americana, que compilados de forma exemplar pela cultura japonesa deram origem ao Sistema de Produção *Toyota*, segundo a qual se baseiam todos os princípios das metodologias *Kaizen*. Neste seguimento de implementação de práticas de melhoria contínua, o foco central visa a criação de valor para o cliente individual e coletivo, ao qual se pretende eliminar todo o desperdício operacional e informacional existente permitindo conqumentemente a criação de fluxos que propiciem um aumento de produtividade e eficiência operacionais.

3. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA EM ESTUDO

3.1 A empresa

A organização é constituída por Frota Própria, que corresponde a recursos próprios da empresa, quer sejam motoristas, tratores e semirreboques. Esta frota caracteriza-se como sendo a única das tipologias com encargos fixos para a empresa de transporte, que carece de um aumento da produtividade para garantir a sua rentabilidade.

Esta organização, inicialmente surgiu como entidade transportadora em nome individual, com a totalidade do capital social detido pela família fundadora dos Transportes Familiares, sendo todas as atividades processuais desenvolvidas da inteira responsabilidade de elementos desta mesma família. Após alguns anos de existência, a liderança da gestão da empresa é entregue ao filho mais velho e homem da família, permitindo-lhe expandir a atividade e aumentando a diversidade de serviços oferecido aos clientes tais como: serviço de transporte e toda a logística de distribuição de mercadorias. Na sequência de crescimento no mercado da Península Ibérica e como ordem natural da tradição, a empresa inicia a integração da terceira geração nos seus quadros superiores, iniciando um novo período de transformação e investimento em frota e em ferramentas que permitam acompanhar o crescimento pretendido no setor dos transportes.

Desta forma, e com a contratação de entidades externas como o *Kaizen Institute Consulting Group*, foi permitido à organização Transportes Familiares a transparência de todos os seus problemas em muito influenciados pela permanência dos altos cargos de administração em elementos da família em vez de pessoal especializado e com as competências adequadas face ao exponencial crescimento verificado. Simultaneamente a este problema, verificou-se que aparentemente a estrutura processual até então existente tinha imensas lacunas que impediam um controlo atempado e eficaz de todos os processos administrativos que sustentavam as atividades operacionais. O que pudesse parecer, à primeira vista, como uma contratualização de implementação de um sistema automático de planeamento e otimização de rotas de transporte, desmultiplicou-se em diversos processos de melhoria da estrutura interna da organização que permitisse uma base sólida de sustentação que possibilitasse numa segunda fase mais tardia a correta implementação de algoritmos de planeamento de rota de capacidade da frota disponibilizada.

Na fase inicial deste projeto, verificou-se a subdivisão do organograma da organização Transportes Familiares:



Figura 1 Organograma Inicial da Empresa Transportes Familiares

Nesta estrutura inicial, à figura representativa do Administração prestaria contas a Direção Geral, subdividida pelos elementos fulcrais da família que tinham sob a sua alçada todos os sub-departamentos constituintes da organização.

3.2 Enquadramento legal: transporte de mercadorias

Relativamente a questões de Definições Legais, o Setor dos Transportes está regido de acordo com conceitos fundamentais, tais como: um condutor corresponde a uma entidade que executa funções de condução do veículo, mesmo que, por curtos períodos no contexto da atividade profissional que exerce. Está abrangido por um período legal de pausa de 45 minutos (podendo ser de 15 minutos ou 30 minutos), durante o qual o condutor vigente não pode efetuar nenhum trabalho de adjudicação de condução, sendo exclusivamente utilizado para recuperação física e mental do indivíduo em atividade. Como imposição legal de rastreamento do motorista e respetivo trator em curso, todos os veículos contidos na frota devem estar habilitados com um sistema de registo de tempos em tempo real, da condução do motorista. Como possibilidades para este registo, é possível recorrer a um meio físico, habitualmente denominado como disco tacógrafo, ou então em formato eletrónico pelo cartão digital.

3.3 Prestação de Serviço

No sentido prático do serviço de Transporte a realizar, um Planeamento eficaz resulta numa maior eficiência de ocupação de todos os recursos envolvidos. Desta forma, ao efetuar uma correta gestão de ida e volta de carga, é fundamental atentar a conceitos definidos como: Kms de Carga, que corresponde aos quilómetros efetuados com carga do cliente, em movimento

permitindo um aumento do valor acrescentado à atividade e não sendo, portanto, considerado como desperdício. Por outro lado, aos Kms em Vazio, considerados como Muda (desperdícios), associam-se a todas as deslocações traduzidas sob a forma de quilómetros, que são realizados sem carga do cliente estando o veículo em movimento. Na realidade e implicando a denominação de Tempo de Abertura de Recursos, considera-se geralmente que o trator e semirreboque apresentam uma disponibilidade de 24 horas em contínuo, contrariamente ao motorista que apenas se encontra limitado a 10 horas trabalháveis.

Partindo do princípio que, quanto maior a ocupação dos meios de carga numa operação, maior será a rentabilidade associada a essa mesma operação, é possível caracterizar os diversos componentes associados a uma viagem típica, assim:

1. Componente Fixa: correspondente ao ponto inicial (de carga) e ponto final (de descarga) de uma operação, geralmente fixa, excetuando congestionamentos de Transit Time (TT).
2. Componente Variável - considerada como sendo os tempos que envolvem: espera, operação de carga e descarga nos diversos pontos de operação contidos na rota. O Service Time (ST) apresenta tanta maior variabilidade, de acordo com a disponibilidade e eficiência dos recursos do armazém, sendo desta forma, na maioria das situações, considerados como um total desperdício.

Assim, o pretendido é a redução da componente variável, traduzida num planeamento que tem em vista a otimização das rotas de transporte.

Num horizonte temporal, uma Gestão da Capacidade de Médio/ Longo Prazo, acontece entre os três e seis meses seguintes ao Planeamento com base na Previsão realizada. O contrato de capacidade permite definir a quantidade de recursos necessários para a realização da operação com base nas previsões de atividade realizadas para os próximos três a seis meses. Este dimensionamento de capacidade está diretamente relacionado com a calendarização dos períodos de férias dos motoristas, pois é necessário garantir que, em picos de procura, é possível dar resposta ao serviço sem implicação da contratação de novos recursos devendo, portanto, promover-se uma concentração de toda a capacidade disponível nos meses de elevada atividade de transporte, repartindo os períodos de férias, pelas épocas do ano de baixa atividade operacional. Em simultâneo com este fator fundamental, é necessário garantir um Dimensionamento de Capacidade tendo partindo de uma previsão equilibrada das operações, recorrendo a diversas camadas de gestão de frota, alocando idealmente a frota própria às

operações com maior produtividade garantida e centralizar o desperdício nas frotas eventuais. Como fatores de Gestão de Fluxos das Camadas, importa salientar a distinção apresentada:

- Gestão de Fluxos Equilibrados: que corresponde a uma ocupação de veículos em que a carga está totalmente garantida.
- Gestão de Fluxos Desequilibrados, correspondendo à frota eventual, que deve ser considerada como fator de recurso quando a ocupação de recursos não está assegurada, mas que permite absorver todo e qualquer desperdício na operação.
- Gestão de Fluxos Desequilibrados: ocorre quando o limite de subcontratação é excedido e para que seja possível assegurar o Nível de Serviço ao Cliente, é necessário alocar frota própria ou eventual de forma permanente para que seja possível garantir a operação de transporte.

Paralelamente a um eficaz Planeamento de Capacidade da Frota, é necessário garantir um Nivelamento do Planeamento de Execução, ou seja, com recurso à maximização da flexibilidade horária fornecida pelos diversos locais de operação, o nível da procura das operações é nivelado. Para este processo o número de recursos necessários afetos à operação é considerado como fator fulcral, devendo, portanto, esta operação ser baseada em slots horários correspondentes entre 6 a 8 horas, permitindo a ocupação total do turno do motorista. No seguimento deste equilíbrio da procura, diariamente, deverá ser promovida a execução da Operação a Custo mínimo, emparelhando-se as cargas disponíveis (procura) e a capacidade instalada (oferta), minimizando o número de horas de paralisação das viaturas em parque, traduzindo-se assim, num custo mínimo de operação. Para garantir o encurtamento do número de horas de estacionamento das viaturas, o Planeamento dos Timings envolvidos permite efetuar uma análise do grau de antecipação das cargas sob o ponto de vista do cliente para definir quais os Cutoffs de Planeamento. Assim, quando Maior o Grau de Antecipação conseguido, Maior o Volume de Cargas disponível para ser otimizado antecipadamente e com maior taxa de sucesso. Nesta sequência de otimização da Execução, a atribuição das cargas aos recursos disponíveis deverá ser realizada diariamente e de forma automática baseando-se assim em Optimizadores e Heurísticas. No entanto, para que seja possível a construção de um algoritmo de alocação ideal, é necessário que previamente todo o desperdício tenha sido eliminado e que todo o valor acrescentado tenha sido sequenciado de forma Standard através da melhoria dos Processos de Carga e Descarga realizado pelo *Standard Work* dos Motoristas. Por esta normalização do trabalho, subentende-se toda a normalização do trabalho a realizar, de forma sequenciada, com tarefas otimizadas a realizar na operação de Carga e Descarga de um Serviço. Como iniciativas

a realizar neste âmbito importa salientar, a eliminação de tempos de espera, preenchimento de formulários administrativos, processos de confirmação e eliminação da documentação física e morosa existente, permitindo no final, um aumento da Produtividade.

Na definição da operação, o nivelamento das janelas horárias de carga ou descarga assume um papel fundamental, pois no quotidiano dos transportadores todas as cargas/descargas são realizadas em horas determinadas pelos clientes e cujas janelas horárias são bastante extensas. Perante tal situação, verifica-se uma ineficiência e perda de flexibilidade, pelo que um eficaz nivelamento de operações no momento do planeamento através da análise estruturada e aprofundada das janelas horárias permitidas pelo cliente, permitem contrariar o paradigma aplicado até então, traduzindo-se assim num aumento da flexibilidade. Para que esta situação ocorra é imperativo que seja analisada a Hora de Operação em contrapeso com o Tempo de Operação de forma a que, seja possível a perceção da variabilidade dos tempos de operação comparativamente à hora que a operação é iniciada perante a significância atribuída a cada hora definida. No sentido prático da análise do Planeamento da Execução, é essencial quantificar os principais indicadores de desempenho (KPI) associados, assim importa salientar:

- Ocupação dos Veículos, traduzindo-se matematicamente por:

$$\frac{N^{\circ} \text{ horas em condução}}{N^{\circ} \text{ horas disponíveis}}$$

- Tempo Médio de Operação (analisado de acordo com a localidade/região/cluster de clientes)
- Nível de Serviço (dia/hora)

$$\frac{N^{\circ} \text{ operações realizadas dentro da hora definida pelo cliente}}{N^{\circ} \text{ total de operações}}$$

- Cumprimento do Planeamento (%): comparação dos resultados obtidos entre teórico e o real.
- Rotatividade de Motoristas

$$\frac{N^{\circ} \text{ operações realizadas}}{N^{\circ} \text{ total de motoristas disponíveis}}$$

- Rotatividade de Veículos

$$\frac{N^{\circ} \text{ operações realizadas}}{N^{\circ} \text{ total de veículos disponíveis}}$$

- Kms Médios por Operação

$$\frac{N^{\circ} \text{ kms totais}}{N^{\circ} \text{ total de operações}}$$

- Custo por Carga: considerando a tipologia de trajeto realizado face à frota de transporte e condicionantes associados a cada cliente/mercadoria transportada.
- Custo por Km: considerando a tipologia de trajeto realizado face à frota de transporte e condicionantes associados a cada cliente/mercadoria transportada.

Perante as restrições e instabilidade adjacente ao setor dos Transportes, torna-se fundamental uma maior acuidade relativa à dispersão ou concentração de cargas e descargas, definindo-se desta forma, quais os pontos de operação contratualizados com os clientes, pelo que é necessária uma análise geográfica da concentração de locais pois, a dispersão geográfica da procura influencia diretamente a definição de uma rede de transportes. Para a construção da Rede é possível salientar duas tipologias utilizadas habitualmente: se por um lado se utiliza uma Gestão por Terminais contendo localizações intermédias como centros de carga (armazém), permitindo a repartição de uma mesma viagem em pequenos trajetos de forma a aumentar a produtividade dos recursos; por outro lado pela Gestão de Entrega Direta, o modelo de capacidade é considerado como sendo variável uma vez que a entrega realizada ao cliente é efetuada pelo mesmo veículo e motorista desde o ponto inicial de carga até ao ponto final de descarga da mercadoria em curso.

3.4 Descrição e Diagnóstico do Sistema Atual

Pela análise inicialmente realizada à organização designada como Caso de Estudo através de observação direta pela equipa de consultores contratualizada com o *Kaizen Institute Consulting Group*, foi verificada a existência de inúmeros problemas que capacitam a empresa Transportes Familiares como ineficaz na obtenção de melhores resultados no seu setor de atuação. Desta observação direta realizada numa fase inicial de Planeamento das medidas a implementar face ao verificado nos diversos locais de trabalho, foi efetuada uma análise dos dados financeiros e operacionais apresentados pela Transportes Familiares.

Verificou-se que a organização apenas era constituída por Frota Própria fixa à operação, sendo os veículos de transporte utilizados por 1 ou 2 turnos de motoristas.

No contexto geral, existiam cerca de trinta e oito veículos em serviço a 1 turno e vinte e cinco veículos a 2 turnos, totalizando-se assim, oitenta e oito turnos distribuídos por sessenta e três tratores.

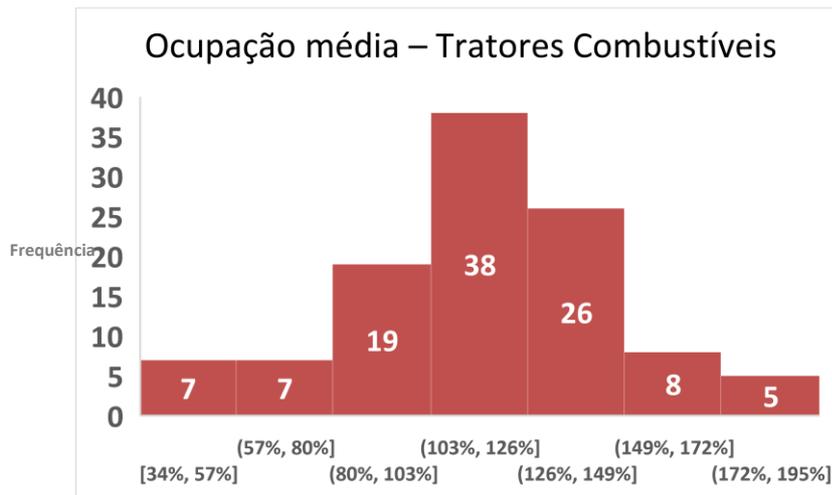


Figura 2 - Ocupação Média de Tratores de Combustíveis

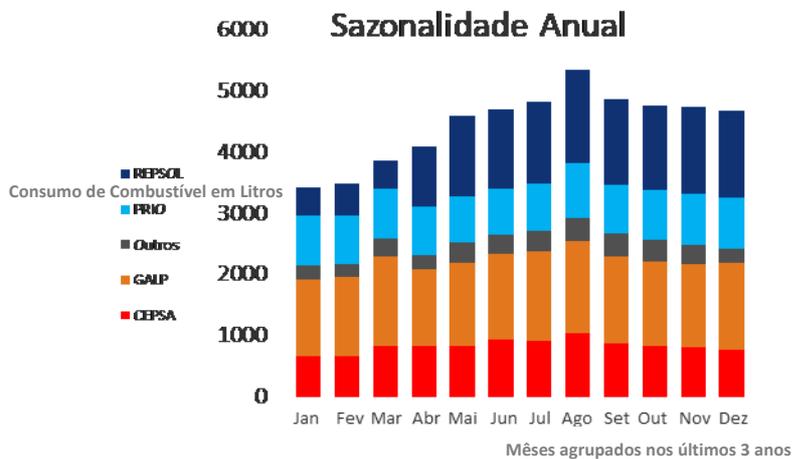


Figura 3 - Sazonalidade Anual de Consumo de Combustíveis

Relativamente à Ocupação Média dos Tratores (*Figura 2*), ao longo do ano verificava-se algum desnível operacional, e a Sazonalidade (*Figura 3*) de tipologia de Combustíveis consumidos pelos clientes era bastante dispersa cronologicamente.

Na descrição da situação inicial foi ainda necessária a análise de indicadores numéricos fundamentais para um futuro desenho de um Planamento de Execução eficaz. Para tal, efetuou-se a recolha de dados relativos aos quilómetros em vazio e taxa de ocupação de veículos. Assim, foi possível registar que no decurso de 45% dos quilómetros totais realizados com o cariz de kms em vazio e uma ocupação média de 45%. O desvio identificado, verificou-se através de um diagrama de espinha de peixe:

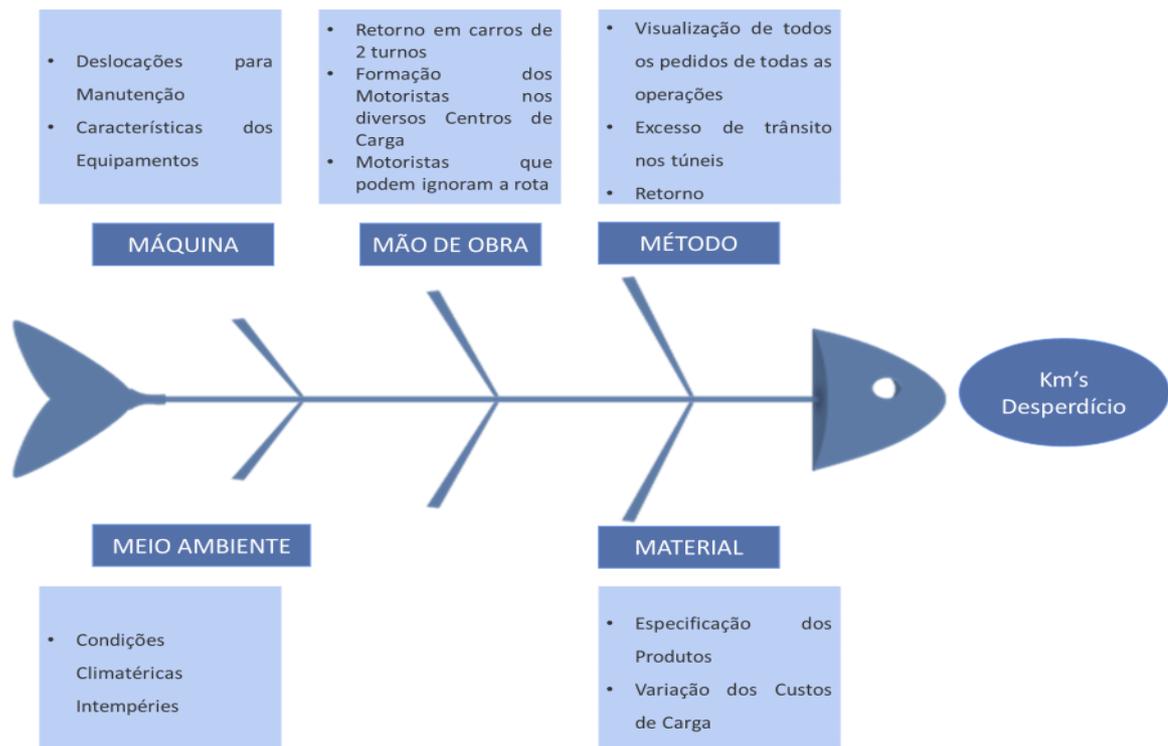


Figura 4 - Diagrama Causa Efeito para o Problema dos Kms considerados como Desperdício

3.5 Mapeamento de Processo

O mapeamento de um processo de solicitação de um pedido de um cliente e posterior entrega ao mesmo, implica pelo menos seis etapas se tenham em consideração aquando da otimização de um planeamento de rota (Figura 5).

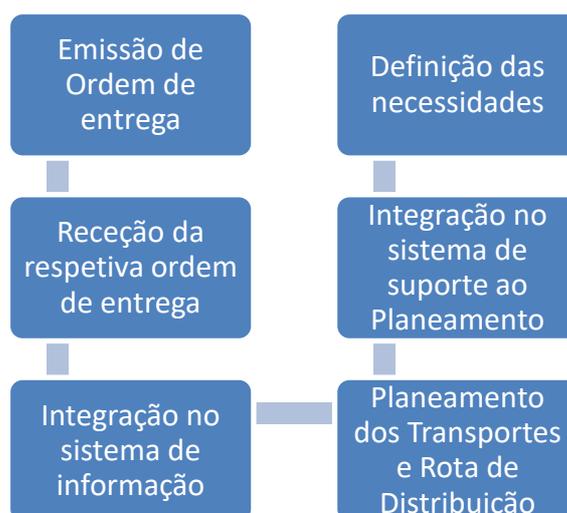


Figura 5- Mapeamento de Processo: Pedido de cliente

Durante a execução diária deste processo de Planeamento, diversos problemas e situações questionáveis são verificadas, pelo que, através da análise em terreno foi possível comprovar que os principais problemas são:

1. Número de paletes estimadas comparativamente às reais: Na maioria das situações as equipas de trabalho verificam que a quantidade real de paletes a transportar, é distinta da estimativa inicial, quando verificada na altura de preparação/picking para o abastecimento dos veículos. A informação logística gerada pela atualização de produtos não referenciados em sistema ou por erro inicial de caracterização do cliente, especificidade da paleta ou erro de radiofrequência contribuem negativamente para que exista um grande diferencial entre as paletes estimadas e as paletes reais a transportar.
2. Cut-off tardio por parte dos clientes, caracterizando-se como sendo o envio das ordens de entrega muito próximo da hora limite da saída do veículo do centro de carga, implicando que os gestores de tráfego tenham um reduzido prazo de tempo, para recolher, estruturar e planear a informação. Perante esta situação, o potencial de risco de fecho de rotas de transporte de zona está fortemente comprometido relativamente à execução ou não da entrega dos produtos nos clientes.
3. Processos internos de Armazém, traduzidos pelas limitações de sistema nos quais a movimentação da carga no interior do cais apenas se realiza aquando do encerramento do planeamento da rota, confluindo assim, num trabalho de carga com falta de normalização que por vezes é facilitada de forma errada, através do fecho antecipado de rotas não otimizadas, implicando posteriormente um retrabalho no armazém e planeamento devido a princípios errados de implementação.
4. Condicionantes do Negócio, quando por obrigatoriedade contratual a rota tem de ser iniciada e terminada no centro de distribuição; com a totalidade das entregas realizadas num prazo máximo com janelas horárias definidas (considere-se o exemplo das 24 horas nos produtos frescos); imposições legais de capacidades de carga máxima por veículo de transporte e ainda as imposições restritivas pela tipologia de produto que implicam uma separação em distintos veículos (produtos seccionados nos frios comparativamente aos de temperatura ambiente).

3.6 Síntese e considerações finais

Relativamente à situação atual analisada durante a fase de Planeamento verificou-se a existência de diversos problemas e com distintas tipologias. Se por um lado a nível

Organizacional, a estrutura característica da empresa transportes Familiares se encontrava com défice de competências adequada às necessidades e crescimento do negócio, por outro lado, toda a estrutura Processual desenvolvida na base intermédia, carecia de simplificação e otimização informacional. Por sua vez, a nível Operacional, por desconhecimento técnico e prático de métodos de satisfação das necessidades do cliente sustentada na maximização da produtividade dos recursos, o serviço realizado carecia de uma intervenção ponderada e consistente.

Desta análise, foi ainda possível verificar que a nível Operacional existia um elevado desvio de quilómetros realizadas pelos motoristas, com excesso de quilómetros em vazio e esperas para Carga/Descarga de mercadoria. A evidência destes problemas identificados traduzia-se por ineficiências em grande parte a nível Processual, pois não existiam processos previamente definidos para rotas standard, fluxos de informação eficazes entre o Motorista e o Gestor de Tráfego da Transportes Familiares e ainda elevada carga administrativa por falta de normas de trabalho previamente definidas.

Assim e perante estes indícios identificados, atentou-se a imanente necessidade de rápida intervenção em distintos níveis da organização, pois “Valor Acrescentado é unicamente aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar” (Kaizen Institute, 2018) e a organização Transportes Familiares estaria diariamente a desperdiçar margem de crescimento no mercado ao manter-se nesta situação.

4. PROPOSTAS DE MELHORIA

4.1 Projeto Kaizen na empresa familiar

Perante o vasto volume de negócios que tem a seu cargo, a empresa Transportes Familiares, decidiu proceder à implementação de Metodologias *Kaizen* e assim contratualizou um serviço de consultoria.

No âmbito da análise da Fase de Planeamento realizada pelo *Kaizen Institute*, surgiram oportunidades de melhoria no setor dos Transportes, foram propostas intervenções relativas ao Planeamento de Execução da rota através do desenvolvimento de um método analítico em sistema computarizado com conseqüente redução de quilómetros percorridos em vazio com um alinhamento simultâneo de um eficaz Planeamento de Capacidade, Redução do Tempo de Operação de diversas atividades e redução do tempo através do *Standard Work Administrativo* envolvido em todos os processos. De forma a potenciar o desenvolvimento das ações de melhoria sugeridas, foram identificados como indicadores fundamentais para cumprimento dos objetivos:

- Número de Pessoal alocado a processos administrativos
- Tempo administrativo
- Aumento do Nível de Serviço ao Cliente
- Redução de erros de Informação
- Aumento da imputação de custos
- Número de Motorista
- Quantidade de Quilómetros não pagos
- Quantidade de Quilómetros percorridos em vazio
- Número de Tratores alocados às operações

4.2 Implementação Prática de Melhorias

Perante as dificuldades inerentes e verificadas, constatou-se que todo o processo conducente à melhoria implica um levantamento de informação extenso e moroso, nomeadamente: definição de localizações, janelas horárias de acordo com o local, tempos médios de espera, disponibilidade de motoristas, levantamento da capacidade e quantidade de frota disponível, bem como, o nível de serviço associados. Para a implementação de um algoritmo de melhoria, o detalhe e a característica associada à qualidade de informação representam um processo chave na otimização. Assim, o simples detalhe do veículo implica a caracterização de: qual o modelo,

capacidade, volume, número de condutores habilitados, tipologia de cais de carga e descarga necessários, bem como, as características de especificidade associadas ao veículo para o transporte da referida carga. O conhecimento do tipo de reboque ou de câmara de frio, permitem uma clara percepção da frota disponível para uma futura satisfação de necessidades de aquisição ou identificação de excesso de viaturas comparativamente às necessidades efetivas.

Para que seja possível uma rota eficaz, torna-se fundamental a utilização de Optimizadores de Rotas, cujo principal foco visa a disponibilização de um conjunto de rotas, no qual, sejam realizados diversos tipos de carregamentos desde o seu ponto inicial de carga/centro de distribuição até ao ponto final de descarga/cliente, tendo em conta, as distintas localizações geográficas dispersas pelo território e amplamente condicionadas pelo diferencial de valor de procura de cada cliente. Desta forma, é fundamental um aumento da Taxa de Ocupação, traduzido em peso e volume, bem como, um Aumento do Nível de Serviço fornecido paralelamente a uma Redução do Tempo de Paragem, Kms percorridos em vazio e eliminação de tempos sem circulação do veículo. Como critérios essenciais é possível subdividir os Condicionantes de Otimização em três níveis de uma pirâmide:

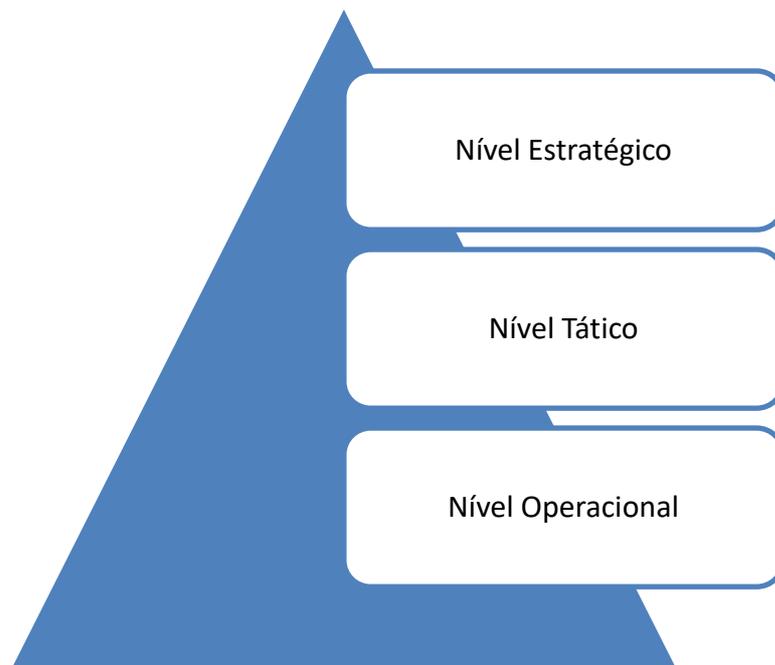


Figura 6 Pirâmide de critérios de condicionantes de otimização, segundo uma visão em três níveis.

Se a visão pretendida implicar exigências apenas a níveis Operacionais, é fundamental considerar qual o posicionamento de um cliente numa dada rota, evitando as horas de maior afluência de trânsito no interior da cidade e ainda um tempo de rota inferior a quatro horas. Numa visão de nível Tático, importa considerar a alocação de

determinados clientes a integrar na rota planeada, com a colocação de zonas de distribuição e entregas com prazos inferiores a 24 horas. Potenciando ainda uma visão de Nível Estratégico em que, cada cliente é alocado a determinado centro de distribuição, com respetiva priorização e definição de clusters de clientes, implica assim alinhamento destes permitindo a utilização do otimizador com as exigências necessárias.

Matematicamente e de forma a construir o algoritmo de otimização de rota mais eficaz, as variáveis e funções de otimização, devem ser clarificadas evitando restrições inesperadas durante a execução. Assim, considera-se como H o número de horas do horário normal de execução; como Ch o custo de hora associado à variável anterior; Che o custo por hora extra associado à execução do transporte; K o número de quilómetros percorridos por viagem; Ck o custo por quilómetro; V o número de viaturas utilizadas para o cumprimento de cargas planeadas; Cv o custo fixo de utilização de cada viatura alocada a um serviço; E o número de entregas realizadas numa rota; Ce, o custo por entrega realizada; R o número de recolhas e Cr o custo associado a essas mesmas recolhas realizadas nos diversos clientes. Desta forma, é possível traduzir matematicamente por:

Função Objetivo

$$= \text{MIN} [(H \times Ch) + (HE \times Che) + (K \times Ck) + (V \times Cv) + (E \times Ce) + (R \times Cr)]$$

Paralelamente à implementação de algoritmos que permitam uma otimização eficaz das rotas, é fundamental uma monitorização constante das rotas, verificando quais os tempos de paragem em que o motorista estará a realizar perdas de tempo, velocidades médias, mínimas e máximas de forma a quantificar comportamentos excessivos, bem como, um detalhado registo de horas de paragem em cada um dos pontos de paragem para carga e/ou descarga que permitem elevar o nível de serviço praticado e implementar medidas corretivas imediatas se se verificar atrasos significativos.

Perante a função de Gestor de Tráfego, o planeador deve atentar a fatores essenciais para a alocação de viaturas e rotas de serviço de entrega, tais como:

- COL Aglutinador, ou seja, permitir que exista uma visibilidade global da totalidade de entregas a realizar nos diversos centros de operações logísticas, os COL's mais próximos.
- Área de Atuação dos COL, subdividindo as ordens de entrega de acordo com a área ou região geográfica, definida através de um conjunto de códigos postais que consiga ser parametrizável.
- Categoria do Produto que distinga os produtos de acordo com as suas características específicas e que sejam consideradas como restrição para a tipologia de veículo a efetuar o devido transporte.
- Tipologia de Destinatário/Cliente, de acordo com critério de separação dos produtos concorrentes a entregar.
- Limitação de Descarga Destinatário/Zona, considerando-se o cais de descarga do cliente, o tamanho de veículos que consegue rececionar e qual a zona/localização face às condicionantes (ex: centro de cidade).
- Ajudante de Motorista, na eventualidade de a mercadoria a entregar implicar a utilização de recurso a ajudantes na descarga, considere-se o exemplo de um produto demasiado pesado ou entrega num cliente cujo o acesso é noturno e em loja com alarme (a desarmar pelo motorista).
- Destinatário com Identificativo de Código Postal CP7D, ou seja, associação de um código de sete dígitos.
- Definição de Janelas de Entrega de forma a sequenciar as entregas a realizar.
- Hora de Entrega face à definição da ordem de entrega a realizar.
- Tipologia do Veículo associado ao transporte, ou seja, qual o melhor veículo a utilizar tendo em conta o número máximo de €/palete, volume e pesos máximos a transportar.
- Disponibilidade de Frota, ou seja, garantir que o veículo pretendido para utilizar ainda não foi associado ao planeamento de uma outra rota de transporte de mercadoria.
- Gestão Semanal, considerando os períodos mínimos legais de descanso de cada veículo/motorista.
- Nivelamento do Serviço, realizando uma alocação da carga a transportar estipulada de acordo com os critérios definidos como restrições pelos gestores de tráfego.

- Carga da ordem de entrega, ou seja, a limitação máxima de carga que é possível transportar no veículo.
- Cubicagem da Ordem de Entrega, verificada pelo volume total de espaço total ocupado pela carga, face ao veículo a utilizar como recurso.
- Nº de Paletes da Ordem de Entrega, caracterizado pela percepção de que a ordem de serviço está em conformidade com o espaço total de ocupação permitido.
- Kms da Rota, regulamentando o tempo total de trabalho permitido e previsto para o motorista associado ao transporte da mercadoria.
- Nº de Entregas a realizar, permitindo definir quais os tempos de paragem associados ao total de clientes a realizar paragens para carga/descarga.
- Nº de paletes da rota planeada, pois permite estimar qual o tempo de operação associado para a realização de cada carga/descarga ao longo do trajeto.
- Peso associado a uma dada rota, caracterizado como sendo o somatório da totalidade de quilogramas das ordens de entrega associados a um trajeto.

4.3 Principais indicadores de desempenho (KPI):

“Podemos aumentar a nossa perspetiva, direccionando o olhar para o caminho percorrido até à data – aos primeiros processos de gestão da qualidade” (Juran, 1993). Segundo o autor com base nas metodologias de Gestão pela Qualidade Total desenvolvidas no Japão, o conceito de qualidade pode ser baseado em quatro pilares de adequação: face ao Padrão englobando a padronização, controlo estatístico dos processos e inspeção; Face à Utilização, envolvendo as pesquisas de mercado e todo o envolvimento multifuncional; Ao custo, focalizando a atenção nos Círculos de Controlo da Qualidade, Metodologias de Melhoria e as 7 Ferramentas da Estatística e ainda pelo Foco nas Necessidades Latentes, ou seja, com base no desdobramento da Função Qualidade e as 7 Ferramentas da Administração da Qualidade.

Como forma de obter uma visão mais detalhada dos processos inerentes nas organizações, auxiliando a gestão de topo numa análise fundamentada e sustentada do desempenho da organização, sistematizando a informação relevante, recorre-se habitualmente a indicadores chave de desempenho (em inglês, *KPI Key Process Indicators*), permitindo assim avaliar continuamente a posição e evolução de uma determinada atividade ou processo no decorrer do quotidiano de uma empresa. No setor dos transportes foram assim considerados como fundamentais, e uma vez tratando-se de uma intervenção no âmbito da melhoria contínua: Ocupação dos Veículos, Tempo Médio de Operação (analisado de acordo com a

localidade/região/cluster de clientes, Nível de Serviço (dia/hora), Cumprimento do Planeamento (%): comparação entre teórico e o real., Rotatividade de Motoristas, Rotatividade de Veículos, Kms Médios por Operação, Custo por Carga: considerando a tipologia de trajeto realizado face à frota de transporte e Custo por Km: considerando a tipologia de trajeto realizado face à frota de transporte.

4.3.1 Implementação de Medidas de Planeamento

Como propósito de promover o desenvolvimento da prática de melhoria continua, considerou-se como objetivo principal, a previsão da capacidade necessária para a execução do plano de redução de cerca de dez veículos, face aos valores referenciados no capítulo anterior relativamente à Ocupação Média dos Tratores Combustíveis e Sazonalidade Anual de Consumo.

De forma a permitir a obtenção dos objetivos propostos aquando da contratualização inicial na fase de Planeamento do negócio, o desenho da solução implicou a utilização dos tratores durante 24 horas, com passagem destes a 3 turnos. Uniformização de parte da frota (bombas, selagem e enrolador), utilização do histórico de carga e descarga como previsão sobre os próximos meses, consideração do recurso a subcontratação, em caso de necessidade e repartição dos diversos camiões pelas distintas operações.

Assim, com a implementação das medidas pressupostas era esperada a contabilização final de cinquenta e três tratores distribuídos por oitenta e oito turnos, dos quais, vinte e três a 1 turno, vinte e cinco a 2 turnos e cinco veículos a executar funções de transporte de mercadorias a 3 turnos.

Para o Planeamento de execução, definiram-se como objetivos iniciais a necessidade de otimização do planeamento diário, a redução dos quilómetros em vazio e o aumento percentual da taxa de ocupação dos veículos, face ao verificado na descrição da situação inicial da organização e evidenciado através do diagrama de espinha de peixe.

No desenho de solução ideal propôs-se que, através da implementação de um modelo único de planeamento, seria permitido uma maior rentabilidade da Frota, unificando a visão de futuro num trabalho colaborativo entre a Ferramenta de Planeamento e os Gestores de Tráfego encarregues da função de planeadores. Assim, se por um lado a Ferramenta de Planeamento realiza de forma automática o planeamento e otimização das cargas de forma mais adequada, com a experiência e visão real dos Gestores de Tráfego, seria esperada a crítica e análise efetiva

das rotas desencadeadas pelo automatismo, executando assim, tarefas de melhoria à ferramenta de alocação, permitindo um maior controlo de toda a operação e geração de novas oportunidades de negócio, através da solicitação de cargas aos diversos clientes para os meios deficitários e com cargas incompletas até ao momento em causa.

Partindo dos pressupostos enunciados, observaram-se como Condições Fundamentais a ter em conta para a aplicação prática, no algoritmo:

- Capacidade das Cisternas
- Horas do motorista com diferentes turnos
- Companhia restrita a cada viagem
- Selagens
- Imagens
- Solução relativa a Complementos
- Tempo de Carga
- Tempo de Descarga
- Instância Real
- Receita por Km por Litro
- Viagem a outro Centro de Cargas (2 turnos)
- Tanques
- Produtos por Centro de Carga
- Capacidade Máxima em peso
- Janelas Horárias
- Stock no Posto
- Vida Útil dos Tratores
- Procura de Centro de Carga
- Situação Noturna – centro de carga mais próximo
- Distinção de Produto em função da Cisterna (não é permitida a utilização simultânea)
- Formação nos Centros de Carga
- Descargas em Segurança (Tanques)
- Diagrama de Output
- Incluir Complementos nas Rotas
- Comparação entre diversas Rotas
- Tempo de Condução

- Tempo de Trabalho efetivo
- Percentagem de Kms em Vazio

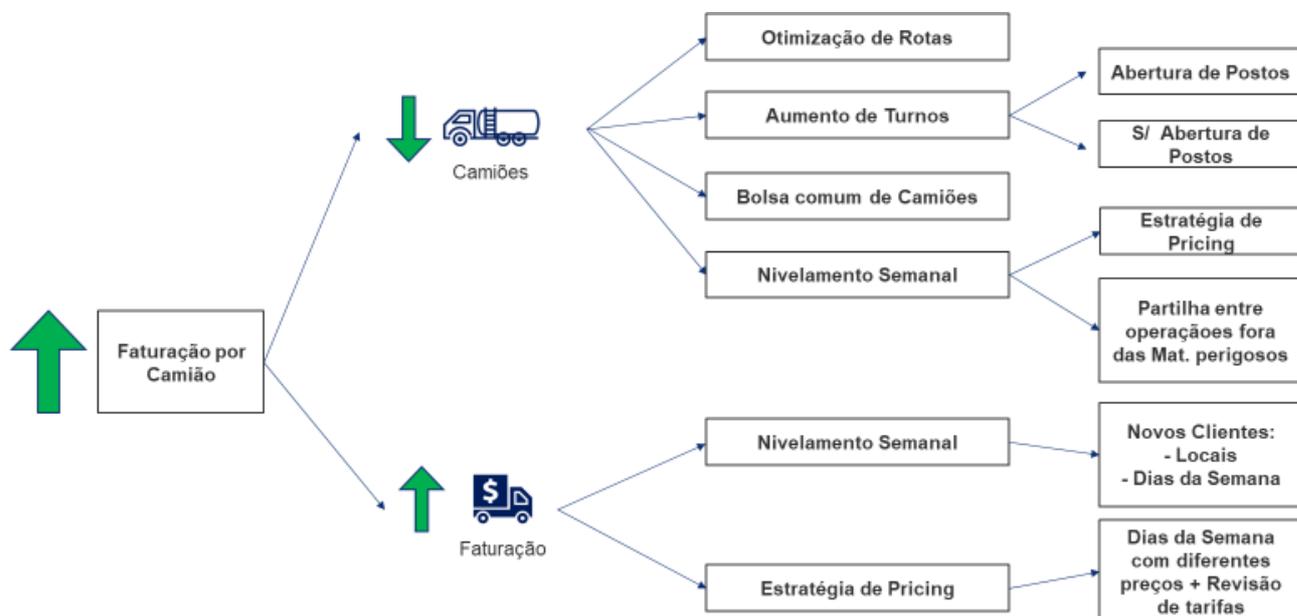


Figura 7 - Descrição de como seria possível o aumento da faturação por cada caminhão

Para a especificação das Tabelas de Informação de recurso ao Planeamento foi estruturado um conjunto de dados de forma permitir o aumento da faturação por caminhão. Considerou-se que para a diminuição do número de camiões em serviço, seria necessária a Otimização das Rotas de Transporte, com um Aumento do número de turnos realizados pelos motoristas perante a abertura dos postos e sem a abertura dos postos de carga/descarga de mercadoria. Nesta nova estratégia seria implementada uma Bolsa Comum de Camiões aos diversos serviços realizados na organização e ainda um Nivelamento Semanal através da Estrutura de Pricing, na qual a colocação dos preços de venda seria realizada com base nos pedidos de clientes implicando para tal a análise das quantidades fixas, diferença por quantidade, promoções ou combinação múltipla de compras, bem como, a Partilha de camiões entre as diversas tipologias de operações. De forma a aumentar a faturação por Camião, como área de ataque priorizou-se a necessidade de no Nivelamento Semanal, a contratualização com novos Clientes, em Novos locais e distintos dias da Semana, bem como a Estratégia de Pricing baseada em Dias da Semana com diferentes preços e revisão das tarifas contratualizadas.

No que concerne à codificação da informação para a construção do algoritmo, foi necessário o agrupamento de diversos dados de forma a garantir a máxima exatidão nas combinações e cruzamentos posteriormente a realizar.

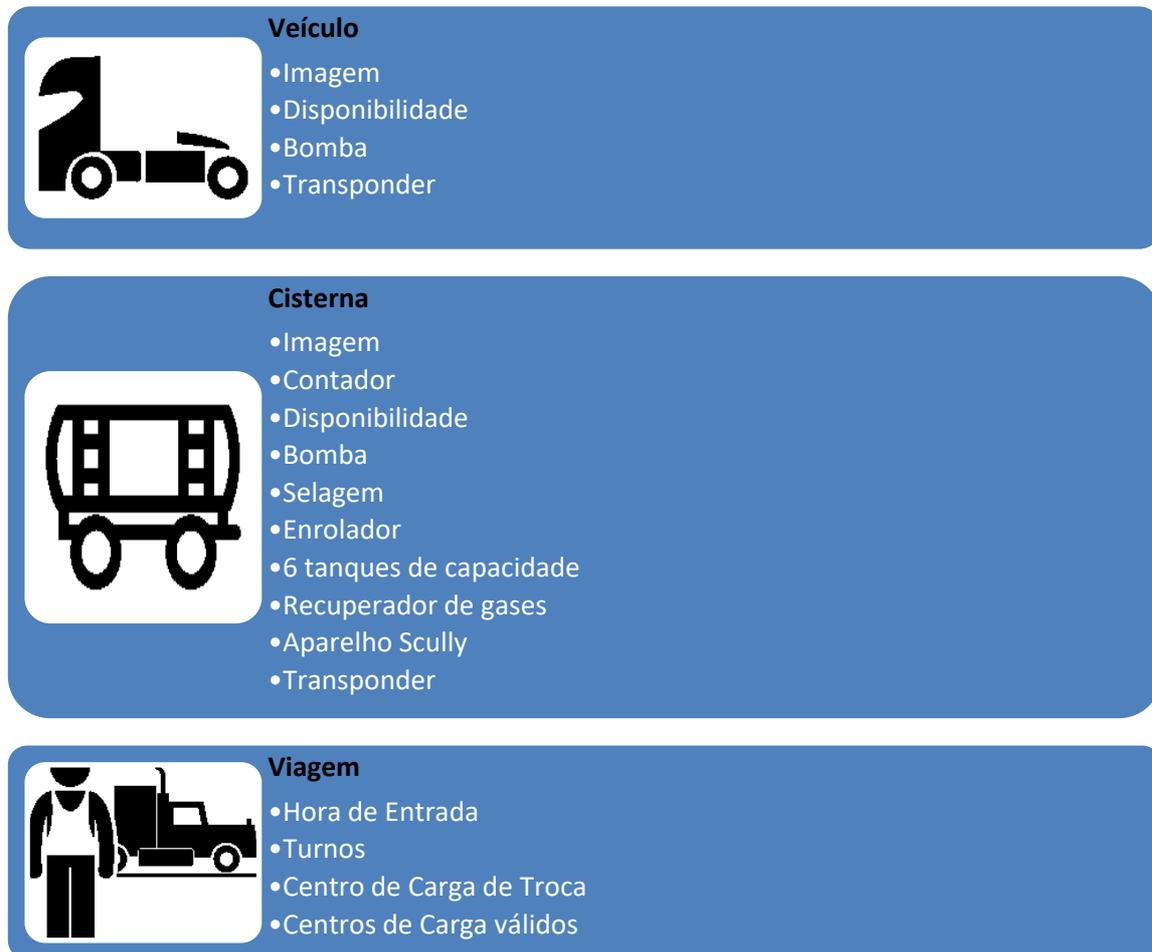
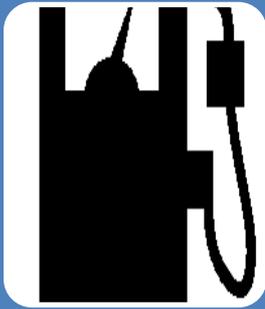


Figura 8 - Caracterização de Veículo, Cisterna e Viagem

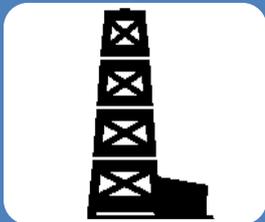
Assim, nas primeiras tabelas de informação, utilizou-se a terminologia MEIO para identificar o conjunto composto por: Veículo, caracterizado por possuir eventualmente ou não, Imagem, Bomba, Transponder e uma Disponibilidade. Na designação da Cisterna, como factores identificativos considerou-se a existência ou não de Imagem, Contador, Sistema de Selagem, Disponibilidade, Bomba Enrolador, Número de Tanques de Capacidade, Recuperador de Gases, Aparelho *Scully* e Transponder. Por último, cada Viagem seria especificada através da Hora de Entrada, Número de Turnos, Centros de Carga de Troca e Centros de Carga válidos.

De acordo com a viagem a realizar, seria ainda necessária a caracterização de especificidades restritivas de acordo com os Pontos de Descarga, Centros de Carga e Pedidos de Carga solicitados.



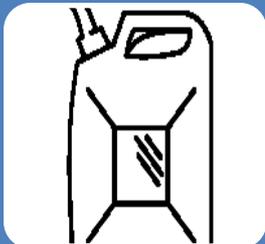
Pontos de Descarga

- Janelas horárias
- Tempo de descarga
- Localização
- Selagem
- Bomba
- Enrolador
- Contador
- Necessidade de Carro Pequeno ou não?
- Imagem ou não?
- Mudança de Quantidade



Centros de Cargas

- Equipamento necessário
- Produtos disponíveis
- Tempo de Carga
- Janelas Horárias
- Localização



Pedidos de Carga

- Ponto de Descarga (com informação da respetiva tabela associada)
- Centros de Carga (com informação da respetiva tabela associada)
- Produtos e Quantidades
- Exigências Horárias

Figura 9 - Caracterização de Pontos de Descarga, Centros de Carga e Pedidos de Carga

Na caracterização de um Ponto de Descarga, evidenciou-se a necessidade de determinação: das Janelas Horárias, Tempo de Descarga, Localização, Selagem, Bomba, Enrolador, Contador, eventual necessidade de carro de pequenas dimensões, possuir imagem ou não e alterações de quantidades. Quanto aos Centros de Carga, qual o equipamento necessário, produtos disponíveis, tempo de carga, Janelas horárias e Localização geográfica. Quanto aos pedidos de carga, estes devem possuir de forma associada a informação referente às tabelas de Ponto de Descarga e de Centros de Carga, quais os Produtos e Quantidades específicas e exigências horárias dos respetivos clientes.

Uma vez definidas as condições essenciais de recolha de informação, foram ainda consideradas como restrições a considerar:

- Peso da Cisterna igual a 40 toneladas, calculado através do somatório da totalidade dos tanques (considerando as densidades), inferior a 40 toneladas.
- Tempo de condução em:

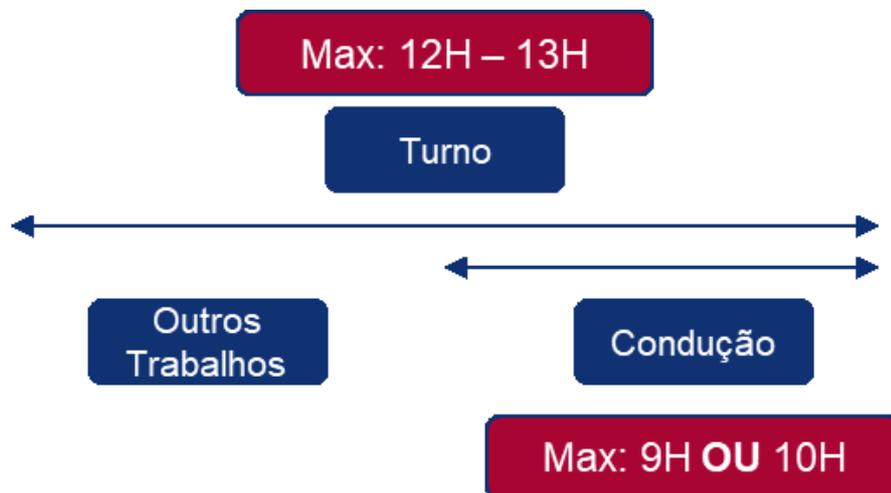


Figura 10 - Representação do Período de Turno

- Viagem restrita a um único cliente.
- Tempo de Carga e Descarga.
- Obrigatoriedade de Selagens em Cisternas perante determinados pontos de descarga.
- Meios com imagem apenas podem executar serviços referentes a essas imagens.
- Pontos de Descarga com contratualização de que o veículo em descarga contenha a imagem identificada.
- Motoristas com 1 Turno podem pernoitar no veículo, sem implicância de custos associados, ou seja, não necessitam de terminar no Centro de Carga (casa)
- Os produtos a transportar devem ser distribuídos corretamente pela cisterna em cada um dos tanques, considerando-se como valor máximo, a existência de seis tanques com distintas capacidades).
- A ordem do tanque (alocação da carga), deve ser respeitada permitindo o equilíbrio do peso da cisterna.
- Existência de diversas tipologias de produtos pretendidas pelos clientes, cuja origem tem proveniência em distintos Centros de Carga.

- As Janelas Horárias (postos e centros de carga) devem ser respeitadas, no entanto, existe a possibilidade de eventuais alterações em determinados clientes/postos.
- Determinados Produtos disponibilizam informação relativa ao *Stock* disponível no tanque, pelo que se pode aumentar/diminuir de acordo com a variação do mesmo.
- Determinados Produtos deverão ser sempre realizados para o mesmo Centro de Carga, no entanto, este pode ser alterado para um Centro de Carga mais próximo.
- Determinados Produtos não são permitidos o transporte na mesma cisterna.
- Os motoristas devem frequentar formação adequada nos centros de Carga onde irão realizar a operação de Carga.
- A quantidade transportada e janela horária pode ser eventualmente alterada em determinados postos, no entanto apenas poderá ocorrer perante a aprovação do mesmo.
- O Carregamento mínimo de uma cisterna deverá ser de 30.000l. Perante uma situação em que não exista a quantidade de líquido que perfaça a capacidade da cisterna, deve ser solicitado um complemento de líquido ao cliente.
- Em situações geográficas atípicas é necessária a existência de Transponder, aparelho Scully e Recuperador de Gases.

No âmbito da implementação do algoritmo desenvolvido, baseado nos estudos acima referenciados, inicialmente recorrendo às iterações de cariz Construtivo, considerou-se que, possuindo um Meio, constituído por um Motorista associado, Trator e Cisterna associado, restringido apenas pelas Horas de condução, quer fosse a dois Turnos ou a Um turno, satisfazendo as limitações de Capacidade de 32000 Litros e com um Pedido atribuído, ao satisfazer estas condições supracitadas, corresponderia à iteração inicial, cuja Função Objetivo descreveria a melhor situação a representar.

Cada uma destas denominações de Turno, seria assim constituída, pela associação de um Meio e de uma Viagem. Viagem esta, contendo um Centro de Carga de Partida, um Centro de Carga Final e a correspondência de Arcos na qual seria descrito como resultado obtido, um Centro de Carga de descarga e um Centro de Descarga com associação de Centro de Carga Final. De forma a constituir um Pedido como restrições obrigatórias, seria implícita a necessidade de que o Centro de Carga correspondesse ao Centro de Carga de Partida inicial da viagem e que a Capacidade Máxima em Litros fosse igual aos Litros do Meio Atual adicionando os Litros do Pedido, garantindo ainda, que o Pedido da Companhia, fosse igual à Viagem atribuída à Companhia, com existência de uma Imagem e Selagem em caso de exigência do cliente. A este

Pedido, deveria ainda ser validado o Tempo disponível em Horas de condução, de acordo com a classificação da tipologia do veículo, ao realizar atividade a Um ou Dois Turnos Horários. Satisfeitas estas condições, estaria assim atribuído um Pedido ao Meio. Para que fosse considerado o Fecho da Viagem, deveria estar ainda, implícito que o Centro de Carga mais próximo fosse o Local da Última Descarga. Inicialmente seria realizada uma ordenação de acordo com os Meios, seguida de uma atribuição dos Pedidos, de acordo com as janelas horárias disponíveis, considere-se o seguinte exemplo:

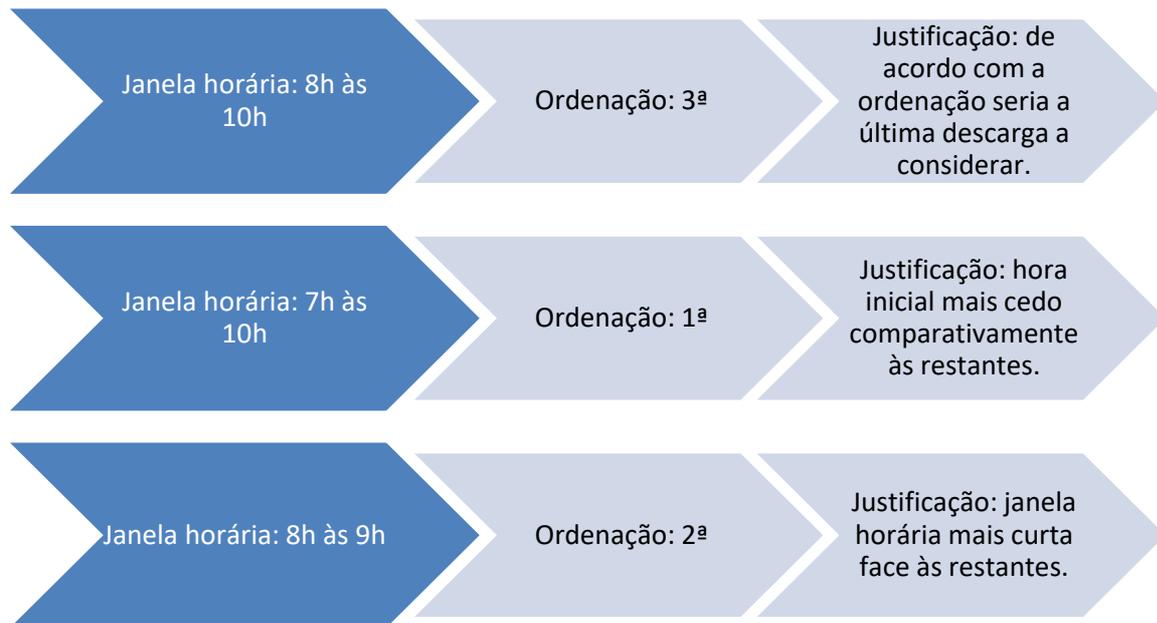


Figura 11 - Caracterização das janelas horárias

Tendo como base o caso de estudo verificado pelo Interated Local Serch, à Solução considerada como ponto de partida, ou seja, Solução Inicial (no qual estão disponíveis vários Meios), diversos fatores estariam implícitos tais como: os Quilómetros percorridos em Vazio, os Quilómetros Totais, a Ocupação e o diferencial entre a Receita menos os Custos, de acordo com o número de meios e o Número de quilómetros percorridos. À solução Inicial, seriam assim realizados testes aleatórios de forma a obter a melhor combinação possível entre os Meios disponíveis e os Pedidos dos clientes, obtendo-se sucessivamente as viagens a realizar ao longo do período de carga e descarga. Segundo o modelo estruturado na Solução Inicial, ao Pedido cujo Centro de Carga já se encontra associado, são filtrados quais as possíveis quantidades a integrar na cisterna tendo em conta a capacidade da mesma. Seguidamente, verificam-se quais as Horas de Turno disponíveis, ou seja, entre o Centro de Carga e o local de descarga. Na eventualidade de se verificar disponibilidade horária, são filtrados os motoristas com

capacidade de realizar o serviço. Neste caso, verificam-se quais as soluções representadas na listagem à qual a menor distância está associada, correspondendo assim, ao Primeiro Arco. Posteriormente, para a construção do Segundo Arco, são filtradas as Companhia/Clientes, permanecendo o Centro de Carga a ser o mesmo utilizado no Primeiro Arco. Como característica restritiva, todos os Pedidos devem terminar o seu percurso no Centro de Carga. Perante situações em que se verifiquem Horas disponíveis para se efetuar uma deslocação ao Centro de Carga mais próximo (casos de apenas 1 Turno de motorista), é forçado o esgotamento das horas de condução possíveis, pelo que, o Motorista poderá estar perante duas situações possíveis: ou consegue regressar ao Centro de Carga, ou por impossibilidade legal, deve pernoitar no local. Em situações que se verifiquem motoristas a Dois Turnos, apenas são realizadas descargas se houver disponibilidade horária de regressar ao Centro de Carga base (e condição obrigatória de que a todos os Sábados o veículo regresse ao Centro de Carga base), bem como, em ocasiões em que se verifique o atingir da Capacidade máxima permitida. Como limite máximo por veículo, apenas é possível realizar o transporte de 32000 litros, salvo raras exceções, nas quais e de forma forçada se consegue transportar 33000 litros. Considere-se como exemplo, uma situação em que no veículo a transportar, no depósito já se encontram 28000 litros, no entanto para totalizar a Capacidade máxima permitida estão em falta 4000 litros, a solução a implementar visa a união de um complemento para o mesmo/outro cliente localizado nas proximidades.

Como ponto fulcral destas Otimizações está sempre presente o objetivo de testar várias Soluções Possíveis, desde que, sejam percorridos o menor número de quilómetros possíveis, com os menores custos associados.

4.4 Áreas a Intervencionar e Pressupostos de melhoria Contínua

Da análise realizada durante a Fase de Planeamento do Projeto acima referenciado, foram propostas à organização, diversas ações de melhoria tendo como principal objetivo um aumento da rentabilidade da organização. Nestas ações estava implícita a eliminação do desperdício e processos cujo Valor Acrescentado tivesse representatividade nula.

4.4.1 Implementação de Medidas Processuais e Culturais

No cronograma desenvolvido na fase de planeamento de pelo menos um ano de intervenção, deu-se início ao projeto contratado pela organização Transportes Familiares, com a implementação de Kaizen Diário Nível 1. Da metodologia Kaizen contratualizada, foram

aplicados de forma transversal os princípios e bases subjacentes desta metodologia a toda a organização. Segundo os fundamentos Kaizen, esta implementação de Melhoria Contínua deveria estar presente em todos os níveis hierárquicos do organograma da organização. Esta deveria ser desenvolvida todos os dias e potenciada em todos os locais operacionalizáveis. Seria espectável que fossem definidos e atingidos os valores máximos de criação de valor para o cliente, envolvendo toda a organização, alterando-se assim, processos e hábitos de trabalho, com a eliminação de desperdícios, variabilidades e dificuldades nos processos produtivos, permitindo assim *Fazer Kaizen*. A atividade diária desta organização passar-se-ia a pautar pela maior utilidade e menos desperdício, pois as bases pelas quais as metodologias se regem têm inspiração na Toyota:

“We build people before we build cars...people are the foundation of all improvement” (Toyota).

Pretendeu-se a Criação de valor eliminando: o desperdício, tempos de espera, movimentos e erros. Esta ação, caracterizada em japonês como Muda, demonstra uma experiência enquanto organização cliente do *Kaizen Institute*. Com a implementação de gestão visual dos processos e de potenciais erros no local de trabalho acrescenta-se valor diário para o cliente. Esta ação, só é passível de sucesso quando se envolve em todo o processo de melhoria, a gestão de topo e todos os colaboradores. Nesta primeira fase do projeto, foi implementada uma estruturação e organização de equipas de trabalho, permitindo realizar melhorias na comunicação e alinhamento da carga de trabalho de forma nivelada. Esta estruturação caracterizou-se por uma reação mais rápida aos desvios do desempenho, com um aumento da capacidade de liderança dos Team líderes, até agora responsáveis pelas suas equipas naturais.

Nas diferentes áreas de atividade, foram eliminados os potenciais problemas que implicassem imprevistos de atrasos e pressões em final de mês pois, mais tarde, puder-se-iam tornar em situações de incapacidade para manter as melhorias que condicionariam as ações futuras da implementação do projeto.

Combatendo esta incerteza, normalizou-se e melhorou-se os trabalhos das equipas, tipificando-se as tarefas e avaliando-se os indicadores individuais e coletivos que permitissem desenvolver ciclos de melhoria contínua. Esta atividade de implementação teve como período de teste, cerca de quatro meses em versão piloto e manteve-se em constante atualização e melhoria.

Após os quatro meses, deu-se início à segunda atividade proposta no cronograma do projeto, o Kaizen Diário Nível 2. Neste nível, todos os postos de trabalho foram normalizados e eliminados os tempos dispendidos na procura de materiais e de informação, aplicando assim, melhorias na gestão e processos informacionais e aumentando a motivação dos colaboradores

das equipas, através da organização dos seus postos de trabalho. Para a organização, constituiu ainda uma forma de redução de custos, através do melhor aproveitamento da utilização das ferramentas de atividade diária, sendo estes materiais ou equipamentos.

Como forma de avaliar os dois níveis de Kaizen Diário: nível 1 e nível 2, as equipas de trabalho foram alvo de auditorias periódicas, para garantir o bom estado de conservação e preservação das ações de melhoria implementadas.

Neste momento, foi reestruturada toda a estrutura que outrora era praticamente linear, para uma subdivisão do organograma constituída da seguinte forma:

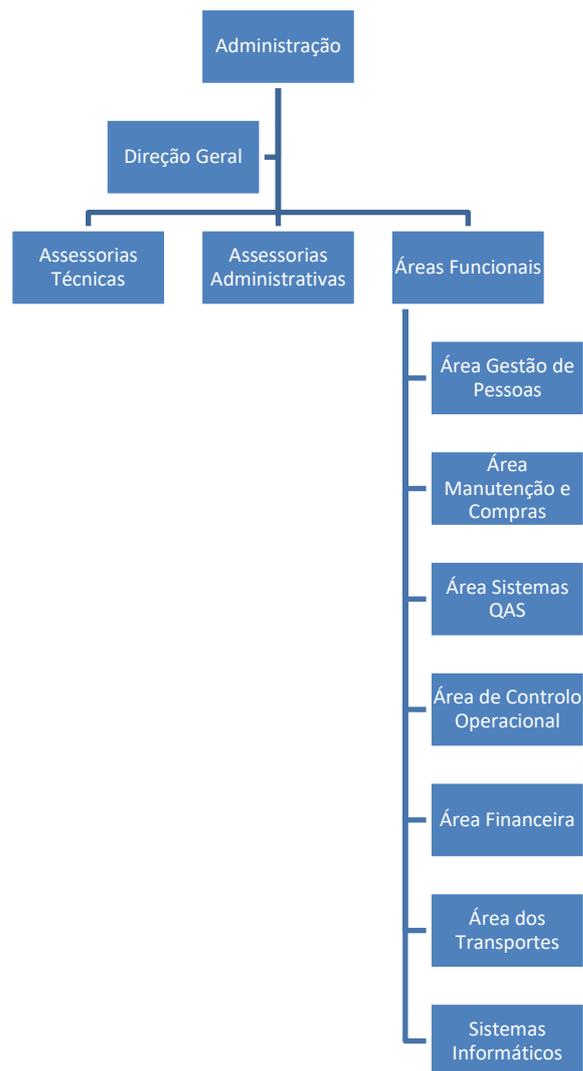


Figura 2 Organograma Empresa Transportes Familiares

Do organograma acima referenciado, por exigência e historial passado da organização Transportes Familiares, grande parte da constituição dos quadros superiores permanece sob a responsabilidade de membros da família detentora das quotas da organização, pelo que:

- Administração: Constituída por dois elementos, dos quais o fundador de forma não executiva e pelo seu filho “homem e mais velho”.
- Direção Geral: Constituída pela terceira geração de filhos/netos da administração.
- Assessorias técnicas externas
- Assessorias Administrativas
- Áreas: da responsabilidade da Direção Geral, no entanto com elementos da família ou elementos de grande confiança da administração. Como subáreas de atuação e com grande responsabilidade, importa salientar:
 - Área de Controlo Operacional: constituída pelos Seguros, Controlo Económico, Comunicações e Combustíveis/Portagens realizadas internamente.
 - Área Financeira: constituída pela Faturação e Tesouraria; Plano, Relatórios e Fiscalidade; Assuntos Administrativos e Contabilidade.
 - Área dos Transportes: constituída pelas Matérias Perigosas; Alimentares; Internacional e Retalho/Ecommerce.

A política de gestão da organização, denota grande importância no sentimento de familiaridade e amizade no seio dos seus colaboradores, no entanto, de acordo com a sua política de gestão é fulcral o investimento sustentado em meios, métodos e boas práticas, que garantam a qualidade de todo o serviço de transporte oferecido ao cliente. Para a promoção deste serviço de forma eficaz, consideram como prioritária a garantia na segurança e proteção de todos os intervenientes enquanto indivíduos, integridade pública, bens, mercadorias do cliente e do meio ambiente, assim como, o cumprimento de toda a legislação e regulamento em vigor nos países nos quais exercem atividade. Todo o sistema de gestão implementado, vigora baseado num correto funcionamento da organização para com as partes interessadas, permitindo assim, uma promoção da melhoria contínua na eficácia do desempenho. Como missão fundamental e transversal ao longo dos anos, pretendem honrar o compromisso de prestação de serviços no setor rodoviário com base em atitudes de excelência, pretendendo e investindo consecutivamente na qualificação dos colaboradores, de forma a capacitá-los para assumir desafios mais complexos.

No cronograma de planeamento definido inicialmente, foi ainda proposta a melhoria do Standard Work dos Trabalhadores das áreas administrativas, da organização Transportes Familiares, tendo como objetivo o aumento da produtividade da equipa administrativa, com a retirada de carga processual de gestores de tráfego, permitindo a eliminação do arquivo considerado como obsoleto. Para atingir estes objetivos, foram normalizadas as tarefas

administrativas, bem como, o ciclo de eliminação do papel, permitindo uma atualização dos Sistemas de Informação transversais à empresa. Da situação inicial, identificou-se que as equipas tinham ausência de Gestão por Indicadores, processos incompletos e com implicações de longas cadeias de aprovação, transparecendo uma comunicação interna, bastante demorada e com pouca eficácia. Estas questões, permitiram concluir que existia assim, falta de otimização do trabalho, verificando-se ausência de automatismos através de Sistemas de Informação Digitais, pois prevalecia até então, o sistema de arquivo de todos os processos pela via do papel. No workshop implementado pelo *Kaizen Institute* na organização Transportes Familiares, para análise dos desvios e causas supracitados, foi avaliado e medido durante um longo período, os tempos de execução das diversas tarefas dos colaboradores, tendo em vista a otimização das suas rotinas diárias, através da redução desses tempos por processo.

Dos processos observados, foi notória a duplicação de pequenas tarefas executadas por diversos colaboradores no âmbito de uma única finalidade. Esta duplicação era justificada pelo desconhecimento da “função” entre colegas significando, portanto, um retrabalho do que outrora já teria sido realizado. Como registo processual exemplificativo do caso referido, salienta-se o Processo de faturação que até à intervenção da equipa de consultores envolvia diversos colaboradores, localizadas em distintas áreas geográficas da Transportes Familiares. Cada elemento deste processo realizava análises de dados e faturação, exportando entre os diversos elementos ficheiros em suporte excel, verificando-se no final que a informação registada e pronta a faturar pelo Departamento de faturação, apenas recebia cerca de um terço de todo o trabalho desenvolvido pelos diversos colaboradores. Assim, e após uma análise cuidada de todo o processo foi estruturado um novo “Processo de Faturação” (figura 12).

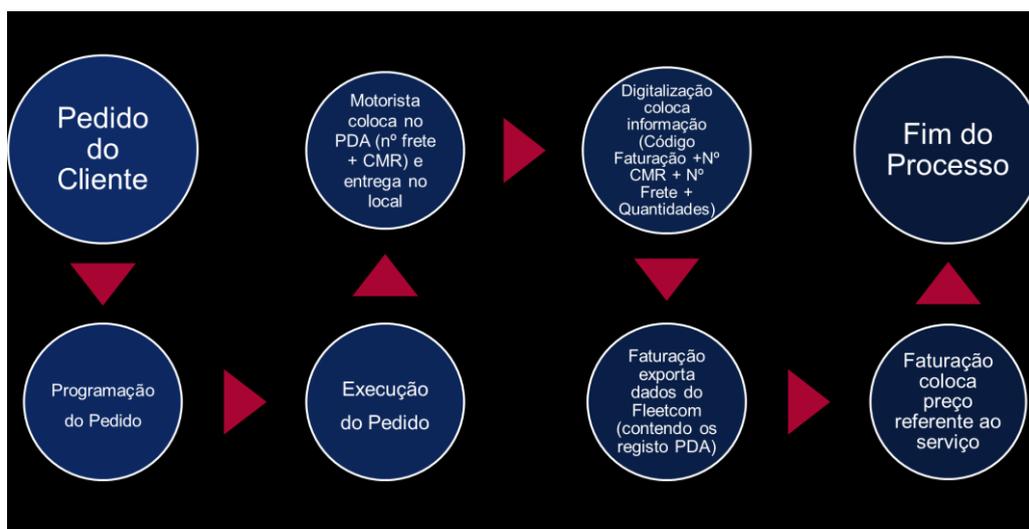


Figura 12 - Novo Processo de Faturação

O processo acima descrito, implicaria assim uma redução do número de colaboradores envolvidos, eliminando potenciais perdas de informação e permitiu uma substancial simplificação de toda a carga administrativa e documental em suporte de papel, inerente até à data no Departamento de Faturação. Deste processo, a informação recolhida baseia-se em dados números obtidos através do equipamento eletrónico PDA (equipamento computacional de pequenas dimensões e atribuído a cada motorista da organização Transportes Familiares), nos quais o detentor do mesmo realiza o registo da seguinte informação:

- N° CMR: número atribuído ao contrato de transporte de mercadoria e habitualmente referido como sendo “Convenção Relativa ao Contrato de Transporte Internacional de Mercadorias por Estrada” (ANTRAM, 2018)
- N° Frete: número atribuído ao veículo a executar o transporte
- Quantidades: refere-se à quantidade/carga de mercadoria transportada

A informação inserida pelo Motorista através do PDA, tem ainda como estrutura relacional e de confirmação da veracidade da informação, o *software Fleetcom* que executa funcionalidades de sistema de informação de gestão de frota da organização. Para implicação de faturação, o colaborador responsável pela desmaterialização do papel e confirmação destes dados fundamentais à faturação, é atribuído um N° de Daturação, distinto de acordo com a mercadoria transportada e cliente ao qual deverá ser imputada a responsabilidade financeira do processo. No cronograma, realizado aquando da venda do projeto de intervenção à Organização Transportes Familiares e que teve como prazo de execução de dois anos, estariam ainda, planeadas, a implementação de ações de melhoria no âmbito do Planeamento de execução, com a redução dos quilómetros percorridos em vazio, bem como, o Planeamento de Capacidade da Frota da organização.

Para este Planeamento de Execução, os objetivos fulcrais do projeto, visavam assim a redução de cerca de 31% do número de quilómetros percorridos em vazio, com consequente otimização do planeamento diário e aumento da taxa de ocupação dos veículos.

Pelo analisado na situação inicial, verificou-se ainda que, cerca de 45% dos quilómetros totais percorridos eram executados em vazio.

Por último, e no âmbito do Planeamento de Capacidade era pretendido como objetivo, a previsão da capacidade necessária para o futuro da organização, bem como, a otimização máxima dos tratores por todas as operações contratualizadas.

Para atingir os objetivos referidos anteriormente, era esperada a redução de cerca de dez veículos, passando pela implementação de vinte e quatro horas de utilização dos tratores,

através do recurso a veículos a três turnos. A uniformização de parte da frota com todos os equipamentos necessários e transversais, tais como bombas, selagens e enroladores. Pretendia-se ainda, o recurso ao histórico, para estabelecimento de previsões relativas aos próximos meses de operação, viabilidade de subcontratação de veículos na eventualidade de ser necessário e ainda a repartição dos mesmos, pelas diversas operações contratualizadas.

5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Segundo estudos apresentados recentemente pela Comissão Europeia, o ano de 2018 tem sido considerado como o “ano da multimodalidade” (Violeta Bulc, Comissária Europeia), tendo como objetivos a redução de CO₂, o congestionamento do setor dos transportes e a poluição atmosférica. Para tal, é esperada a inserção de práticas das novas tecnologias no âmbito da Indústria 4.0 tais como a Digitalização, Incentivo à Inovação, Smart Cities, Ambiente e Eficiência, pois Segundo a Comissária Europeia Violeta Bulc “a multimodalidade no setor dos transportes, ou transporte intermodal refere-se ao uso de diferentes modos (ou meios) de transporte na mesma viagem. O conceito aplica-se tanto ao transporte de mercadorias como ao transporte de passageiros e em ambos os casos, pode ser impulsionado pela tendência crescente da digitalização. A multimodalidade aproveita os pontos fortes dos diferentes modos, como conveniência, velocidade, custo, confiabilidade, previsibilidade etc, em combinação podem oferecer soluções de transporte mais eficientes para pessoas e bens que ajudarão a aliviar a pressão nas nossas estradas congestionadas, e tornar todo o setor mais ecológico, mais seguro e eficiente em termos de custos”, evidenciando assim as enormes potencialidades que traria a todo o setor dos transportes, um investimento eficaz em estratégias de otimização e roteamento de rotas.

Apesar da crescente evolução e diversificação do setor dos transportes na Europa, em Portugal ainda existe um longo caminho a percorrer, pois segundo o atual líder da ANTRAM “o transporte rodoviário é o patinho feio do setor” (Gustavo Paulo Duarte, 2018). Segundo o orador referido, nos programas de incentivo em vigor no “Portugal 2020”, na qual são pretendidas a implementação de medidas no âmbito da inovação e desenvolvimento, o facto de no alvará supracitado estar referido o transporte rodoviário de mercadorias, não existe nenhum plano de investimento do programa do Portugal 2020. No entanto, se este financiamento fosse possível, aumentaria o potencial de redução de tráfego nas estradas, pois medidas como, o investimento em camiões de sessenta toneladas, seria uma potencialidade que permitiria reduzir para metade o número de veículos necessários para o transporte de uma mesma carga. No entanto, no Regime Fiscal de Apoio ao Investimento, é possível que em Portugal todas as empresas que reinvestam os seus lucros no ano transato, tenham benefícios fiscais em função dessa ação. Mas, se a organização em causa pertencer ao Setor Rodoviário de Mercadorias, tal benefício não é permitido, fazendo por isso com que tal investimento por parte das organizações não seja potenciado.

Neste contexto, o objetivo desta Dissertação de Mestrado, visou a implementação de práticas de melhoria contínua numa empresa do setor do Transporte de mercadorias, através do incentivo à otimização de processos de cariz administrativo e de roteamento das operações diárias de uma organização do setor. Conscientiosamente compreendeu-se que estas soluções de melhoria propostas não são implementáveis em todas as organizações pois financeiramente, estruturalmente e organizacionalmente é implicado um grande investimento e crença na Melhoria Contínua como um todo e não apenas como uma simples ferramenta otimizadora.

Uma das soluções práticas em estudo visava a construção de uma abordagem heurística para o problema de dimensionamento e alocação de frota, tendo em conta, o Planeamento de Capacidade e de Execução. Da análise do estudo de caso descrito anteriormente, foi possível concluir que, existe um longo caminho a percorrer no setor dos transportes, pois as restrições necessárias à otimização e execução das tarefas diárias, implicam uma constante atualização das variáveis que condicionam o serviço a realizar.

Devido à extensão do problema identificado e imprevistos penalizadores da intervenção da equipa de consultores a desenvolver funções de melhoria e de acordo com o cronograma de implementação do projeto desenhado pelo *Kaizen Institute* para a Empresa Transportes Familiares, existe ainda muito trabalho a realizar, até que seja possível validar os pressupostos esperados para a afirmação do sucesso do projeto a implementar, pois toda a estrutura processual de sustentação da organização necessitou de intervenção de forma a que aquando da implementação do futuro algoritmo de roteamento de transportes toda a organização esteja alinhada de forma global. No entanto, para um trabalho futuro, espera-se a aplicação de um algoritmo baseado na Pesquisa Local pois da revisão bibliográfica realizada perante o problema em causa conclui-se que a operação a desenvolver seria com base na melhoria sucessiva e de forma contínua de soluções, focalizada em intervalos limitados de soluções ótimas. Estes resultados considerados como ótimos, findarão assim numa seleção influenciada pelas restrições e especificações de aceitação considerados como válidos para o problema em causa. Futuramente espera-se que esta inovação se aplique não só, à situação atual da organização referenciada como Estudo de Caso, mas também, à transversalidade das operações que constituem todo o setor dos transportes, sejam estes, de mercadorias consideradas perigosas, alimentares e ainda de transporte de passageiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abara, J. Applying integer linear programming to the fleet assignment problem, *Interfaces*, 1989.
- Afonso, Mafalda – Otimização de Rotas na Recolha de Resíduos Urbanos. Lisboa, Instituto Superior de Economia e Gestão, 2012.
- Alba, Francisco et. al. Benchmarking para Empresas. Porto: CATIM, 2000
- and Periodic Vehicle Routing Problems. *Operations Research*, v.60, p.611–624.
- Ballou Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- Ballou Ronald H. Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física; Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 388 p., 2009.
- Ballou, R. H., *Business Logistics Management*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NK. 1999.
- Baptista, S et al. A period vehicle routing case study. *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, 2002.
- Benantar, A.; Ouafi, R. – Optimization of Vehicle Routes: an application to logistic and transport of the fuel distribution. France: SIMulation, 2012.
- Benbasat, Izak et. Al. - The Case Research Strategy in Studies of Information Systems Case Research. Minnesota: MIS, 1987
- Bodin, I. D.; Golden. B.; Assad, A.; Ball, M. Routing and scheduling of vehicles and crews: the state of the art. *Computers and Operations Research*, v.10, n.2, 1983.
- Bodin, Lawrence B. Twenty years of routing and scheduling. *Operations Research*, 38(4), pp.571-579, 1990.
- Cargas & Mercadorias, revista Transportes- ano XVI- número 179 – janeiro/fevereiro 2018. Mensal. DL 178390/02. Registo ICS nº 125 418.
- Coelho, André. Otimização de rotas de distribuição: o efeito do combustível. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2017.
- Comunidade lean thinking- A criação de valor através da eliminação do desperdício, 2018.
- Costa, S Gestão de frotas: cada vez mais profissional. *Logística e Transportes Hoje*. 5 de janeiro. Disponível em: <http://www.logisticaetransporteshoje.com/gestao-frotas-vez-profissional>, 2017
- Crosby, P. *Quality is free: The art of making quality certain*, 1980.

CSCMP. Supply Chain Management Terms and Glossary. [Consult Jun 2018]. Disponível em:
URL: <

https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921>

Cunha, Claudio Barbieri da. Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais. Revista Transportes: ANPET, São Paulo, p.51-74, 10 nov. 2000.

Cunha, Claudio Barbieri. da. Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais. São Paulo: EPUSP, Departamento de Engenharia de Transportes. 222p. (Tese de Doutorado), 1997.

Enomoto, L. M. Análise da distribuição física e roteirização em um atacadista do sul de Minas Gerais. Itajubá: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da 46

Garg, R. et al. Optimization by Genetic Algorithm. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 2014.

Gomes, Israel; Rosa, Rodrigo. Modelo Matemático Baseado no Problema de Roteamento de Veículo Periódico aplicado à coleta de resíduos de serviço de saúde (RSS). Brasil, Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

Goulart, Aline – Análise e otimização das rotas de distribuição dos produtos de uma empresa. Brasília. Universidade de Brasília, 2015.

Guimaraes, Thiago et al. A new heuristic approach to solve the capacitated vehicle routing problem. Brasil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

Harris, Rick. Developing a Lean Workplace. New York: Productivity Press, 2007

Imai; Heymans. Gemba Kaizen, 2005

JURAN. Na liderança pela qualidade:um guia para executivos. Brasil: São Paulo Pioneira, 1993. 2ªEdição.

KAIZEN INSTITUTE. About us. 2018 Disponível em: www.kaizen.com/about-us

KAIZEN INSTITUTE. Total Flow Management – Overview. Documentação Interna do Kaizen, 2018

KAIZEN INSTITUTE. Transportes e Distribuição. Documentação Interna do Kaizen Institute, 2018.

Liker, T. The Toyota way: Esensi, 2004.

Lourenço, Helena R. et al. Interated Local Search. Espanha: Universidade de Tecnologia, 2006

MACNEALY, M. S. - Toward better case study research. IEEE Transactions on professional Communication, 1997

Melo, Augusto. A Aplicação de heurísticas para melhoramento de rotas de recolha de RSU no Barreiro. Lisboa. Técnico de Lisboa, 2015.

Melton, T. – The Benefits of Lean Manufacturing, 2005

Mourão, C.M. Optimização de Rotas na Recolha de Resíduos Urbanos. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 1997.

Mourão, M.C. Heuristic Method for a mixed capacitated arc routing problem: A refuse collection application. *European Journal of Operations Research*, 2005.

Naruo, M. K. O Estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos, utilizando Sistemas de Informação Geográficas. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 283p., 2003.

Ohno, T. Toyota Production system: beyond large-scale production, 1988.

Pena, Catarina. Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão num processo de distribuição de combustíveis. Guimarães. Escola de Engenharia, 2017.

Pinho, Ines. Aplicação de uma Heurística para o Dimensionamento e Alocação Macro da Frota numa empresa Rent-a-Car. Lisboa, Técnico de Lisboa, 2018.

Rizzoli, A. E., Montemanni, R., Lucibello, E., & Gambardella, L. M. Ant colony optimization for real-world vehicle routing problems. *Swarm Intelligence*, 1(2), 135–151. Switzerland, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11721-007-0005-x>

Roy, S, J. M. The Capacitated Canadian Postman Problem. 1989

Russel, R.; Taylor, B. Operations Management along the supply chain, 2008

Sherali, et al., A discrete optimization approach for locating Automatic Vehicle Identification readers for the provision of roady travel, 2006

Shook, J. Managing to learn: using the A3 management process to solve problems, gain agreement, mentor and lead. Lean Enterprise Institute, 2008

Spear, S; Bowen, H. Decoding the DNA of the Toyota production system. Harvard Business Review, 1999

Talbi, e. G. Metaheuristics – From Design to Implementation. John Wiley & Sons, 2009

Toth, P., & Vigo, D. (2002). The vehicle routing problem. Society for Industrial and Applied Mathematics. Universidade Federal de Itajubá. (Dissertação de Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção), 2005

Vidal, T.; Crainic, T.G.; Gendreau, M.; Lahrichi, N.; Rei, W. (2012) A Hybrid Genetic Algorithm for Multidepot

Weigel, A. L. – A Book Review: Lean Thinking by Womack and Jones. A Aruleswaran, 2011.

Wu, Luciele. O Problema de Roteirização Periódica de Veículos. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

Yin, R.K- Case Study Research: Design and Methods. California: Sage Publications, 1984

Zoltners, Andris et. al. A empresa gorda. [s.l.]:Atual, 2018.ABARA, J. Applying integer linear programming to the fleet assignment problem, Interfaces, 1989.

ANEXO I – CÓDIGO VBA EM DESENVOLVIMENTO NO ÂMBITO DO PROJETO

```
Imports System.IO
Imports System.Data.OleDb
Imports Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel
Public Class Form1
    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        Dim nDC As Integer
        Dim nCC As Integer
        Dim nmot As Integer
        Dim ntrator As Integer
        Dim nCisterna As Integer
        Dim nmeios As Integer
        Dim npeds As Integer
        Dim veloc_media As Integer
        Dim tempo_desc_var, tempo_desc_fixo As Single
        Dim tempo_1T, tempo_2T As Integer
        Dim _custo_var, _customot, _customeio, receita_km_l As Double
        Call ler_parametros(nDC, nCC, nmot, nCisterna, ntrator, nmeios, npeds, veloc_media,
tempo_desc_var, tempo_1T, tempo_2T, _custo_var, _customot, _customeio, tempo_desc_fixo,
receita_km_l)
        Dim cc(nCC) As CC
        Dim dc(nDC) As Descarga
        Dim Mots(nmot) As Motorista
        Dim Tratores(ntrator) As Trator
        Dim Cisternas(nCisterna) As Cisterna
        Dim Meios(nmeios) As Meio
        Dim pedidos(npeds) As Pedido
        Dim matrizdistanciasCC(nCC * nDC) As Matriz_Distâncias_CC_DC
        Dim matrizdistanciasDC(nDC * nDC) As Matriz_Distâncias_DC_DC
        Call LER_CC(cc, nCC)
        Call LER_DC(dc, nDC)
        Call ler_Distancias_CC(matrizdistanciasCC, cc, nCC, dc, nDC)
        Call ler_Distancias_DC(matrizdistanciasDC, dc, nDC)
        Call LER_Motoristas(Mots, nmot)
        Call LER_Trator(Tratores, ntrator, cc, nCC)
        Call LER_Cisterna(Cisternas, nCisterna)
```

```
Call LER_Meios(Tratores, ntrator, cc, nCC, Cisternas, nCisterna, Mots, nmot, Meios, nmeios,
tempo_1T, tempo_2T)
```

```
Call ler_pedidos(pedidos, npeds, cc, nCC, dc, nDC)
```

```
Call verCCmaisperto(cc, dc, nCC, nDC, matrizdistanciasCC)
```

```
Dim narcos As Integer
```

```
narcos = npeds * nCC
```

```
Dim arcos(narcos) As Arco
```

```
Dim Turnos(nmeios) As Turno
```

```
Dim Viagens(narcos) As Viagem
```

```
Dim pedido_escolhido As Pedido
```

```
pedido_escolhido = Nothing
```

```
Dim contador_arcos As Integer
```

```
Dim Dist_receita As Single
```

```
Dim Receita_TOTAL As Single
```

```
Dim dist_escolhida As Double
```

```
Dim dist_escolhida_semCC As Double
```

```
Dim dist_escolhida_CC As Double
```

```
Call ordenar_meios(Meios, nmeios)
```

```
Call ordenar_pedidos(pedidos, npeds)
```

```
Dim tempo_operacao As Single
```

```
Dim dist_simulada_CC As Double
```

```
Dim dist_simulada As Double
```

```
Dim dist_aux As Double
```

```
Dim horas_turno_aux As Double
```

```
Dim contador_viagem, ordem_viagem, ordem_arco, contador_loop As Integer
```

```
contador_viagem = 0
```

```
For i = 1 To nmeios
```

```
    contador_loop = 0
```

```
    ordem_viagem = 0
```

```
    Turnos(i) = New Turno
```

```
    Turnos(i).Meio = Meios(i)
```

```
    Turnos(i).Total_horas = 0
```

```
    Turnos(i).Total_KM = 0
```

```
    Turnos(i).Viagens = New List(Of Viagem)
```

```
    ' formar uma nova viagem fechar a anterior
```

```

While contador_loop <> 2
    ordem_viagem = ordem_viagem + 1
    contador_viagem = contador_viagem + 1
    Meios(i).LitrosAtual = 0
    Viagens(contador_viagem) = New Viagem
    Viagens(contador_viagem).Arcos = New List(Of Arco)
    ordem_arco = 0
    Viagens(contador_viagem).Ordem = ordem_viagem
    Viagens(contador_viagem).ID_Viagem = contador_viagem
    Viagens(contador_viagem).CC_partida = Meios(i).CC_inicial
    ' encher a viagem
novoarco:
    dist_escolhida = 999999
    pedido_escolhido = Nothing
    For j = 1 To npeds
        If pedidos(j).Cumprimento = False Then
            If pedidos(j).CC_Carga Is Meios(i).CC_inicial Then
                If Meios(i).LitrosAtual + pedidos(j).Qtd <= Meios(i).Cisterna.Capacidade Then
                    If ordem_arco = 0 Then
                        GoTo viagemvazia
                    Else
                        GoTo verificarcompanhia
                    End If
                End If
            End If
        End If
    End For
verificarcompanhia:
    If Viagens(contador_viagem).Companhia = pedidos(j).Companhia Then
viagemvazia:
        ' Imagem
        If Meios(i).Cisterna.Imagem = "N" Or Meios(i).Cisterna.Imagem =
pedidos(j).Companhia Then
            If Meios(i).Trator.Imagem = "N" Or Meios(i).Trator.Imagem =
pedidos(j).Companhia Then
                ' Imagem - Pedido Especial
                If pedidos(j).DC_Descarga.imagem = True And Meios(i).Trator.Imagem =
pedidos(j).Companhia And Meios(i).Cisterna.Imagem = pedidos(j).Companhia Then
                    ' Selagem
                    If (pedidos(j).DC_Descarga.selagem = True And
Meios(i).Cisterna.Selagem = True) Or (pedidos(j).DC_Descarga.selagem = False) Then

```

```

If ordem_arco = 0 And Meios(i).MotoristaT.Turnos = 1 Then
    verdist_CC(dist_simulada, Viagens(contador_viagem).CC_partida,
nCC, nDC, pedidos(j).DC_Descarga, matrizdistanciasCC)
    horas_turno_aux = tempo_1T
    dist_simulada_CC = 0
    tempo_operacao = ((dist_simulada / veloc_media) * 60) +
tempo_desc_var * pedidos(j).Qtd + tempo_desc_fixo + pedidos(j).CC_Carga.Tcarga
ElseIf ordem_arco = 0 And Meios(i).MotoristaT.Turnos = 2 Then
    verdist_CC(dist_aux, Viagens(contador_viagem).CC_partida, nCC,
nDC, pedidos(j).DC_Descarga, matrizdistanciasCC)
    dist_simulada = 2 * dist_aux
    dist_simulada_CC = dist_aux
    horas_turno_aux = tempo_2T
    tempo_operacao = ((dist_simulada / veloc_media) * 60) +
tempo_desc_var * pedidos(j).Qtd + tempo_desc_fixo + pedidos(j).CC_Carga.Tcarga
ElseIf ordem_arco <> 0 And Meios(i).MotoristaT.Turnos = 1 Then
    verdist_DC(dist_simulada, nDC, pedidos(j).DC_Descarga,
arcos(contador_arcos).Descarga2, matrizdistanciasDC)
    horas_turno_aux = tempo_1T
    dist_simulada_CC = 0
    tempo_operacao = ((dist_simulada / veloc_media) * 60) +
tempo_desc_var * pedidos(j).Qtd + tempo_desc_fixo
ElseIf ordem_arco <> 0 And Meios(i).MotoristaT.Turnos = 2 Then
    verdist_DC(dist_simulada, nDC, pedidos(j).DC_Descarga,
arcos(contador_arcos).Descarga2, matrizdistanciasDC)
    verdist_CC(dist_aux, Viagens(contador_viagem).CC_partida, nCC,
nDC, pedidos(j).DC_Descarga, matrizdistanciasCC)
    dist_simulada = dist_simulada + dist_aux
    dist_simulada_CC = dist_aux
    horas_turno_aux = tempo_2T
    tempo_operacao = ((dist_simulada / veloc_media) * 60) +
tempo_desc_var * pedidos(j).Qtd + tempo_desc_fixo
End If
If Meios(i).HorasAtual + tempo_operacao < horas_turno_aux Then
    If dist_escolhida > dist_simulada Then
        pedido_escolhido = pedidos(j)
        dist_escolhida = dist_simulada

```



```

arcos(contador_arcos).Tempo = (dist_CCperto / veloc_media) * 60
arcos(contador_arcos).Hora_Inicial = arcos(contador_arcos - 1).Hora_Final
arcos(contador_arcos).Hora_Final = arcos(contador_arcos).Hora_Inicial +
arcos(contador_arcos).Tempo
' meio mudou de CC
Meios(i).CC_inicial = arcos(contador_arcos).CC_partida
Viagens(contador_viagem).Hora_Final = arcos(contador_arcos).Hora_Final
Viagens(contador_viagem).Arcos.Add(arcos(contador_arcos))

Turnos(i).Viagens.Add(Viagens(contador_viagem))
contador_loop = 0
Else
' Não consegue ir ao cc mais perto carregar --> Dorme na lata
arcos(contador_arcos).Fim = 1
Viagens(contador_viagem).Hora_Final = arcos(contador_arcos).Hora_Final
contador_loop = 2
Turnos(i).Viagens.Add(Viagens(contador_viagem))
End If
Else
' Vai para o CC inicial
' FIM da viagem
' Inciio de outra
contador_arcos = contador_arcos + 1
arcos(contador_arcos) = New Arco
ordem_arco = ordem_arco + 1
arcos(contador_arcos).Ordem = ordem_arco
arcos(contador_arcos).id_Arco = contador_arcos
arcos(contador_arcos).Inicio = 0
arcos(contador_arcos).Fim = 1
arcos(contador_arcos).Descarga1 = arcos(contador_arcos - 1).Descarga
arcos(contador_arcos).CC_partida = Meios(i).CC_inicial
arcos(contador_arcos).Distancia = dist_escolhida_CC
arcos(contador_arcos).Tempo = (dist_escolhida_CC / veloc_media) * 60
arcos(contador_arcos).Hora_Inicial = arcos(contador_arcos - 1).Hora_Final
arcos(contador_arcos).Hora_Final = arcos(contador_arcos).Hora_Inicial +
arcos(contador_arcos).Tempo
Viagens(contador_viagem).Arcos.Add(arcos(contador_arcos))

```

```

Viagens(contador_viagem).Hora_Final = arcos(contador_arcos).Hora_Final

Turnos(i).Viagens.Add(Viagens(contador_viagem))
Meios(i).HorasAtual = Meios(i).HorasAtual + arcos(contador_arcos).Tempo
End If
End If
' Não deu nenhum resultado e já é a segunda vez nesta nova viagem --> Nova Turno/MEIO
ElseIf pedido_escolhido Is Nothing And contador_loop = 1 Then
    contador_loop = contador_loop + 1
    contador_viagem = contador_viagem - 1
    ' Deu resultado - Vamos Juntar o Arco á Viagem
ElseIf pedido_escolhido IsNot Nothing Then
    For p = 1 To npeds
        If pedido_escolhido Is pedidos(p) Then
            pedidos(p).Cumprimento = True
            GoTo foundit
        End If
    Next
foundit:
    contador_loop = 0
    contador_arcos = contador_arcos + 1
    ordem_arco = ordem_arco + 1
    arcos(contador_arcos) = New Arco
    arcos(contador_arcos).Litros = pedido_escolhido.Qtd
    arcos(contador_arcos).Ordem = ordem_arco
    arcos(contador_arcos).id_Arco = contador_arcos
    If ordem_arco = 1 Then
        arcos(contador_arcos).Inicio = 1
        Viagens(contador_viagem).Companhia = pedido_escolhido.Companhia
        arcos(contador_arcos).Tempo = ((arcos(contador_arcos).Distancia) / veloc_media) * 60
+ tempo_desc_fixo + tempo_desc_var * pedido_escolhido.Qtd + pedido_escolhido.CC_Carga.Tcarga
        If ordem_viagem = 1 Then
            arcos(contador_arcos).Hora_Inicial = Meios(i).MotoristaT.Horaentrada
            Viagens(contador_viagem).Hora_Inicial = Meios(i).MotoristaT.Horaentrada
        Else
            arcos(contador_arcos).Hora_Inicial = Viagens(contador_viagem - 1).Hora_Final
            Viagens(contador_viagem).Hora_Inicial = Viagens(contador_viagem - 1).Hora_Final

```

```

        End If
    Else
        arcos(contador_arcos).Tempo = ((arcos(contador_arcos).Distancia) / veloc_media) * 60
+ tempo_desc_fixo + tempo_desc_var * pedido_escolhido.Qtd
        arcos(contador_arcos).Inicio = 0
        arcos(contador_arcos).Descarga1 = arcos(contador_arcos - 1).Descarga2
        arcos(contador_arcos).Hora_Inicial = arcos(contador_arcos - 1).Hora_Final
    End If
    arcos(contador_arcos).Fim = 0
    arcos(contador_arcos).Descarga2 = pedido_escolhido.DC_Descarga
    arcos(contador_arcos).CC_partida = pedido_escolhido.CC_Carga
    arcos(contador_arcos).Distancia = dist_escolhida - dist_escolhida_CC
    arcos(contador_arcos).Hora_Final = arcos(contador_arcos).Hora_Inicial +
arcos(contador_arcos).Tempo
    Meios(i).HorasAtual = Meios(i).HorasAtual + arcos(contador_arcos).Tempo
    Meios(i).LitrosAtual = Meios(i).LitrosAtual + arcos(contador_arcos).Litros
    Viagens(contador_viagem).Arcos.Add(arcos(contador_arcos))
    Viagens(contador_viagem).CC_partida = arcos(contador_arcos).CC_partida
    GoTo novoarco
End If
End While
contador_loop = 0
Next
' MsgBox("")
' Receita
Dim dist_auxiliar, dist_auxiliar_maior As Double
Dim soma_litro As Integer
For i = 1 To contador_viagem
    Receita_TOTAL = Receita_TOTAL + receita_km_1 * dist_auxiliar_maior * 2
    dist_auxiliar_maior = 0
    dist_auxiliar = 0
    For j = 0 To Viagens(i).Arcos.Count - 1
        soma_litro = Viagens(i).Arcos(j).Litros
        If Viagens(i).Arcos(j).Descarga1 Is Nothing Then
            dist_auxiliar = Viagens(i).Arcos(j).Distancia
        ElseIf Viagens(i).Arcos(j).Descarga2 IsNot Nothing And Viagens(i).Arcos(j).Descarga1
IsNot Nothing Then

```

```

        verdist_CC(dist_auxiliar, Viagens(i).CC_partida, nCC, nDC,
Viagens(i).Arcos(j).Descarga2, matrizdistanciasCC)
    End If
    If dist_auxiliar_maior < dist_auxiliar Then
        dist_auxiliar_maior = dist_auxiliar
    End If
Next
Next
' Escrever Resultado
Dim xls As Microsoft.Office.Interop.Excel.Application
Dim xlsWorkBook As Microsoft.Office.Interop.Excel.Workbook
Dim xlsWorkSheet As Microsoft.Office.Interop.Excel.Worksheet
Dim misValue As Object = System.Reflection.Missing.Value
xls = New Microsoft.Office.Interop.Excel.Application
xlsWorkBook = xls.Workbooks.Open("C:\Users\ Ana Reis \Desktop\Resultados.xlsx")
xlsWorkSheet = xlsWorkBook.Sheets("Resultados")
xlsWorkSheet.Range("B5", "L400").Clear()
Dim contadorcelulas As Integer
For i = 1 To nmeios

    For j = 0 To Turnos(i).Viagens.Count - 1
        For v = 0 To Turnos(i).Viagens(j).Arcos.Count - 1
            contadorcelulas = contadorcelulas + 1
            xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 2) = i
            xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 3) = Turnos(i).Viagens(j).ID_Viagem
            xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 4) = Turnos(i).Viagens(j).Companhia
            xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 5) = Turnos(i).Meio.MotoristaT.Nome
            xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 6) = Turnos(i).Meio.Trator.Matricula
            xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 7) = Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Ordem
            If Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).CC_partida IsNot Nothing Then
                xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 8) =
Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).CC_partida.Descricao
            End If
            If Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Descarga1 IsNot Nothing Then
                xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 9) =
Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Descarga1.Descricao
            End If
        Next v
    Next j
Next i

```

```

End If
If Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Descarga2 IsNot Nothing Then
    xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 10) =
Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Descarga2.Descricao
End If
xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 11) = Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Distancia
xlsWorkSheet.Cells(contadorcelulas + 4, 12) = Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Litros
Next
Next
Next
xlsWorkBook.Save()
xlsWorkBook.Close()
xls.Quit()
Dim nmeiosusados As Integer
Dim totalidadekm As Integer
Dim motoristas As Integer
For i = 1 To nmeios
    If Turnos(i).Viagens.Count > 0 Then
        motoristas = motoristas + 1
        If Meios(i).MotoristaT.Turnos = 1 Then
            nmeiosusados = nmeiosusados + 1
        End If
    End If
    For j = 0 To Turnos(i).Viagens.Count - 1
        For v = 0 To Turnos(i).Viagens(j).Arcos.Count - 1
            totalidadekm = Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Distancia + totalidadekm
            Turnos(i).Total_KM = Turnos(i).Total_KM + Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Distancia
            Turnos(i).Total_horas = Turnos(i).Total_horas + Turnos(i).Viagens(j).Arcos(v).Tempo
        Next
    Next
Next
Next
Next
Next
TextBox1.Text = nmeiosusados
TextBox2.Text = motoristas
Dim custototal, custoporkm As Double
custototal = nmeiosusados * _customeio + motoristas * _customot + totalidadekm * _custo_var
custoporkm = custototal / totalidadekm
TextBox3.Text = custoporkm

```

```

    TextBox4.Text = Receita_TOTAL / totalidadekm
    Console.Beep()
    MsgBox("As suas cargas foram atribuídas")
End Sub

Sub verdist_DC(ByRef distanciapedida As Double, ByRef Dc_num As Integer, ByRef Descargas As
Descarga, ByRef Descargas2 As Descarga, ByRef matriz() As Matriz_Distâncias_DC_DC)
    Dim matrizDC() As Matriz_Distâncias_DC_DC
    Dim Dcs2 As Descarga
    Dcs2 = Descargas2
    Dim n_dc As Integer
    n_dc = Dc_num
    matrizDC = matriz
    MsgBox(matrizDC(1).DC_Descarga.Companhia)
    Dim descag As Descarga
    descag = Descargas
    Dim dist As Double
    Dim lengta As Integer
    lengta = n_dc * n_dc
    For a = 1 To lengta
        If matrizDC(a).DC_Descarga2 Is Dcs2 And matrizDC(a).DC_Descarga Is descag Then
            dist = matrizDC(a).Distancia
        End If
    Next
    distanciapedida = dist
End Sub

Sub verdist_CC(ByRef distanciapedida As Double, ByRef CC_carregado As CC, ByRef cc_num As
Integer, ByRef Dc_num As Integer, ByRef Descargas As Descarga, ByRef matriz() As
Matriz_Distâncias_CC_DC)
    Dim matrizCC() As Matriz_Distâncias_CC_DC
    Dim ccs As CC
    ccs = CC_carregado
    Dim n_cc, n_dc As Integer
    n_cc = cc_num
    n_dc = Dc_num
    matrizCC = matriz
    Dim descag As Descarga
    descag = Descargas

```

```

Dim dist As Double
For i = 1 To n_dc
  For j = 1 To n_cc
    Dim a As Integer
    a = 1 + a
    If matrizCC(a).CC_Carga Is ccs And matrizCC(a).DC_Descarga Is descag Then
      dist = matrizCC(a).Distancia
    End If
  Next
Next
Next
distanciapedida = dist
End Sub

Sub verCCmaisperto(ByRef listacc() As CC, ByRef listadc() As Descarga, ByRef numlistCC As
Integer, ByRef numlistDC As Integer, ByRef matriz() As Matriz_Distâncias_CC_DC)
  Dim matrizCC() As Matriz_Distâncias_CC_DC
  Dim Dess() As Descarga
  Dess = listadc
  Dim n_dc As Integer
  n_dc = numlistDC
  Dim Ccss() As CC
  Ccss = listacc
  Dim n_Cc As Integer
  n_Cc = numlistCC
  matrizCC = matriz
  Dim dist As Double
  Dim escolhido As CC
  Dim a As Integer
  a = n_Cc * n_dc
  For j = 1 To n_dc
    dist = 999999
    For i = 1 To a
      If matrizCC(i).DC_Descarga Is Dess(j) And dist > matrizCC(i).Distancia Then
        dist = matrizCC(i).Distancia
        escolhido = matrizCC(i).CC_Carga
      End If
    Next
  Next
  Dess(j).CC_proximo = escolhido

```

```

        'MsgBox(Dess(j).CC_proximo.Descricao)
    Next
    listadc = Dess
End Sub

Sub ordenar_meios(ByRef meios() As Meio, ByRef nmeios As Integer)
    Dim nmeans As Integer
    nmeans = nmeios
    Dim means(nmeans) As Meio
    'MsgBox(meios(1).MotoristaT.Nome)
    means = meios
    Dim aux As Meio
    For i = 1 To nmeans
        For j = i + 1 To nmeans - 1
            If means(i).MotoristaT.Horaentrada > means(j).MotoristaT.Horaentrada Then
                aux = means(i)
                means(i) = means(j)
                means(j) = aux
            End If
        Next
    Next
    For i = 1 To nmeans
        For j = i + 1 To nmeans - 1
            If means(i).MotoristaT.Horaentrada = means(j).MotoristaT.Horaentrada And
means(i).Cisterna.Capacidade > means(j).Cisterna.Capacidade Then
                aux = means(i)
                means(i) = means(j)
                means(j) = aux
            End If
        Next
    Next
End Sub

Sub ordenar_pedidos(ByRef pedidoss() As Pedido, ByRef npedis As Integer)
    Dim nped As Integer
    nped = npedis
    Dim pedis(nped) As Pedido
    pedis = pedidoss
    Dim aux As Pedido

```

```

For i = 1 To nped
  For j = i + 1 To nped - 1
    If pedis(i).Primeirahora > pedis(j).Primeirahora Then
      aux = pedis(i)
      pedis(i) = pedis(j)
      pedis(j) = aux
    End If
  Next
Next
For i = 1 To nped
  For j = i + 1 To nped - 1
    If pedis(i).Primeirahora = pedis(j).Primeirahora And pedis(i).Contador_horas >
pedis(j).Contador_horas Then
      aux = pedis(i)
      pedis(i) = pedis(j)
      pedis(j) = aux
    End If
  Next
Next
End Sub
Sub ler_Distancias_CC(ByRef Distancias() As Matriz_Distâncias_CC_DC, ByRef CC() As CC,
ByRef numCC As Integer, ByRef DC() As Descarga, ByRef numerdescargas As Integer)
  Dim nCCs As Integer
  nCCs = numCC

  Dim CCs(nCCs) As CC
  Dim nDCs As Integer
  nDCs = numerdescargas
  Dim DCs(nDCs) As Descarga
  CCs = CC
  DCs = DC
  Dim matrizdist(nCCs * nDCs) As Matriz_Distâncias_CC_DC
  Dim xlApp As Excel.Application
  Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
  Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
  Dim a As Integer
  xlApp = New Excel.Application

```

```

xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\Ana Reis\Desktop\dist3.xlsx")
xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("Sheet2")
'display the cells value B2
For j = 1 To nCCs
  For i = 1 To nDCs
    a = 1 + a
    matrizdist(a) = New Matriz_Distâncias_CC_DC
    ' If xlWorkSheet.Cells(i + 3, j + 2).value = "" Then
    ' matrizdist(i * j).Distancia = 2000
    ' Else
    matrizdist(a).Distancia = xlWorkSheet.Cells(i + 3, j + 2).valu
  'End If
  For k = 1 To nCCs
    If CCs(k).Id_CC = xlWorkSheet.Cells(3, j + 2).value Then
      matrizdist(a).CC_Carga = CCs(k)
      GoTo Segue22
    End If
  Next
Segue22:
  For k = 1 To nDCs
    If DCs(k).Id_DC = xlWorkSheet.Cells(3 + i, 2).value Then
      matrizdist(a).DC_Descarga = DCs(k)
      GoTo Segue23
    End If
  Next
Segue23:
  Next
Nex
Distancias = matrizdist
xlWorkBook.Close()
xlApp.Quit()
releaseObject(xlApp)
releaseObject(xlWorkBook)
releaseObject(xlWorkSheet)
End Sub
Sub ler_Distancias_DC(ByRef Distancias() As Matriz_Distâncias_DC_DC, ByRef DC() As
Descarga, ByRef numerdescargas As Integer)

```

```

Dim nDCs As Integer
nDCs = numerdescargas
Dim DCs(nDCs) As Descarga
DCs = DC
Dim matrizdist(nDCs * nDCs) As Matriz_Distâncias_DC_DC
Dim xlApp As Excel.Application
Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
xlApp = New Excel.Application
xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\Ana Reis\Desktop\dist3.xlsx")
xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("Sheet2")
'display the cells value B2
Dim a As Integer
For j = 1 To nDCs
    For i = 1 To nDCs
        a = a + 1
        matrizdist(a) = New Matriz_Distâncias_DC_DC
        matrizdist(a).Distancia = xlWorkSheet.Cells(i + 3, j + 14).value
        matrizdist(a).Distancia = xlWorkSheet.Cells(i + 3, j + 14).value
        For k = 1 To nDCs
            If DCs(k).Id_DC = xlWorkSheet.Cells(3, j + 14).value Then
                matrizdist(a).DC_Descarga = DCs(k)
                GoTo Segue22
            End If
        Next
    Next
Segue22:
    For k = 1 To nDCs
        If DCs(k).Id_DC = xlWorkSheet.Cells(3 + i, 2).value Then
            matrizdist(a).DC_Descarga2 = DCs(k)
            GoTo Segue23
        End If
    Next
Segue23:
    Next
Next
Distancias = matrizdist
xlWorkBook.Close()

```

```

xlApp.Quit()
releaseObject(xlApp)
releaseObject(xlWorkBook)
releaseObject(xlWorkSheet)
End Sub

Sub ler_pedidos(ByRef pedidos_clientes() As Pedido, ByRef npedidos As Integer, ByRef CC() As
CC, ByRef numCC As Integer, ByRef DC() As Descarga, ByRef numerdescargas As Integer)
    Dim numero_pedidos As Integer
    numero_pedidos = npedidos
    Dim pedids(numero_pedidos) As Pedido
    Dim nCCs As Integer
    nCCs = numCC
    Dim CCs(nCCs) As CC
    Dim nDCs As Integer
    nDCs = numerdescargas
    Dim DCs(nDCs) As Descarga
    CCs = CC
    DCs = DC
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
    xlApp = New Excel.Application
    xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\Ana Reis\Desktop\Tabelas_Standard_2.xlsx")
    xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("t_pedido_prot")
    'display the cells value B2
    For i = 1 To numero_pedidos
        pedids(i) = New Pedido
        pedids(i).Id_frete = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 3).value
        pedids(i).Data = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 4).value
        pedids(i).Companhia = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 7).value
        pedids(i).Qtd = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 9).value
        pedids(i).Cumprimento = False
        Dim first As Boolean
        first = False
        Dim vetorjanelas As Janelashorarias
        vetorjanelas = New Janelashorarias
        For j = 15 To 62

```

```

pedids(i).Janelahorarias = New List(Of Janelashorarias)
If first = False And xlWorkSheet.Cells(i + 5, j).value = 1 Then
    pedids(i).Primeirahora = xlWorkSheet.Cells(5, j).value
End If
If xlWorkSheet.Cells(i + 5, j).value = 1 Then
    pedids(i).Contador_horas = pedids(i).Contador_horas + 1
End If
vetorjanelas.hora = xlWorkSheet.Cells(5, j).value
vetorjanelas.Abertura = xlWorkSheet.Cells(i + 5, j).value
pedids(i).Janelahorarias.Add(vetorjanelas)
Next
For j = 1 To nCCs
    If CCs(j).Id_CC = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 5).value Then
        pedids(i).CC_Carga = CCs(j)
        GoTo Segue21
    End If
Next
Segue21:
For j = 1 To nDCs
    If DCs(j).Id_DC = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 6).value Then
        pedids(i).DC_Descarga = DCs(j)
        GoTo Segue10
    End If
Next
Segue10:
Next
pedidos_clientes = pedids
xlWorkBook.Close()
xlApp.Quit()
releaseObject(xlApp)
releaseObject(xlWorkBook)
releaseObject(xlWorkSheet)
End Sub

```

```

Sub ler_parametros(ByRef numerodescargas As Integer, ByRef numerocargas As Integer, ByRef
numeromot As Integer, ByRef numeroCis As Integer, ByRef numeroTrat As Integer, ByRef
numeromeios As Integer, ByRef numeroped As Integer, ByRef velocidade_media As Single, ByRef
tempo_desc_variavel As Single, ByRef tempo_abert_1T As Integer, ByRef tempo_abert_2T As Integer,

```

ByRef cost_var As Double, ByRef costmot As Double, ByRef costmeio As Double, ByRef fixed_time As Single, ByRef sales As Double)

Dim nummots, numcis, numtrats, nummeios, numpeds, tempo_1T, tempo_2T, numcrgs, numdescrgs As Integer

Dim veloc_med, tempo_fixo_desc, tempo_desc_v As Single

Dim custo_var, customot, customeio, sales_km_1 As Double

Dim xlApp As Excel.Application

Dim xlWorkBook As Excel.Workbook

Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet

xlApp = New Excel.Application

xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\Ana Reis\Desktop\Tabelas_Standard_2.xlsx")

xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("Parâmetros")

'display the cells value B2

nummots = xlWorkSheet.Cells(4, 10).value

numcis = xlWorkSheet.Cells(5, 10).value

numtrats = xlWorkSheet.Cells(6, 10).value

numcrgs = xlWorkSheet.Cells(8, 10).value

numdescrgs = xlWorkSheet.Cells(7, 10).value

nummeios = xlWorkSheet.Cells(9, 10).value

numpeds = xlWorkSheet.Cells(10, 10).value

tempo_1T = xlWorkSheet.Cells(7, 3).value

tempo_2T = xlWorkSheet.Cells(8, 3).value

veloc_med = xlWorkSheet.Cells(4, 3).value

tempo_desc_v = xlWorkSheet.Cells(5, 3).value

customeio = (xlWorkSheet.Cells(4, 6).value) + (xlWorkSheet.Cells(5, 6).value)

customot = xlWorkSheet.Cells(6, 6).value

custo_var = xlWorkSheet.Cells(7, 6).value

tempo_fixo_desc = xlWorkSheet.Cells(6, 3).value

sales_km_1 = (xlWorkSheet.Cells(4, 7).value)

xlWorkBook.Close()

xlApp.Quit()

releaseObject(xlApp)

releaseObject(xlWorkBook)

releaseObject(xlWorkSheet)

numeromot = nummots

numeroCis = numcis

numeroTrat = numtrats

```
numerocargas = numcrgs
numerodescargas = numdescrgs
numeromeios = nummeios
numeroped = numpeds
tempo_abert_1T = tempo_1T
tempo_abert_2T = tempo_2T
velocidade_media = veloc_med
tempo_desc_variavel = tempo_desc_v
fixed_time = tempo_fixo_desc
cost_var = custo_var
costmot = costumot
costmeio = customeio
sales = sales_km_l
```

End Sub

```
Sub LER_Meios(ByRef Trators() As Trator, ByRef numTrator As Integer, ByRef CC() As CC,
ByRef numCC As Integer, ByRef Cisternas() As Cisterna, ByRef numCist As Integer, ByRef Mot() As
Motorista, ByRef nummot As Integer, ByRef Meios() As Meio, ByRef nummeios As Integer, ByRef
temp_1T As Integer, ByRef temp_2T As Integer)
```

```
Dim tempos_1T, tempos_2T As Integer
```

```
Dim ntrator As Integer
```

```
ntrator = numTrator
```

```
Dim nCCs As Integer
```

```
nCCs = numCC
```

```
Dim nmeios As Integer
```

```
nmeios = nummeios
```

```
Dim ncisternas As Integer
```

```
ncisternas = numCist
```

```
Dim nmotoristas As Integer
```

```
nmotoristas = nummot
```

```
tempos_1T = temp_1T
```

```
tempos_2T = temp_2T
```

```
Dim CCs(nCCs) As CC
```

```
Dim Tratores(ntrator) As Trator
```

```
Dim cisternas(ncisternas) As Cisterna
```

```
Dim Mootoristass(nmotoristas) As Motorista
```

```
Dim Conjuntos(nummeios) As Meio
```

```
CCs = CC
```

```

Tratores = Trators
cisternas = Cisterns
Mootoristass = Mot
Dim xlApp As Excel.Application
Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
xlApp = New Excel.Application
xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\Ana Reis\Desktop\Tabelas_Standard_2.xlsx")
xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("t_Meios_prot")
For i = 1 To nmeios
    Conjuntos(i) = New Meio
    Conjuntos(i).ID_Meio = xlWorkSheet.Cells(i + 4, 3).value
    ' MsgBox(Conjuntos(i).ID_Meio)
    For j = 1 To nCCs
        If CCs(j).Id_CC = xlWorkSheet.Cells(i + 4, 7).value Then
            Conjuntos(i).CC_inicial = CCs(j)
            GoTo Segue2
        End If
    Next
Segue2:
    For j = 1 To ntrator
        If Tratores(j).Matricula = xlWorkSheet.Cells(i + 4, 4).value Then
            Conjuntos(i).Trator = Tratores(j)
            GoTo Segue
        End If
    Next
Segue:
    For j = 1 To ncisternas
        If cisternas(j).Matricula = xlWorkSheet.Cells(i + 4, 5).value Then
            Conjuntos(i).Cisterna = cisternas(j)
            'Conjuntos(i).LitrosAtual = cisternas(j).Capacidade
            GoTo Segue3
        End If
    Next
Segue3:
    For j = 1 To nmotoristas
        Dim valor As Double

```

```

If xlWorkSheet.Cells(i + 4, 6).value.ToString = Mootoristass(j).NIF Then
    Conjuntos(i).MotoristaT = Mootoristass(j)
    ' If Mootoristass(j).Turnos = 1 Then
    ' Conjuntos(i).HorasAtual = tempos_1T
    'ElseIf Mootoristass(j).Turnos = 2 Then
    ' Conjuntos(i).HorasAtual = tempos_2T
    'End If
    GoTo Segue4
End If
Next
Segue4:
Next
'MsgBox(Conjuntos(1).MotoristaT.Nome)
Meios = Conjuntos
xlWorkbook.Close()
xlApp.Quit()
releaseObject(xlApp)
releaseObject(xlWorkbook)
releaseObject(xlWorkSheet)
End Sub
Sub LER_Cisterna(ByRef Cisterns() As Cisterna, ByRef numCist As Integer)
    Dim ncistern As Integer
    ncistern = numCist
    Dim Cists(ncistern) As Cisterna
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlWorkbook As Excel.Workbook
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
    xlApp = New Excel.Application
    xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\Ana Reis\Desktop\Tabelas_Standard_2.xlsx")
    xlWorkSheet = xlWorkbook.Worksheets("t_Cisterna_prot")
    'display the cells value B2
    For i = 1 To ncistern
        Cists(i) = New Cisterna
        Cists(i).Matricula = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 2).value
        Cists(i).Capacidade = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 20).value
        Cists(i).Imagem = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 3).value
        Cists(i).Disponivel = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 4).value
    
```

```

    If xlWorkSheet.Cells(i + 5, 6).value = "S" Then
        Cists(i).Selagem = True
    Else
        Cists(i).Selagem = False
    End If
Next
    Cisterns = Cists
End Sub
Sub LER_Trator(ByRef Trators() As Trator, ByRef numTrator As Integer, ByRef CC() As CC,
ByRef numCC As Integer)
    Dim ntrator As Integer
    ntrator = numTrator
    Dim nCCs As Integer
    nCCs = numCC
    Dim CCs(nCCs) As CC
    Dim Tratores(ntrator) As Trator
    CCs = CC
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
    xlApp = New Excel.Application
    xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\Ana Reis\Desktop\Tabelas_Standard_2.xlsx")
    xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("t_Trator_prot")
    'display the cells value B2
    For i = 1 To ntrator
        Tratores(i) = New Trator
        Tratores(i).Matricula = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 2).value
        Tratores(i).Tipologia = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 3).value
        Tratores(i).Imagem = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 5).value
        Tratores(i).Bomba = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 6).value
        Tratores(i).Enrolador = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 7).value
        Tratores(i).Contador = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 8).value
        Tratores(i).Disponivel = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 9).value
        For j = 1 To nCCs
            If CCs(j).Id_CC = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 4).value Then
                Tratores(i).CC_Base = CCs(j)
                GoTo Segue
            End If
        Next
    Next
End Sub

```

```

        End If
    Next
Segue:
    Next
    Trators = Tratores
    xlWorkBook.Close()
    xlApp.Quit()
    releaseObject(xlApp)
    releaseObject(xlWorkBook)
    releaseObject(xlWorkSheet)
End Sub
Sub LER_Motoristas(ByRef Mot() As Motorista, ByRef nummot As Integer)
    Dim nmotoristas As Integer
    Dim Mots(124) As Motorista
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
    xlApp = New Excel.Application
    xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\
Ana Reis
\Desktop\Tabelas_Standard_2.xlsx")
    xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("t_Motorista_prot")
'display the cells value B2
    nummot = 124
    nmotoristas = nummot
    For i = 1 To nmotoristas
        Mots(i) = New Motorista
        Mots(i).NIF = xlWorkSheet.Cells(i + 2, 2).value
        Mots(i).Nome = xlWorkSheet.Cells(i + 2, 3).value
        Mots(i).Horaentrada = xlWorkSheet.Cells(i + 2, 4).value
        Mots(i).Turno = xlWorkSheet.Cells(i + 2, 5).value
        Mots(i).Turnos = xlWorkSheet.Cells(i + 2, 6).value
        Mots(i).Disponibilidade = xlWorkSheet.Cells(i + 2, 7).value
    Next
    Mot = Mots
    xlWorkBook.Close()
    xlApp.Quit()
    releaseObject(xlApp)

```

```

    releaseObject(xlWorkBook)
    releaseObject(xlWorkSheet)
End Sub
Sub LER_CC(ByRef CC() As CC, ByRef nccs As Integer)
    Dim numcargass As Integer
    numcargass = nccs
    Dim ccs(numcargass) As CC
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlWorkBook As Excel.Workbook
    Dim xlWorkSheet As Excel.Worksheet
    xlApp = New Excel.Application
    xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\ Ana Reis \Desktop\Tabelas_Standard_2.xlsx")
    xlWorkSheet = xlWorkBook.Worksheets("t_CCarga")
    'display the cells value B2
    For i = 1 To numcargass
        ccs(i) = New CC
        ccs(i).Id_CC = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 3).value
        ccs(i).Descricao = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 4).value
        ccs(i).Coordenadas = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 5).value
        ccs(i).Tcarga = xlWorkSheet.Cells(i + 5, 10).value
        Dim first As Boolean
        first = False
        Dim vetorjanelas As New Janelashorarias
        For j = 11 To 58
            ccs(i).Janelahorarias = New List(Of Janelashorarias)
            If first = False And xlWorkSheet.Cells(i + 5, j).value = 1 Then
                ccs(i).Primeirahora = xlWorkSheet.Cells(5, j).value
            End If
            If xlWorkSheet.Cells(i + 5, j).value = 1 Then
                ccs(i).Contador_horas = ccs(i).Contador_horas + 1
            End If
            vetorjanelas.hora = xlWorkSheet.Cells(5, j).value
            vetorjanelas.Abertura = xlWorkSheet.Cells(i + 5, j).value
            ccs(i).Janelahorarias.Add(vetorjanelas)
        Next
    Next
    CC = ccs

```

```

xlWorkbook.Close()
xlApp.Quit()
releaseObject(xlApp)
releaseObject(xlWorkbook)
releaseObject(xlWorksheet)
End Sub
Private Sub releaseObject(ByRef obj As Object)
    Try
        System.Runtime.InteropServices.Marshal.ReleaseComObject(obj)
        obj = Nothing
    Catch ex As Exception
        obj = Nothing
    Finally
        GC.Collect()
    End Try
End Sub
Sub LER_DC(ByRef DC() As Descarga, ByRef numerdescargas As Integer)
    Dim numDCS As Integer
    numDCS = numerdescargas
    Dim dcs(numDCS) As Descarga
    Dim xlApp As Excel.Application
    Dim xlWorkbook As Excel.Workbook
    Dim xlWorksheet As Excel.Worksheet
    xlApp = New Excel.Application
    xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Open("C:\Users\
Ana Reis
\Desktop\Tabelas_Standard_2.xlsx")
    xlWorksheet = xlWorkbook.Worksheets("t_Descargas_prot")
    For i = 1 To numDCS
        dcs(i) = New Descarga
        dcs(i).Id_DC = xlWorksheet.Cells(i + 4, 2).value
        dcs(i).Codigo_interno = xlWorksheet.Cells(i + 4, 3).value
        dcs(i).Companhia = xlWorksheet.Cells(i + 4, 4).value
        dcs(i).Descricao = xlWorksheet.Cells(i + 4, 5).value
        dcs(i).Coordenadas = xlWorksheet.Cells(i + 4, 6).value
        dcs(i).Localidade = xlWorksheet.Cells(i + 4, 7).value
        dcs(i).Codigo_postal = xlWorksheet.Cells(i + 4, 8).value
        dcs(i).Morada = xlWorksheet.Cells(i + 4, 9).value
    
```

```

dcs(i).Tdescargaf = xlWorkSheet.Cells(i + 4, 16).value
If xlWorkSheet.Cells(i + 4, 10).value = 1 Then
    dcs(i).imagem = True
Else
    dcs(i).imagem = False
End If
If xlWorkSheet.Cells(i + 4, 11).value = 1 Then
    dcs(i).carro_pequeno = True
Else
    dcs(i).carro_pequeno = False
End If
If xlWorkSheet.Cells(i + 4, 12).value = 1 Then
    dcs(i).selagem = True
Else
    dcs(i).selagem = False
End If
If xlWorkSheet.Cells(i + 4, 13).value = 1 Then
    dcs(i).bomba = True
Else
    dcs(i).bomba = False
End If
If xlWorkSheet.Cells(i + 4, 14).value = 1 Then
    dcs(i).enrolador = True
Else
    dcs(i).enrolador = False
End If
If xlWorkSheet.Cells(i + 4, 15).value = 1 Then
    dcs(i).contador = True
Else
    dcs(i).contador = False
End If
Dim first As Boolean
first = False
Dim vetorjanelas As New Janelashorarias
For j = 17 To 64
    dcs(i).Janelahorarias = New List(Of Janelashorarias)
    If first = False And xlWorkSheet.Cells(i + 4, j).value = 1 Then

```

```

        dcs(i).Primeirahora = xlWorkSheet.Cells(4, j).value
    End If
    If xlWorkSheet.Cells(i + 4, j).value = 1 Then
        dcs(i).Contador_horas = dcs(i).Contador_horas + 1
    End If
    vetorjanelas.hora = xlWorkSheet.Cells(4, j).value
    vetorjanelas.Abertura = xlWorkSheet.Cells(i + 4, j).value
    dcs(i).Janelahorarias.Add(vetorjanelas)
Next
    Next
    DC = dcs
    xlWorkBook.Close()
    xlApp.Quit()
    releaseObject(xlApp)
    releaseObject(xlWorkBook)
    releaseObject(xlWorkSheet)
End Sub
Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
End Sub
Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click
    System.Diagnostics.Process.Start("C:\Users\ Ana Reis \Desktop\Resultados.xlsx")
End Sub
End Class

```

