

Implementação de um Modelo de Avaliação de Desempenho na Gestão de Frota

PEDRO MANUEL OLIVEIRA ALMEIDA
(Licenciado em Engenharia e Gestão Industrial)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador:

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Vogais:

Doutor Pedro Domingos Belo Carmona Marques

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Julho de 2025

Implementação de um Modelo de Avaliação de Desempenho na Gestão de Frota

PEDRO MANUEL OLIVEIRA ALMEIDA
(Licenciado em Engenharia e Gestão Industrial)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador:

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Politécnico de Lisboa

Júri:

Presidente:

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Politécnico de Lisboa

Vogais:

Doutor Pedro Domingos Belo Carmona Marques
Universidade Lusófona

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Politécnico de Lisboa

Agradecimentos

Com a conclusão desta dissertação, encerra-se também uma das fases mais marcantes da minha vida académica e pessoal: a conclusão do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Foram cinco anos de aprendizagem intensa, desafios superados e memórias que levarei comigo para sempre.

Ao meu orientador, o professor António Abreu, deixo um sincero agradecimento pela orientação rigorosa, disponibilidade e pelas orientações técnicas e críticas construtivas que contribuíram de forma decisiva para a concretização deste trabalho.

À minha família, o meu mais profundo obrigado, em especial à minha mãe, por todo o apoio incondicional, paciência e incentivo ao longo destes anos. Este percurso é tanto meu como teu.

Por fim, deixo uma palavra especial aos meus amigos que fizeram parte desta caminhada, os que estiveram desde início e os que se cruzaram no caminho. A vossa presença tornou esta jornada muito mais memorável.

.....

Declaração de integridade

Declaro que esta(e) dissertação / trabalho de projeto / relatório de estágio é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor

Lisboa, 20 de junho de 2025

Implementação de um Modelo de Avaliação de Desempenho na Gestão de Frota

Resumo

Num mercado cada vez mais competitivo, assegurar a disponibilidade operacional de uma frota é fundamental para garantir a eficiência das operações logísticas e a satisfação dos clientes. Neste contexto, a presente dissertação teve como principal objetivo analisar o impacto das atividades de manutenção na disponibilidade de uma frota de veículos, propondo melhorias que reduzam os períodos de indisponibilidade provocados.

Para tal, foram estudados conceitos essenciais de gestão de frotas, manutenção preventiva e corretiva, bem como a importância do planeamento eficiente e da medição de desempenho para a redução de ineficiências. Com base nesta revisão teórica, foi desenvolvido um modelo de análise capaz de identificar os principais fatores que influenciam a disponibilidade e de propor estratégias de melhoria.

A aplicação prática do modelo a uma frota real permitiu a recolha e tratamento de dados de manutenção, evidenciando o impacto significativo que uma gestão de manutenção pouco eficiente pode ter. No caso estudado, o total de horas de indisponibilidade registadas revelou-se bastante superior ao objetivo definido pela empresa, confirmando a necessidade de melhorias.

Os resultados obtidos indicam que, através de um planeamento mais estruturado e de uma maior antecipação das intervenções, seria possível reduzir consideravelmente o tempo de inatividade dos veículos e, conseqüentemente, melhorar a disponibilidade operacional.

De forma geral, este trabalho demonstrou a importância de uma abordagem sistemática à gestão da manutenção, reforçando a ideia de que a eficiência nesta área é um fator determinante para o desempenho global das operações.

Palavras-chave: Disponibilidade, Desempenho, Manutenção, Frota

Implementação de um Modelo de Avaliação de Desempenho na Gestão de Frota

Abstract

In an increasingly competitive market, ensuring the operational availability of a fleet is fundamental to guaranteeing efficient logistics operations and customer satisfaction. In this context, the main aim of this dissertation was to analyse the impact of maintenance activities on the availability of a fleet of vehicles, proposing improvements to reduce the periods of unavailability caused.

To this end, essential concepts of fleet management, preventive and corrective maintenance were studied, as well as the importance of efficient planning and performance measurement to reduce inefficiencies. Based on this theoretical review, an analysis model was developed capable of identifying the main factors influencing availability and proposing improvement strategies.

The practical application of the model to a real fleet allowed maintenance data to be collected and processed, highlighting the significant impact that inefficient maintenance management can have. In the case studied, the total hours of unavailability recorded proved to be much higher than the target set by the company, confirming the need for improvement.

The results obtained indicate that through more structured planning and greater anticipation of interventions, it would be possible to considerably reduce vehicle downtime and, consequently, improve operational availability.

Overall, this work has demonstrated the importance of a systematic approach to maintenance management, reinforcing the idea that efficiency in this area is a determining factor in the overall performance of operations.

Keywords: Availability, Performance, Maintenance, Fleet

Lista de Símbolos e de Siglas

Siglas

CBM - Condition Based Maintenance

FMEA - Failure Mode and Effects Analysis

FSAP - Fleet Size Allocation Problem

IAEA - International Atomic Energy Agency

KPI - Key Performance Indicator

MTBF - Mean Time Between Failures

MTBM - Mean Time Between Maintenance

MTTR - Mean Time To Repair

RCM - Reliability Centered Maintenance

SMART - Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound

TMC - Technology & Maintenance Council

VMRS - Vehicle Maintenance Reporting Standard

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.3	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	3
2	ESTADO DA ARTE	5
2.1	GESTÃO DE FROTA	5
2.1.1	<i>Contextualização Histórica</i>	5
2.1.2	<i>Conceito de gestão de frota</i>	6
2.1.3	<i>Importância e desafios da gestão de frota</i>	7
2.1.4	<i>Práticas da gestão de frota</i>	8
2.1.5	<i>O papel da gestão de frota no setor de aluguer de automóveis</i>	12
2.1.5.1	Desafios associados à gestão de frota no setor de aluguer de automóveis	17
2.1.5.2	Conjunto de fatores que influenciam uma gestão de frota eficiente	19
2.2	MANUTENÇÃO E RESPECTIVA INFLUÊNCIA NA GESTÃO DE FROTA	22
2.2.1	<i>Conceito de manutenção</i>	22
2.2.2	<i>História e evolução da manutenção</i>	24
2.2.3	<i>Objetivos e Importância da manutenção</i>	26
2.2.4	<i>Tipos de manutenção</i>	28
2.2.4.1	Manutenção corretiva	29
2.2.4.2	Manutenção Preventiva	30
2.2.4.3	Manutenção Preventiva Sistemática	32
2.2.4.4	Manutenção Preventiva Condicionada	32
2.2.5	<i>Padrões de Falha</i>	33
2.2.6	<i>Modelos de Gestão da Manutenção</i>	36
2.2.6.1	Manutenção Centrada na Fiabilidade – RCM	36
2.2.6.2	Manutenção Baseada na Condição – CBM	38
2.2.7	<i>Impacto da manutenção na disponibilidade operacional de uma frota</i>	39
2.3	DISPONIBILIDADE	41
2.3.1	<i>Conceito de disponibilidade</i>	41
2.3.2	<i>Estados da disponibilidade</i>	43
2.3.3	<i>Classificação de disponibilidade</i>	46
2.3.4	<i>Fatores operacionais que afetam a disponibilidade da frota</i>	48
3	MODELO DE APLICAÇÃO	51
3.1	ESTRUTURA DO MODELO DE APLICAÇÃO	52
3.2	DEFINIÇÃO DE KPI'S	54
3.3	RECOLHA DE DADOS LIGADOS AOS KPI'S	55
3.4	ANÁLISE DE DADOS E DEFINIÇÃO DE METAS PARA CADA KPI	56

3.5	MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO	57
3.6	PROPOSTAS DE MELHORIA	58
4	CASO DE ESTUDO.....	61
4.1	ÂMBITO E CONTEXTUALIZAÇÃO.....	61
4.2	DEFINIÇÃO DE KPI'S	63
4.3	RECOLHA DE DADOS LIGADOS A KPI'S	64
4.4	ANÁLISE DE DADOS E DEFINIÇÃO DE METAS PARA CADA KPI.....	68
4.4.1	<i>Situação atual.....</i>	<i>68</i>
4.4.2	<i>Definição de metas para cada KPI</i>	<i>73</i>
4.5	ANÁLISE DO IMPACTO DA MANUTENÇÃO.....	76
4.6	PROPOSTA DE MELHORIA	86
5	CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	91
5.1	CONCLUSÕES	91
5.2	TRABALHO FUTURO	92
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
	ANEXO A - TABELA DOS DADOS REGISTRADOS	101
	ANEXO B – DURAÇÃO REAL VS DURAÇÃO DA INTERVENÇÃO	106

Índice de Figuras

FIGURA 2.1 - A PROBLEMÁTICA DA GESTÃO DE FROTA NAS EMPRESAS DE ALUGUER DE AUTOMÓVEIS, FONTE: ADAPTADO DE OLIVEIRA (2018).....	16
FIGURA 2.2 - ICEBERGUE DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO, FONTE: ADAPTADO DE MARQUES (2009).....	24
FIGURA 2.3 - EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO, FONTE: (TROMBETA, 2017)	26
FIGURA 2.4 - GRÁFICO DE LUCRO VS DISPONIBILIDADE, FONTE: ADAPTADO DE (MURTY & NAIKAN, 1995)	27
FIGURA 2.5 - CLASSIFICAÇÃO DE MANUTENÇÃO, FONTE: ADAPTADO DE (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2021)	29
FIGURA 2.6 - PROCESSO DE REPARAÇÃO SEGUINDO UMA POLÍTICA DE MANUTENÇÃO CORRETIVA, FONTE: ADAPTADO DE ASSIS (2014)	30
FIGURA 2.7 - PROCESSO ESTRUTURADO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA, FONTE: ADAPTADO DE DHILLON (2002) .	31
FIGURA 2.8 - PADRÃO DE FALHAS A, CURVA DA BANHEIRA, FONTE: ADAPTADO DE (MARINELLI, 2022)	34
FIGURA 2.9 - PADRÃO DE FALHAS B, FONTE: ADAPTADO DE MOUBRAY (2017)	34
FIGURA 2.10 - PADRÃO DE FALHAS C, FONTE: ADAPTADO DE MOUBRAY (2017).....	35
FIGURA 2.11 - PADRÃO DE FALHAS D, FONTE: ADAPTADO DE (MOUBRAY, 2017)	35
FIGURA 2.12 - PADRÃO DE FALHAS E, FONTE: ADAPTADO DE MOUBRAY (2017).....	35
FIGURA 2.13 - PADRÃO DE FALHAS F, FONTE: ADAPTADO DE (MOUBRAY, 2017)	36
FIGURA 2.14 - ESTADOS DE DISPONIBILIDADE, FONTE: ADAPTADO DE CABRITA ET AL. (2015)	44
FIGURA 2.15 - CATEGORIAS DE TEMPO UTILIZADOS PARA CALCULAR A DISPONIBILIDADE OPERACIONAL, FONTE: ADAPTADO DE PRYOR (2008).....	45
FIGURA 2.16 - ELEMENTOS DA EFICÁCIA DE UM SISTEMA, FONTE: ADAPTADO DE OPAH (2004)	46
FIGURA 3.1 - REPRESENTAÇÃO DO CICLO PDCA, FONTE: ALENCAR (2020)	53
FIGURA 3.2 - ESQUEMA DO MODELO PROPOSTO, FONTE: (ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	53
FIGURA 3.3 – QUADRANTES DE UMA MATRIZ IMPACTO/ESFORÇO, FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA.....	59
FIGURA 4.1 - GRÁFICO DA RELAÇÃO INDISPONIBILIDADE VS NÚMERO DE RESERVAS	78
FIGURA 4.2 - INDISPONIBILIDADE POR MODELO E POR SUBTIPO DE MANUTENÇÃO.....	80
FIGURA 4.3 - NÚMERO DE INTERVENÇÕES DE CADA SUBTIPO POR MODELO DE VEÍCULO.....	80
FIGURA 4.4 - IMPACTO/ESFORÇO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO, FONTE: (ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	90

Índice de Tabelas

TABELA 2.1 - RELAÇÃO ENTRE FIABILIDADE, MANUTIBILIDADE E DISPONIBILIDADE, FONTE: CANUTO (2009)	42
TABELA 2.2 - PRINCÍPIOS GERAIS DA MANUTIBILIDADE E FIABILIDADE, FONTE: DHILLON (2006)	43
TABELA 4.1 - EXCERTO DOS DADOS REGISTRADOS	69
TABELA 4.2 - NÚMERO TOTAL DE INTERVENÇÕES POR MODELO E RESPETIVAS PERCENTAGENS.....	70
TABELA 4.3 - NÚMERO TOTAL DE HORAS DE INDISPONIBILIDADE POR MODELO E RESPETIVAS PERCENTAGENS	72
TABELA 4.4 - ANÁLISE DE INDISPONIBILIDADE POR TIPO DE MANUTENÇÃO E POR MODELO	73
TABELA 4.5 - TEMPO ESTABELECIDO POR TIPO DE INTERVENÇÃO.....	75
TABELA 4.6 INDICADORES GLOBAIS POR VEÍCULO.....	76
TABELA 4.7 - DURAÇÃO DA INTERVENÇÃO VS DURAÇÃO REAL	82
TABELA 4.8 - CLASSIFICAÇÃO EMPÍRICA DOS COMPONENTES SEGUNDO PADRÕES DE FALHA	85

1 Introdução

O primeiro capítulo desta dissertação organiza-se em três subcapítulos e destina-se a introduzir e contextualizar o tema em estudo.

No primeiro subcapítulo é apresentado o enquadramento geral do tema. De seguida, são definidos os objetivos a que a presente dissertação se propõe. Por fim, é apresentada a estrutura do documento, resumindo os conteúdos dos capítulos que o compõem.

1.1 Enquadramento

A crescente complexidade das cadeias logísticas e a elevada competitividade do setor dos transportes têm vindo a acentuar a importância da gestão eficiente de ativos móveis, em particular das frotas de veículos. A disponibilidade da frota assume-se como um fator determinante para o desempenho operacional e para a capacidade de resposta das empresas face às exigências do mercado. A minimização de períodos de inatividade torna-se, assim, um objetivo estratégico, tendo impacto direto na produtividade, na qualidade do serviço prestado e na satisfação do cliente final.

Neste contexto, a manutenção de veículos revela-se um dos pilares fundamentais da gestão de frotas, sendo responsável por assegurar que os ativos permanecem operacionais e seguros durante o maior tempo possível. Para isso, é necessário adotar uma abordagem sistemática e baseada em dados, que permita compreender o comportamento dos ativos ao longo do tempo, antecipar falhas, e otimizar as intervenções de manutenção com base na criticidade dos componentes, no seu histórico de falhas e nas condições reais de operação.

A evolução da manutenção industrial e automotiva tem acompanhado os desafios trazidos pela globalização e pela exigência de processos mais fiáveis e eficientes. Estratégias como a Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) ou a Manutenção Baseada na Condição (CBM) têm sido amplamente adotadas, pois permitem alinhar as ações de manutenção com os objetivos estratégicos da organização, reduzindo custos,

umentando a vida útil dos ativos e melhorando indicadores como o MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair) e a disponibilidade operacional.

A adoção destas metodologias requer, no entanto, um conhecimento aprofundado dos ativos e dos processos de negócio, bem como a capacidade de recolher e analisar dados relevantes para suportar a tomada de decisão.

Além disso, a gestão de frotas enfrenta desafios específicos, como a variação do perfil de utilização dos veículos, condições de operação adversas, e a complexidade logística associada à imobilização de ativos. Estes fatores reforçam a necessidade de uma manutenção planeada, preventiva sempre que possível, e corretamente priorizada segundo a criticidade dos ativos. A indisponibilidade de veículos, mesmo que temporária, pode comprometer toda a operação e originar perdas financeiras significativas.

Neste cenário, torna-se imperativo aprofundar o conhecimento sobre o impacto da manutenção na disponibilidade operacional de frotas, utilizando dados reais para fundamentar a análise e propor estratégias de melhoria. A identificação dos principais fatores que originam a indisponibilidade, bem como a análise crítica dos processos atuais de manutenção, são passos essenciais para uma gestão de ativos mais eficaz, orientada para a excelência operacional e para a criação de valor sustentável para a organização.

1.2 Objetivos

A presente dissertação surge com o principal objetivo de analisar o impacto das atividades de manutenção na disponibilidade operacional de uma frota, com base na recolha e tratamento de dados reais.

Desta forma, propõe-se identificar os principais fatores que contribuem para a indisponibilidade dos veículos e propor estratégias de melhoria orientadas para a otimização do planeamento e consequente execução das intervenções de manutenção. Para atingir este objetivo, foram definidas as seguintes metas específicas:

- Avaliar o impacto dos diferentes tipos de manutenção, preventiva e corretiva, na disponibilidade da frota;
- Identificar padrões de indisponibilidade e ineficiências associadas à respetiva execução;
- Propor medidas de melhoria com base na análise dos dados obtidos.

1.3 Estrutura do documento

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos, desenvolvidos de forma sequencial e lógica, de modo a garantir uma abordagem clara e coerente do tema em estudo.

O capítulo 1 introduz o leitor ao enquadramento do tema, apresentando a relevância da manutenção na disponibilidade operacional de frotas, os objetivos do trabalho e a estrutura adotada para o seu desenvolvimento. Este capítulo contextualiza a problemática e define os fundamentos sobre os quais o estudo se desenvolve.

O capítulo 2 é composto pelo estado de arte, onde são explorados os principais conceitos teóricos e práticos que sustentam esta investigação. São abordadas as temáticas associadas à gestão de frota, manutenção e disponibilidade. Esta revisão permite fundamentar o trabalho e identificar lacunas e oportunidades de melhoria.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia proposta para atingir os objetivos definidos. Nesta secção, são descritas as diferentes etapas que compõem a abordagem do estudo, desde a definição e estruturação do problema até à elaboração de um modelo de análise. Esta metodologia visa construir uma base sólida para compreender de que forma as práticas de manutenção influenciam a disponibilidade dos veículos de uma frota.

O capítulo 4 é dedicado à análise do caso de estudo, com base na aplicação prática do modelo desenvolvido. Este capítulo inclui o levantamento e tratamento de dados reais, a avaliação dos resultados obtidos, a identificação de padrões de falha e de ineficiências no processo de manutenção, bem como a proposta de ações de melhoria

Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões e considerações finais do presente estudo.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Gestão de Frota

2.1.1 Contextualização Histórica

A gestão de frota é uma área que tem evoluído bastante ao longo dos anos, adaptando-se às mudanças, às necessidades das empresas e às inovações tecnológicas na área automóvel.

No início do século XX a gestão de frota era realizada através de processos manuais e registos em papel para supervisionar e controlar as manutenções, o consumo de combustível e os custos operacionais de cada veículo. O recurso exclusivo a processos manuais abria espaço para erros humanos e falhas de comunicação o que, à medida que a área automóvel e logística ia evoluindo, se demonstrou inapropriado em vários aspetos na gestão de frota. Partindo desse ponto, a digitalização tornou-se uma consequência não só inevitável, mas também essencial para simplificar as operações relacionadas com a gestão de frota (Josh, 2023).

No decorrer do século, existiram vários avanços significativos nas tecnologias utilizadas na gestão de frota. Nos anos 70, o *Technology & Maintenance Council* (TMC) desenvolveu o *Vehicle Maintenance Reporting Standard* (VMRS), uma iniciativa que visava padronizar a categorização da manutenção dos veículos para auxiliar na respetiva gestão. Nessa mesma altura, a *Ford*, *Chrysler* e *General Motors*, empresas atualmente conhecidas a nível mundial, implementaram um novo sistema de encomendas, que permitia aos clientes efetuar as encomendas eletronicamente ao fabricante. Este feito marcou os primeiros passos em direção ao uso de tecnologias de telemática na gestão de frota. A telemática, que combina tecnologias de telecomunicações e informática, permitiu a recolha e transmissão remota de dados sobre os veículos, representando uma mudança significativa na forma como as informações sobre os veículos eram registadas e geridas.

A introdução de sistemas de rastreamento por GPS, telemática e software de gestão de frota revolucionaram a forma como as empresas geriam a sua frota e por esse mesmo motivo marcaram uma nova era nessa área (Rachel Plant, 2022).

2.1.2 Conceito de gestão de frota

O termo “gestão de frota” refere-se a um conjunto de tarefas que inclui o planeamento, orçamentação, aquisição de viaturas, a sua gestão durante o ciclo de vida útil e por fim a venda e/ou substituição das mesmas. Entre estes momentos, estão incluídas várias responsabilidades operacionais, destacando-se a gestão da manutenção e reparações, substituição e armazenagem de pneus, gestão de combustível, controlo de impostos, inspeções, seguros, gestão de acidentes, entre outras atividades relacionadas com os condutores, como por exemplo, a verificação da carta de condução. Estas funções podem ser desempenhadas internamente por um profissional dedicado ou podem ser externalizadas a uma empresa especializada em gestão de frotas (Akkartal & Aras, 2021).

Segundo Krantz & Jonker (2023), a gestão de frotas engloba os sistemas, processos e ferramentas necessários para garantir que a frota de veículos de uma organização seja mantida ao longo de todo o seu ciclo de vida. Isto inclui atividades como aquisição de veículos, manutenção preventiva, gestão de condutores, implementação de programas de combustível e conformidade com regulamentações. Acrescentam que através de uma gestão de frotas adequada, as organizações podem melhorar a eficiência, reduzir custos e garantir que o seu negócio esteja em conformidade com as regulamentações mais recentes.

À semelhança dos dois autores referidos anteriormente, Gitahi & Ogollah (2014) defendem que a gestão de frota pode ser defendida como o processo de monitorização e melhoria da eficiência operacional de uma frota de transporte, englobando viaturas ligeiras, camiões, carrinhas ou embarcações. Envolve várias áreas, nomeadamente financiamento de veículos, manutenção, telemetria, gestão de motoristas e turnos, gestão de ativos, controlo de velocidade, gestão de combustível e segurança. Acrescentam ainda que o principal objetivo da gestão de frota é minimizar os custos associados à operação e aos recursos humanos, ao mesmo tempo que se reduzem os riscos inerentes à utilização dos veículos.

Por outras palavras, é a forma como uma empresa ou organização mantém a sua frota de veículos a operacionalizar no presente e no futuro de forma estável (Laura Hennigan & Rob Watts, 2024).

Nesse sentido Besiou et al.(2012) defendem que uma estratégia de gestão de frotas orientada para a sustentabilidade deve procurar minimizar o impacto ambiental, integrando veículos e combustíveis mais limpos, promovendo uma condução eficiente.

2.1.3 Importância e desafios da gestão de frota

A gestão de frota abrange um vasto conjunto de atividades essenciais para assegurar a operação eficiente e sustentável de uma frota de veículos.

De acordo com Pedraza Martinez et al. (2011), uma gestão de frota eficaz permite às empresas que dependem de grandes frotas, como caminhões, viaturas ligeiras e equipamento de construção, coordenar e organizar os seus ativos de forma a melhorar o desempenho operacional e reduzir os custos de funcionamento.

Para além disso, muitas empresas recorrem a estratégias de gestão de frota como forma de melhorar o desempenho ambiental das suas operações, colaborando com fornecedores e clientes para implementar soluções mais sustentáveis. Segundo McKinoon et al. (2015), os principais objetivos da gestão de frota passam por promover comportamentos empresariais ambientalmente responsáveis ao longo da cadeia de valor e garantir que todos os intervenientes cumprem critérios de desempenho ambiental definidos, apoiando também os seus próprios processos de melhoria continua.

Nos últimos anos, os desafios desta área evoluíram, já não se limitam à eficiência de custos, como também incluem a capacidade de resposta às exigências dos clientes, flexibilidade e adaptação a requisitos em constante mudança.

Zeimpekis et al. (2007) referem que os sistemas tradicionais de gestão de frota, apesar de terem evoluído, enfrentam dificuldades significativas na criação de planos de rotas eficazes que respondam à complexidade dos contextos reais. Acresce que fatores internos e externos, como flutuações de mercado, alterações na legislação ou eventos imprevistos, podem afetar profundamente a operação das empresas. Borirug et al. (2009) defendem que, por isso mesmo, as organizações devem estar preparadas para responder de forma rápida e eficiente aos desafios da concorrência.

A estes somam-se ainda desafios contemporâneos emergentes que exigem respostas estratégicas cada vez mais complexas por parte das organizações. Sayed & Sayed (2020) destacam os seguintes:

- 1. Escassez de condutores qualificados:** A dificuldade crescente em recrutar e reter motoristas capacitados afeta diretamente a capacidade operacional das empresas, comprometendo a fiabilidade e a continuidade dos serviços prestados;

2. **Integração da tecnologia:** A implementação de sistemas avançados de rastreamento, monitorização e telemetria nem sempre decorre como pretendido, uma vez que é condicionada por fatores como o custo, a resistência à mudança e a necessidade de formação dos recursos humanos;
3. **Gestão de manutenção preventiva e corretiva:** A transição de modelos reativos para estratégias de manutenção baseadas em dados e na previsão de falhas representa um desafio técnico e organizacional, porém, é essencial para reduzir tempos de inatividade e diminuir custos operacionais;
4. **Complexidade da análise de dados:** O volume crescente de dados gerados pelos veículos e sistemas de gestão obriga à adoção de ferramentas analíticas avançadas, exigindo novas competências e investimentos tecnológicos significativos;
5. **Exigências ambientais e regulatórias:** As crescentes exigências legais e sociais relacionadas com a sustentabilidade obrigam as organizações a adaptarem as suas frotas, integrando veículos mais eficientes e implementando práticas operacionais ecológicas. Esta transição, embora necessária, implica desafios financeiros, tecnológicos e estratégicos significativos;

Desta forma, a gestão de frota não se limita ao controlo operacional dos veículos, mas assume uma função estratégica no desempenho global da empresa, contribuindo para a sustentabilidade económica, ambiental e operacional da organização Hamzi et al. (2013).

2.1.4 Práticas da gestão de frota

Tendo compreendido a importância estratégica da gestão de frotas no contexto organizacional, torna-se essencial analisar de forma mais profunda as práticas que sustentam esta atividade. A gestão eficaz de uma frota assenta num conjunto de funções operacionais que, quando corretamente articuladas, contribuem para a redução de custos, o aumento da disponibilidade dos veículos e a melhoria do desempenho geral da operação.

De acordo com Pedraza Martinez et al. (2011), uma gestão de frotas eficaz permite às empresas que dependem de grandes frotas, organizar e coordenar os seus veículos de forma a melhorarem o seu desempenho e consequentemente reduzir custos operacionais.

Estas práticas incluem:

- **Reparação e manutenção de veículos;**

A reparação e manutenção de veículos constitui uma das funções centrais na gestão de frotas, assegurando que os ativos permanecem operacionais, seguros e eficientes ao longo do seu ciclo de vida, por esse motivo deve ser uma das prioridades de qualquer organização de gestão de frotas.

Esta função engloba a aprovação, codificação e o registo do estado dos veículos, como o histórico de funcionamento, de manutenção e de avarias.

Segundo Schneider & Cassady (2004), o sistema de reparação e manutenção de frotas fornece dados em tempo real sobre a respetiva frota, incluindo estimativas de custos globais da frota ao longo da sua vida útil, assim como da sua substituição e eliminação. Desta forma, a gestão da manutenção da frota permite estimar e planear o orçamento necessário.

Qualquer tipo de empresa precisa de equipamentos ou ativos para produzir resultados essenciais na dinâmica economia global Murthy et al. (2002). Ao longo do tempo, a frota vai se depreciando e aumentando o tempo de inatividade. Por conseguinte, a manutenção planeada deve ser efetuada de forma adequada, a fim de prolongar a sua vida útil e reduzir os tempos de inatividade.

- **Estratégias de manutenção da frota;**

A adoção de uma estratégia de manutenção bem definida é essencial para garantir o bom estado operacional da frota e reduzir a ocorrência de falhas inesperadas. Invés de atuar apenas em resposta a avarias, uma abordagem estratégica permite planear as intervenções com antecedência, otimizando os recursos disponíveis e aumentando a vida útil dos veículos.

A execução de atividades de manutenção requer tanto recursos humanos especializados como também ferramentas adequadas e peças sobressalentes compatíveis (Belachew, 2022).

Arts (2017) agrupa as estratégias de reparação em três categorias:

1. Reparações modificativas: surge normalmente em função de necessidades específicas do projeto. Pode incluir, por exemplo, o reaproveitamento de componentes com o objetivo de melhorar o desempenho de determinados equipamentos;
2. Manutenção corretiva: realizada após a ocorrência de uma falha. Neste tipo de estratégia, as peças são apenas substituídas ou reparadas quando já ocorreu o colapso funcional o que pode resultar em períodos prolongados de indisponibilidade;

3. Manutenção preventiva: Segue um plano calendarizado e/ou baseado em quilometragem que inclui a substituição de componentes críticos antes da ocorrência da falha. Esta abordagem visa precisamente evitar interrupções inesperadas, assegurando a fiabilidade operacional da frota;

- **Gestão de peças sobressalentes;**

A gestão eficaz de peças sobressalentes é um elemento-chave na operação de qualquer frota, influenciando diretamente os níveis de disponibilidade dos veículos e os custos de manutenção.

Segundo Arts (2017) as peças sobressalentes podem ser classificadas de 3 formas, peças reutilizáveis, reparáveis e consumíveis

1. Peças reutilizáveis são componentes suficientemente complexos e valiosos para justificarem uma estratégia de manutenção autónoma com base na sua utilização;
2. Peças reparáveis são substituídas quando falham e posteriormente encaminhadas para reparação. Após a reparação são novamente integrados no stock como unidades prontas para utilização. Ao contrário das peças reutilizáveis, estas não costumam ter um ciclo de manutenção monitorizado individualmente;
3. Peças consumíveis são componentes de baixo custo que são descartáveis após substituição e adquiridos novamente ao fornecedor. Este tipo de peças requerem uma gestão de stock preventiva de forma a garantir a sua disponibilidade contínua.

Cada um destes tipos está associado a estratégias de manutenção específicas. Uma gestão eficiente das peças sobressalentes, ajustada ao tipo e criticidade dos componentes, contribui significativamente para a eficácia técnica e económica da frota.

- **Gestão de combustível;**

A gestão de combustível constitui uma das principais áreas de controlo de custos na operação de frotas, dado o seu peso significativo nos encargos operacionais. Tal como afirmam Gitahi & Ogollah (2014) apesar de existirem variações contextuais, a gestão eficiente deste recurso representa uma preocupação transversal em qualquer organização.

A implementação de programas estruturados de controlo de combustível permite não só reduzir o consumo, mas também otimizar os hábitos de utilização e identificar comportamentos ineficientes. Para isso, recorre-se frequentemente à instalação de sensores nos depósitos de combustível ou à integração de sistemas de GPS com as

unidades de bordo dos veículos, recolhendo dados em tempo real sobre níveis de consumo, distância percorrida, e padrões de condução.

O impacto da gestão de combustível é particularmente relevante em operações pesadas, como no setor da construção, onde veículos e máquinas operam em terrenos irregulares e sob grandes cargas. Nestes casos, pequenas melhorias na eficiência de consumo podem representar reduções de custos expressivas (Fu, 2017).

Além da componente tecnológica, diversos estudos identificam medidas complementares para aumentar a eficiência energética, tais como: formação dos condutores, controlo da velocidade, escolha adequada de veículos para cada missão, manutenção preventiva e gestão eficiente dos pneus (Bass, 2012).

Por fim, a utilização de sistemas de gestão de combustível com cartões personalizados que registam informações como local, hora, hodómetro, tipo de combustível e condutor, contribui para evitar usos indevidos e melhorar a rastreabilidade das operações (Borirug et al., 2009). A crescente sofisticação destas ferramentas confirma o papel da gestão de combustível como instrumento-chave nos sistemas dinâmicos de gestão de frotas.

- **Gestão e formação de condutores;**

De acordo com Bass & Latto (2012), existe uma relação clara entre o comportamento dos condutores e o desempenho energético dos veículos. Diferenças na seleção das mudanças, no uso do acelerador e dos travões, assim como no tempo de inatividade com o motor ligado, podem resultar em variações até 35% no consumo de combustível entre condutores distintos. Desta forma, programas de formação focados na condução eficiente têm um impacto significativo na redução de custos operacionais, na diminuição da pegada ambiental da frota, para além de contribuírem também para a segurança.

Por outro lado, Hesketh et al. (2015) referem que o bem-estar dos condutores deve ser uma prioridade na estratégia de gestão, dada a natureza exigente da atividade. A promoção de programas de resiliência, bem como a disponibilização de informação clara e acessível sobre novas tecnologias e procedimentos, são medidas que contribuem para uma maior adaptação dos profissionais e para a redução do stress ocupacional.

Neste contexto, a gestão de condutores deve ir além do controlo operacional, integrando vertentes de formação técnica, saúde ocupacional e valorização profissional. Esta abordagem holística promove o desempenho da frota e reforça a sustentabilidade das operações.

- **Gestão da substituição e eliminação de veículos;**

A substituição e eliminação atempada dos veículos representa uma função estratégica na gestão de frotas, com impacto direto nos custos operacionais, na disponibilidade dos ativos e na qualidade do serviço prestado.

Segundo Begashaw (2018), a capacidade de antecipar o fim da vida útil dos ativos com base em dados de custo, desgaste e utilização é essencial para promover decisões de substituição que sejam realmente vantajosas. No entanto, a realidade operacional de muitas organizações, especialmente públicas, é condicionada por níveis reduzidos de financiamento, o que leva à manutenção prolongada de frotas obsoletas. Esta situação, além de elevar os custos de suporte e manutenção, resulta frequentemente em avarias recorrentes, tempos de imobilização mais prolongados e consequente deterioração da qualidade dos serviços.

Entre as metodologias utilizadas para apoiar as decisões de substituição, destacam-se as estratégias baseadas no tempo e na quantidade. A abordagem temporal considera a antiguidade do veículo como critério principal, enquanto a estratégia baseada em quantidade estabelece limites de produção ou utilização acumulada antes da substituição. Conforme referido por City of Seattle (2014) é recomendável que as organizações estimem o volume ideal de utilização que um veículo pode suportar antes de ser sujeito a reparações dispendiosas ou substituição definitiva, ponderando custos de operação e manutenção ao longo do tempo.

Adicionalmente, fatores como a quilometragem total, as horas de operação e o histórico de reparações devem ser considerados na decisão de abate.

Posto isto, a implementação de um plano estruturado de renovação de frota, assente em critérios técnicos e financeiros, é fundamental para assegurar a sustentabilidade económica e operacional das organizações que dependem de frotas para a sua atividade.

2.1.5 O papel da gestão de frota no setor de aluguer de automóveis

Indo de encontro ao propósito da presente dissertação, que incide sobre a análise do impacto da manutenção na disponibilidade operacional de frotas em contexto de aluguer, é importante enquadrar a gestão de frotas no setor específico do aluguer de automóveis.

Neste modelo, os veículos são disponibilizados aos clientes durante um período previamente acordado, sendo a propriedade, manutenção e gestão operacional da viatura da responsabilidade da empresa locadora. Esta realidade diferencia-se significativamente da gestão tradicional de frotas e requer abordagens específicas, tanto no plano logístico como na organização da manutenção, no controlo de custos e na resposta às exigências contratuais dos clientes.

A implementação de estratégias de gestão de frota tem especial importância em organizações como as do setor de aluguer de automóveis devido ao seu impacto direto na eficiência operacional e consequente competitividade dessas organizações. Por esse motivo, este processo deve assegurar a disponibilidade dos veículos para os clientes, enquanto mantém uma alta taxa de utilização da frota.

Segundo Pachon et al. (2006), a gestão de frotas em empresas de aluguer de veículos pode ser estruturada em três fases principais. A primeira consiste na criação de *pools*, grupos de estações geograficamente próximas, que permitem a partilha de veículos entre si, otimizando a utilização local. Na segunda fase, são definidas decisões estratégicas a longo prazo, nomeadamente a quantidade e tipo de veículos a adquirir, bem como a redistribuição da frota entre as diferentes *pools*. Por fim, a terceira fase corresponde à gestão operacional diária, onde a frota atribuída a cada pool é distribuída entre as diferentes estações que a compõem, de acordo com a procura esperada em cada localização.

Considerando as características específicas do setor de aluguer de automóveis, o estudo de Oliveira (2018) destaca que a gestão de frota envolve um conjunto de decisões fundamentais, que determinam o funcionamento eficiente do processo. Estas decisões recaem sobre os tópicos seguintes:

- **Network**

Em grandes empresas de aluguer de automóveis, as estações de aluguer são frequentemente organizadas em grupos chamados "*pools*", onde várias estações partilham a mesma frota de veículos. Essas *pools* operam de forma independente de outras divisões administrativas, como as regionais, embora se possam sobrepor em alguns casos. Esta estrutura proporciona flexibilidade para ajustes e mudanças, especialmente para responder às variações sazonais da procura em diferentes localidades. Cada *pool* tem um conjunto específico de veículos que são partilhados entre as estações do grupo. A localização exata de um veículo dentro da *pool* depende do seu estado atual: pode estar alocado a uma reserva, parado numa estação específica ou em manutenção. Em algumas situações, um veículo pode até estar fora da sua *pool* designada, por exemplo, se um cliente iniciar uma reserva com o carro numa estação de uma *pool* e devolvê-lo noutra estação pertencente a outra *pool*.

- **Definição da frota**

De modo geral, a composição e o tamanho da frota numa empresa de aluguer de automóveis são definidos com base na sua estratégia empresarial e capacidade de investimento. A frota é formada por diversos tipos de veículos, organizados em grupos,

que podem ser substituíveis. Embora a decisão inicial sobre o tamanho da frota seja pontual e estratégica, os ajustes operacionais para expandir ou reduzir a frota são essenciais para uma gestão eficaz.

A compra e venda de veículos desempenham um papel crucial na lucratividade da empresa. As decisões sobre a venda de veículos também são críticas e devem ser feitas individualmente para cada veículo, considerando informações específicas como a quilometragem, ano de registo do veículo, historial de manutenções, entre outras.

- **Utilização da frota**

Uma decisão fundamental para as empresas de aluguer de automóveis é a distribuição da frota existente entre as várias estações de aluguer dentro de uma *pool*. Este aspeto é crucial porque uma parte significativa dos custos operacionais está relacionada com veículos que não estão em utilização. Idealmente, estas empresas pretendem ter 100% da frota ocupada o tempo todo, o que é difícil de alcançar devido à natureza dinâmica das recolhas e entregas de veículos.

Os níveis de frota em cada estação mudam frequentemente devido a essas recolhas e novas entregas. Além disso, os desequilíbrios na procura e a possibilidade de os clientes devolverem os carros em estações diferentes das de origem, podem exigir o reposicionamento dos veículos. Este reposicionamento pode ser realizado por um condutor que move um carro específico ou pelo transporte de vários veículos por um camião. Apesar de serem fundamentais para equilibrar a frota entre estações ou *pools*, estas movimentações são muito dispendiosas. Estes custos podem ser minimizados se se utilizarem métodos de planeamento eficazes, aumentando a eficiência e disponibilidade operacionais.

- **Pedidos de reserva e marcação de veículos**

A gestão de frotas em empresas de aluguer de automóveis envolve a atribuição de veículos específicos a reservas, que podem ser feitas antecipadamente ou no momento da chegada do cliente. Esta tarefa é essencial para garantir a eficiência operacional e a satisfação do cliente.

A gestão das reservas inclui características como o grupo de aluguer solicitado, as datas (*check-in* e *check-out*) e estações de recolha e entrega. Quando não há veículos disponíveis do grupo solicitado, por qualquer que seja o motivo, as empresas frequentemente oferecem um *upgrade* para um grupo superior pelo mesmo preço, ou, em último recurso, um *downgrade* para um grupo inferior com desconto, evitando assim

a perda de vendas. No entanto, estes cenários devem ser evitados pois podem comprometer significativamente a satisfação do cliente.

A decisão de aceitar ou rejeitar reservas é crítica, dada a relação estreita entre a procura e a ocupação da frota. Enquanto algumas empresas adotam uma abordagem de atender todas as reservas enquanto houver capacidade, outras preferem reservar espaço para reservas potencialmente mais lucrativas, utilizando técnicas como a segmentação de mercado, a fixação de preços dinâmicos, ou simplesmente priorizando as reservas de forma heurística. Este planeamento cuidadoso permite otimizar a utilização da frota e maximizar a rentabilidade.

- **Incerteza da procura**

Um dos maiores desafios que as empresas de aluguer de automóveis enfrentam na gestão da sua frota é a incerteza e a forma como lidam com a mesma. Entre os vários fatores de incerteza, a procura é o que tem mais impacto e por isso mesmo é o que leva as empresas a investirem em sistemas avançados de previsão. Contudo, a incerteza não diz respeito unicamente à procura, abrange também outros aspetos do negócio que influenciam significativamente a tomada de decisões.

Por exemplo, na aquisição de veículos novos e na venda dos veículos antigos da frota, os custos e lucros esperados podem variar consideravelmente, afetando a rentabilidade. Além disso, a disponibilidade operacional da frota é frequentemente impactada por manutenções planeadas, não planeadas e reparações imprevistas. Estes elementos de incerteza têm um efeito considerável sobre a eficiência operacional e a capacidade de resposta das empresas.

A Figura 2.1 ilustra de forma sistematizada o funcionamento da gestão de frota no contexto de aluguer de automóveis

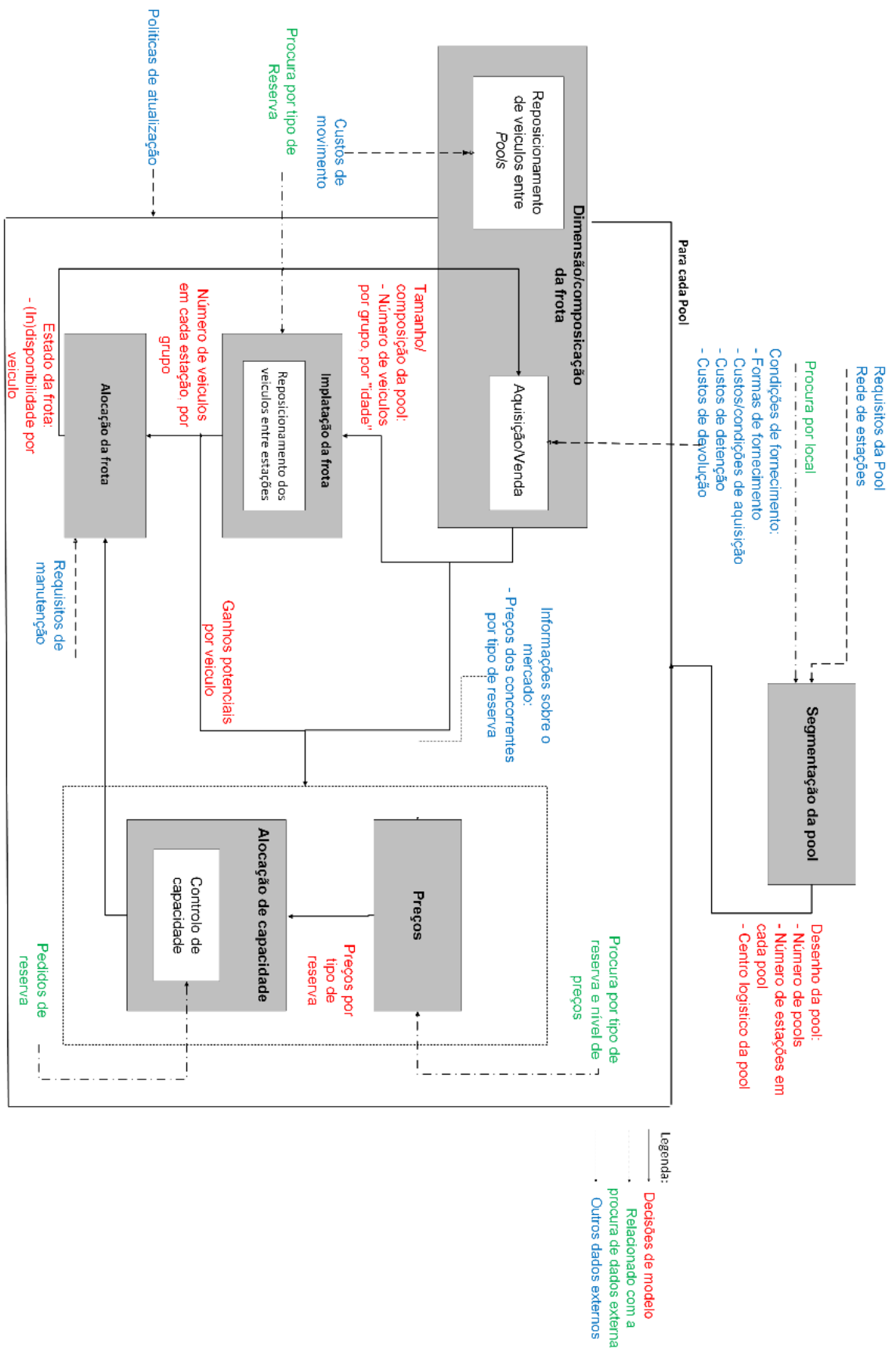


Figura 2.1 - A problemática da gestão de frota nas empresas de aluguer de automóveis, Fonte: Adaptado de Oliveira (2018)

A gestão de frota no setor de aluguer de automóveis exige uma abordagem integrada e multidimensional, capaz de responder de forma eficiente às flutuações da procura,

maximizar a utilização da frota e controlar custos operacionais. O modelo representado na Figura 2.1 sintetiza as principais decisões envolvidas neste processo, distribuídas ao longo de três níveis distintos: estratégico, tático e operacional.

Num primeiro plano estratégico, destacam-se as decisões relacionadas com a segmentação da pool, a qual agrupa estações geograficamente próximas ou com perfis de procura semelhantes, facilitando a partilha de recursos e otimização de reposicionamento. Esta segmentação influencia diretamente o dimensionamento da frota, onde se definem a composição e o número de veículos por grupo, por tipo e por localização. Estas decisões são fundamentadas em previsões de procura, políticas de reserva, custos de aquisição e objetivos.

De forma complementar, o modelo contempla a aquisição e venda da frota, atividade que integra critérios como o estado técnico dos veículos, custos de manutenção e ciclo de vida útil. Esta função articula-se com o reposicionamento entre pools, uma estratégia essencial para equilibrar a oferta com a procura real, minimizando veículos ociosos em estações com baixa rotatividade e maximizando a disponibilidade em áreas com maior volume de reservas.

Do ponto de vista tático, o foco recai sobre a alocação da capacidade, por outras palavras, a distribuição de veículos por estação dentro de cada pool, em conformidade com as previsões de procura. Este processo está fortemente ligado à definição de preços, os quais são ajustados consoante o comportamento do mercado, nos preços da concorrência e no histórico de procura. O objetivo é oferecer uma maior flexibilidade e sensibilidade à procura, contribuindo para a melhoria da taxa de utilização da frota e maximização da receita por veículo.

Por último, ao nível operacional, o modelo considera os fluxos de pedidos de reserva, os requisitos de manutenção e o controlo diário da capacidade disponível, assegurando que as decisões estratégicas e táticas são efetivamente implementadas no terreno. A integração destes três níveis num único modelo permite uma visão holística da operação, garantindo a coerência entre a política de frota, a gestão da procura e a maximização da eficiência logística.

2.1.5.1 Desafios associados à gestão de frota no setor de aluguer de automóveis

A gestão de frota é uma área abrangente e por este motivo é habitualmente dividida em quatro grupos, consoante o tipo de transporte: aeronaves, carga, aluguer de camiões e aluguer de veículos ligeiros.

As características do aluguer de camiões e do aluguer de carros são bastante semelhantes pois enfrentam, em parte, os mesmos desafios. Contudo, a literatura específica sobre gestão de frota para aluguer de carros é escassa.

Um dos poucos estudos sobre esta área foi feito por Pachon et al. (2006). Segundo estes autores, a gestão de frota em empresas de aluguer é particularmente desafiadora devido à incorreta alocação de veículos nas estações. A eficácia na alocação é crítica, pois um veículo só pode ser alugado se estiver disponível no local correto. Para abordar este problema, Pachon et al. (2006) dividem a questão em três pontos principais:

- **Agrupamento das Estações:** As estações de aluguer são agrupadas com base na localização geográfica e no histórico da procura. Isso permite uma distribuição inicial mais estratégica dos veículos.
- **Planeamento Estratégico da Frota:** Envolve a alocação de veículos para cada grupo de estações, considerando a procura esperada e outros fatores estratégicos.
- **Planeamento Tático da Frota:** Detalha quantos veículos de cada tipo serão alocados a cada estação dentro dos grupos definidos.

Os autores argumentam que determinar diariamente a dimensão e a composição ideal da frota para cada local é uma “função primária da gestão de receitas”. Isto apoia a necessidade de uma visão abrangente desses problemas, sendo este um dos focos a ter em conta nas pesquisas futuras. Além disso, o problema operacional de atribuir pedidos de reserva a veículos específicos, que não é abordado nesse contexto, exemplifica claramente a interseção entre a gestão de frota e a gestão de receitas no setor de aluguer de automóveis. Este problema operacional envolve tanto questões de reposicionamento de veículos, quanto aspetos de controlo de capacidade, demonstrando a necessidade de uma abordagem integrada para otimizar a eficiência e a rentabilidade das operações.

Ao combinar estas abordagens, é possível otimizar a gestão da frota, minimizando o tempo de inatividade dos veículos e melhorando a disponibilidade e a eficiência operacional. Isso é especialmente relevante para empresas de aluguer de veículos, onde a correta alocação e o planeamento estratégico da frota são essenciais para atender à procura dos clientes de forma eficiente.

Para além de Pachon et al. (2006), é relevante considerar a abordagem que Fink & Reinert (2006) adotaram face ao problema da logística e gestão a curto-prazo das operações em empresas de aluguer de automóveis. Estes autores encaram o problema da gestão de frota como um conjunto de decisões a curto-prazo relacionadas ao

transporte e à alocação de veículos, tendo em consideração uma determinada taxa de utilização e mantendo um nível de serviço específico.

Após uma análise detalhada das operações associadas ao aluguer de veículos, os autores propuseram uma solução baseada num modelo de otimização de fluxo, que aborda aspetos práticos como o planeamento de períodos, a definição de uma rede a nível nacional e a consideração de relações específicas entre diferentes tipos de veículos. Essencialmente, o modelo procura equilibrar a disponibilidade e a procura de veículos, garantindo que os recursos são usados da maneira mais eficiente possível.

Quanto ao processo de alocação de frota, Fink & Reiners (2006) recomendam evitar uma abordagem centralizada. A alocação centralizada da frota exige informações muito completas e precisas, o que pode ser difícil de obter e manter. Os mesmos, contraindicam o planeamento local das transferências de veículos, pois isso pode levar a um uso ineficaz e descoordenado dos recursos disponíveis. Em vez disso, sugerem a implementação de um método de planeamento logístico eficiente. Este método deve garantir que cada estação de aluguer tenha os veículos necessários ao longo do dia, evitando a necessidade de transferências locais frequentes.

Do ponto de vista organizacional, os autores destacam a importância da recolha de informações de duas fontes principais: os clientes e a equipa. Eles sugerem a criação de incentivos para transformar a informação empírica obtida dessas fontes em dados concretos e reais. Estes dados devem ser integrados nos sistemas de informação da empresa, de forma que possam servir como base para o planeamento do ano seguinte. Isto garante que as decisões da gestão de frota sejam informadas por dados precisos e atualizados, melhorando a eficiência e a qualidade do serviço oferecido.

2.1.5.2 Conjunto de fatores que influenciam uma gestão de frota eficiente

Nos dias que correm, as empresas apostam numa gestão de frota mais profissional, oferecendo maior flexibilidade e produtividade. A redução de custos operacionais é um fator crítico nas decisões relacionadas às soluções a serem adotadas e tem também um grande peso na gestão de frota (Costa, 2017).

A composição e o tamanho da frota de uma empresa de aluguer de automóveis são definidos com base na sua estratégia empresarial e capacidade de investimento. A aquisição e venda de viaturas é um instante-chave para a operação das empresas. Este momento faz variar a dimensão da frota tendo por base a estratégia e capacidade de investimento previamente definidos e, com o objetivo de potenciar os resultados, correspondendo à procura dos clientes. Importante realçar que o excesso de viaturas acarreta custos elevados que devem ser tidos em conta para se tomar uma decisão.

Seguindo esta ideia, apesar da revisão bibliográfica da gestão de frota apresentar diversos focos, o problema do dimensionamento e alocação de frotas, também denominado como *Fleet Sizing and Allocation Problem* (FSAP), foi uma das áreas mais aprofundadas por diversos autores. Segundo Shehadeh et al. (2021), este problema é analisado em duas vertentes:

- **Dimensionamento da frota** - consiste em determinar o número de unidades que otimiza a relação entre o nível de serviço e os custos de aquisição e manutenção do número de unidades;
- **Alocação da frota** – tem como base a previsão da procura, pretende determinar quantas unidades devem estar em cada estação. Muitas vezes é necessário recorrer a realocações (processos de redistribuição da frota) para cumprir com o número de veículos previamente alocadas a determinada estação uma vez que é dada a liberdade aos clientes de fazerem o *check-out* numa estação diferente da de *check-in* (esta opção é dada ao cliente logo no início e a sua decisão é feita nesse momento).

A abordagem destes autores destaca-se por integrar previsões baseadas em dados históricos e métodos computacionais avançados, como algoritmos de otimização híbridos, para reduzir os custos de operação e aumentar a eficiência de resposta à procura.

Snoeck & Winkenbach (2020) são dois autores que também estudaram a relação entre as decisões associadas ao dimensionamento da frota e as decisões associadas à sua respetiva alocação. Nesse estudo, os autores exploram como as decisões de dimensionamento e alocação são influenciadas pela flexibilidade da distribuição física. Eles argumentam que, em mercados urbanos densos e incertos, a capacidade de ajustar rapidamente a frota de acordo com as flutuações de procura é essencial. O estudo reforça que as decisões de alocação não devem considerar apenas a quantidade de veículos, mas também a sua capacidade de ser redistribuída rapidamente para ter a capacidade de corresponder a picos de procura. A flexibilidade de alocação pode ajudar a mitigar a ineficiência causada pelo excesso ou falta de veículos em determinadas áreas, reduzindo custos e melhorando o serviço prestado.

Segundo outra perspetiva, Wallar et al. (2019) propuseram uma solução inovadora para o problema de dimensionamento e alocação da frota consoante a procura. O modelo desenvolvido pelos autores integra a previsão dinâmica de procura e algoritmos avançados de otimização para enfrentar desafios como a flutuação temporal e espacial da procura.

Apesar de apresentar resultados promissores, a solução não atinge o ótimo absoluto devido a certas limitações ligadas ao modelo, como a dificuldade em obter todas as

variáveis estocásticas do sistema em tempo real. Para contornar essas restrições, os autores utilizaram técnicas como a programação linear inteira mista, combinada com heurísticas, proporcionando soluções práticas para cenários em grande escala. Os mesmos, aproveitam também para realçar que através de dados históricos e métodos preditivos é possível melhorar a redistribuição dos veículos para equilibrar a oferta e procura.

O autor Saadouli (2021) realizou um estudo em que propôs uma abordagem quantitativa e otimizada para a gestão de frotas em empresas de aluguer de viaturas. O autor foca-se em determinar a combinação e o tamanho ideal da frota para maximizar a eficiência operacional e reduzir custos. Para isso, teve em consideração diversos fatores imprescindíveis associados à gestão de frota, como os custos fixos (por exemplo: Manutenção) e custos variáveis (por exemplo: custos operacionais causados pelo uso dos veículos).

A proposta do autor baseia-se em modelos matemáticos de otimização para calcular o número e tipo de veículos mais adequados para uma frota, de modo a garantir que as empresas de aluguer de veículos consigam responder a diferentes tipos de clientes sem incorrerem em custos desnecessários. O estudo tem em consideração que a procura dos clientes por diferentes categorias de viaturas é algo bastante imprevisível e por isso nem sempre corresponde ao conjunto de veículos que minimizaria os custos para a empresa. Por esse motivo, é essencial equilibrar a capacidade de atender à procura com os custos fixos e de manutenção envolvidos.

Desta forma, Saadouli (2021) detalha a forma como o planeamento de frota deve ser realizado de forma integrada, tendo em conta a ligação entre a alocação de veículos e os custos operacionais. O mesmo propõe no seu estudo, um modelo que, através de simulações e algoritmos de otimização, permite ajustar dinamicamente a frota consoante a procura e os custos sazonais com o objetivo não só de reduzir o custo total relacionado com a operação da frota, como aumentar a disponibilidade dos veículos para os clientes, maximizando os lucros das empresas.

Para além do autor mencionado nos parágrafos anteriores, também Li & Tao (2010) desenvolveram um estudo focado na determinação do tamanho ótimo da frota e a política de transferências da mesma, numa empresa de aluguer de veículos. A empresa em estudo tinha duas localizações e por isso oferecia dois serviços diferentes aos seus clientes: o serviço de viagem só de ida, em que os clientes faziam *check in* numa das localizações e faziam *check out* na outra, causando um desequilíbrio da frota; e o serviço de viagem de ida e volta, em que os clientes faziam *check in* e *check out* na mesma cidade.

Analisando o primeiro serviço descrito, o serviço de ida, é necessário ter em conta o desequilíbrio causado na frota por este serviço. Para mitigar os impactos do desequilíbrio, os autores estudaram a necessidade de transferir veículos entre estações propondo um modelo separado por duas etapas. Primeiramente, identificaram o tamanho ideal da frota e só depois definiram estratégias para a distribuição dos veículos. Para isto, recorreram a programação linear, tendo em conta fatores como a perda de vendas devido à indisponibilidade dos veículos e os custos associados às transferências de veículos.

Por fim, os autores apresentaram uma solução heurística que se mostrou eficiente para calcular o tamanho ideal da frota. No entanto, os mesmos realçam que na ausência de uma política de transferência eficaz para atender aos potenciais desequilíbrios, a eficiência do sistema é prejudicada. Conclui-se que a relação entre o dimensionamento de uma frota e as estratégias de distribuição é fulcral para o sucesso deste ramo.

2.2 Manutenção e respetiva influência na gestão de frota

Após abordagem dos principais conceitos, práticas e desafios associados à gestão de frotas e devido ao propósito da presente dissertação, torna-se agora pertinente aprofundar uma das suas componentes mais críticas, mencionada no subcapítulo anterior, a manutenção dos veículos.

A manutenção representa uma função essencial para garantir fiabilidade, segurança e disponibilidade dos veículos, sendo responsável por uma parte significativa dos custos operacionais associados à frota. Além disso, influencia diretamente a experiência do cliente, a reputação da empresa e a eficiência da operação.

2.2.1 Conceito de manutenção

A norma EN 13306 (2021) define a gestão da manutenção como sendo “todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos”. Ainda incluído na norma mencionada anteriormente, podemos observar a definição de manutenção que é descrita como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o período de ciclo de vida de um equipamento, visando manter ou repor o desempenho das funções para o qual foi projetado.

O conceito de manutenção foi também abordado de diferentes formas por inúmeros autores como é o caso de Cabral (2006). O autor defende que “a manutenção, traduz-se, em termos práticos, pela realização das reparações e recondiçionamentos

necessários para compensar a deterioração e os desgastes provocados pelo movimento relativo das peças, pela oxidação ou perda de função dos equipamentos, materiais ou seus elementos protetores, e pela tomada de decisões relativas aos necessários investimentos, seja para a sua reabilitação seja para a sua condenação ou substituição por novo”.

Atendendo ainda a Pereira & Sena (2016) que dizem que “Entende-se por manutenção o conjunto das ações que tem por fim executar as operações necessárias para que os equipamentos sejam mantidos ou restabelecidos num estado especificado ou com possibilidade de assegurar um serviço determinado, por um custo global mínimo”.

A análise de diversas definições de manutenção, provenientes de vários autores e da norma europeia, revela que a manutenção abrange uma ampla variedade de áreas de aplicação. Ao implementá-la, é possível não apenas reduzir custos, mas também aumentar significativamente a produtividade e a disponibilidade dos equipamentos. Além disso, observa-se que as práticas de manutenção não se limitam ao ambiente industrial, sendo igualmente aplicadas em outros setores, contribuindo para a eficiência operacional em diferentes contextos.

Tendo em conta o impacto que a manutenção tem nas áreas de aplicação, é importante destacar o papel fundamental que a manutenção desempenha em diversas empresas, independentemente do seu setor. A manutenção pode ser entendida como um conjunto de procedimentos e ações destinadas a otimizar o funcionamento dos equipamentos, aumentando assim tanto o desempenho quanto a durabilidade deles.

Ao considerar a relevância da manutenção, podemos nos apoiar na perspectiva de Mirshawaka & Olmedo (2003), que afirmam que os custos associados à manutenção são apenas a parte visível de um icebergue, como se diz, apenas a ponta do icebergue. No entanto, por baixo da superfície, existem custos ocultos relacionados à indisponibilidade dos equipamentos, que incluem não apenas a perda de produção e a degradação da qualidade dos produtos, mas também os efeitos adversos na reputação da empresa. Esta análise pode ser ilustrada pela Figura 2.2



Figura 2.2 - Icebergue dos custos de manutenção, Fonte: Adaptado de Marques (2009)

2.2.2 História e evolução da manutenção

Neto (2017) argumenta que, para compreender o início da utilização da manutenção, é essencial olhar para os primórdios da humanidade, quando o ser humano começou a usar ferramentas e a criar equipamentos para auxiliar na produção de bens. Nessa época, surgiu a necessidade de consertar quando surgiam sinais de desgaste nos instrumentos.

Farinha (2011) explica que, durante a Revolução Industrial no século XIX, houve uma noção diferente da forma como lidar com os equipamentos, pois é possível evidenciar uma evolução para a preocupação com a reparação, sendo este conceito mais vantajoso do que o utilizado posteriormente, o comprar novo. Apesar de, nesse período, as manutenções serem realizadas pelos próprios operadores, sem uma formação especializada, já era possível perceber os benefícios que podiam ser retirados da reparação.

Com o início da Primeira Guerra Mundial, foi possível quebrar o ciclo e começar a formar e especializar pessoas, pois havia uma grande necessidade de inovação e de alcançar metas que até então não tinham sido possíveis de alcançar. Este acontecimento é considerado por diversos autores como um dos marcos históricos que impulsionaram o desenvolvimento da manutenção, sendo que o outro marco abordado pelos mesmos autores é o da introdução da produção em massa por Henry Ford.

De acordo com Farinha (2011) após a Segunda Guerra Mundial, houve uma transição para uma abordagem preventiva da manutenção, onde os países industrializados passaram a preocupar-se não apenas com a correção de falhas, mas também com a sua prevenção, o que resultou num aumento da produção para corresponder à crescente procura.

Moubray (2017) divide a evolução da manutenção a partir da década de 1930 em três gerações. A primeira geração, até à Segunda Guerra Mundial, era marcada por

manutenções simples, como já mencionado, devido à baixa complexidade das máquinas. A segunda geração, iniciada com a Segunda Guerra Mundial, foi caracterizada pela necessidade de inovação para atender à crescente procura, ao mesmo tempo em que havia escassez de mão de obra. A mecanização das operações aumentou, levando à necessidade de prevenir falhas, pois paragens inesperadas resultavam em grandes perdas de produção.

A partir da década de 1960, a manutenção preventiva tornou-se rotina no ambiente industrial, mas os custos com manutenção começaram a superar os custos de produção, o que fez surgir a necessidade de sistemas de planejamento e gestão de manutenção. O foco passou a ser a extensão do ciclo de vida dos equipamentos.

A terceira geração, que surgiu nos anos 1970, trouxe a digitalização da manutenção e a necessidade de criar a engenharia da manutenção, com o objetivo de reduzir o tempo gasto na identificação de problemas e melhorar a confiabilidade dos equipamentos.

Para além das três gerações mencionadas anteriormente, há ainda autores que fazem referência a uma quarta e quintas gerações. Os autores Pintelon & Parodi-Herz (2008) descrevem que a quarta geração é marcada pelo “fator competitivo”, como a manutenção começou a ser vista, uma vez que a redução de custos relacionados à produção começou a ser um fator diferenciador entre empresas, aumentando a competitividade entre as mesmas. Esta geração fica também marcada pelo aumento do controlo das condições dos equipamentos, à diminuição de manutenções preventivas sistemáticas e de manutenções de carácter corretivo visto que estas começaram a ser consideradas como um indicador de ineficiência (Kardec & Nascif, 2012).

Segundo Trombeta (2017), a quinta geração introduz o conceito de “excelência na manutenção”, que combina os princípios de manutenção com os de gestão de ativos. O autor explica que essa excelência é atingida por meio da integração e coordenação de diversas funções e processos internos da organização. O objetivo é agilizar a tomada de decisões e oferecer produtos ou serviços de alta qualidade, garantido assim a satisfação dos clientes. Para além disso, o mesmo autor apresenta algumas vantagens de conciliar a gestão de ativos com a manutenção, destacando as seguintes:

- Planeamento financeiro mais eficiente;
- Valorização da função manutenção;
- Otimização eficiente de equipamentos;
- Aumento da eficiência global do equipamento – OEE (*Overall Equipment Effectiveness*);

- Introdução da gestão de riscos como tarefa fundamental;
- Tomada de decisão suportada por informações documentadas e fidedignas.

A Figura 2.3 ilustra as cinco gerações da manutenção referidas anteriormente, assim como o que cada geração representa do ponto de vista da evolução da manutenção.



Figura 2.3 - Evolução da manutenção, Fonte: (Trombeta, 2017)

O mesmo autor, Moubrey (2017), defende que a relação entre a idade operacional dos equipamentos e a probabilidade de falha tem se tornado cada vez menos relevante. Campbell & Jardine (2001) complementam, afirmando que a manutenção moderna está mais focada no controlo e monitorização dos equipamentos do que na intervenção direta. Ambos os autores destacam que a evolução da manutenção permite uma preservação mais eficiente dos ativos, aumentando sua durabilidade e reduzindo custos, muitas vezes maiores que os próprios custos de manutenção.

2.2.3 Objetivos e Importância da manutenção

A manutenção tem-se afirmado como um elemento estratégico essencial para atingir os objetivos estabelecidos pelas empresas. A crescente procura por melhorias na qualidade dos produtos e/ou serviços, assim como a legislação que impõe normas ambientais e de segurança cada vez mais rigorosas, tem reforçado a importância da manutenção. Para além disso, a ausência de manutenção, apesar de num instante inicial ser visto como uma poupança a curto prazo, irá mais tarde gerar custos proporcionados por falhas inesperadas, desgaste mais rápido dos componentes e tempos de reparação maiores (Pintelon & Parodi-Herz, 2008).

Os objetivos aplicados à manutenção nas empresas e instituições devem seguir um rumo proporcional aos objetivos a atingir pelas organizações, devendo ser claros e compatíveis com as suas metas, é o que defende o autor Suzaki (2010), uma vez que a manutenção impacta diretamente a rentabilidade do processo produtivo, devido à relação direta que a manutenção tem, quer com o volume e qualidade da produção, quer com o custo. Por um lado, a manutenção eleva o desempenho e a disponibilidade dos equipamentos, mas, por outro, também adiciona custos operacionais. O maior desafio é precisamente encontrar um ponto de equilíbrio entre benefícios.

Helmann (2006) considera que as atividades de manutenção proporcionam a fiabilidade e a disponibilidade dos processos de produção, como é visível na Figura 2.4. O mesmo autor abordou algumas razões pelas quais as empresas devem efetuar manutenção:

- Melhoria contínua de produção e respetivos equipamentos;
- Qualidade de produção;
- Aumento dos níveis de produtividade e qualidade;
- Disponibilidade;
- Custos agregados à falha de produção.

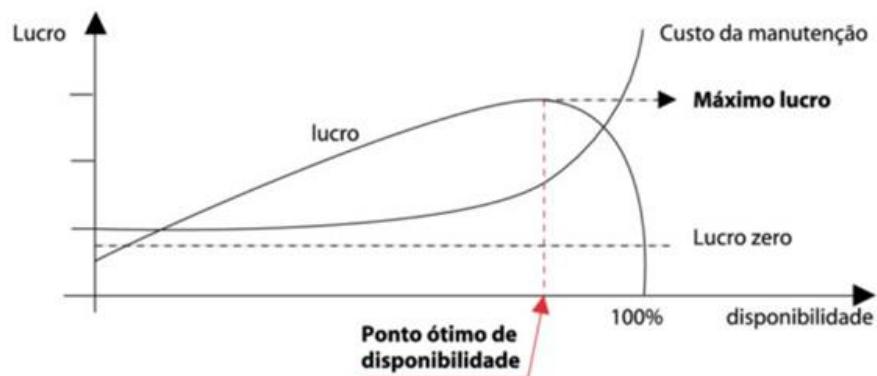


Figura 2.4 - Gráfico de lucro vs disponibilidade, Fonte: Adaptado de (Murty & Naikan, 1995)

A Figura 2.4 ilustra também a relação entre o lucro e a disponibilidade mencionada no parágrafo anterior. É possível observar que atingir o 100% de disponibilidade acarreta custos elevados, fazendo com que o lucro obtido não seja o ótimo. É possível ainda perceber que existe uma vantagem e uma necessidade de equilibrar o que é pretendido da disponibilidade e o lucro (ponto ótimo), ou seja, definir bem os objetivos para que seja possível retirar a máxima disponibilidade e o melhor lucro possível, havendo assim consonância entre os dois termos.

De uma forma geral, Mobley (2004) considera que a manutenção possui os seguintes objetivos:

- Máxima exploração de todos os recursos (humanos, tecnológicos, infraestruturas, etc) para atingir a melhor relação custo/eficiência possível;
- Assegurar a alta disponibilidade de todos os equipamentos;
- Garantir que os equipamentos estão sempre em boas condições de funcionamento, pois caso ocorra uma falha pode colocar em causa a qualidade do produto/serviço, a velocidade de produção ou outros fatores que comprometam o desempenho geral da produção;
- Criação e implementação de planos de manutenção que contribuem para o aumento da vida útil e da capacidade de produção;
- Redução do número de peças suplentes em inventário como forma de reduzir custos e evitar desperdícios. Tendo uma estratégia de manutenção preventiva e através do uso de um *software* de gestão é possível antever as necessidades dos equipamentos ou sobressalentes e obtê-lo com antecedência;
- Aumento do tempo de reação, pois um plano de manutenção com listas de verificação pré-definidas ajuda a diminuir os tempos de diagnóstico.

2.2.4 Tipos de manutenção

Tendo em conta vários autores e analisando cada classificação dos tipos de manutenção é perceptível que não existe um consenso estabelecido sobre esta vertente, o que faz com que cada autor estabeleça conceitos diferentes. Contudo, pode fazer-se uso da norma europeia 13306 (Instituto Português da Qualidade, 2021) que faz uma distinção entre duas grandes classes, a manutenção preventiva e a manutenção corretiva, que se subdividem em várias outras subclasses, como é possível observar pela Figura 2.5.

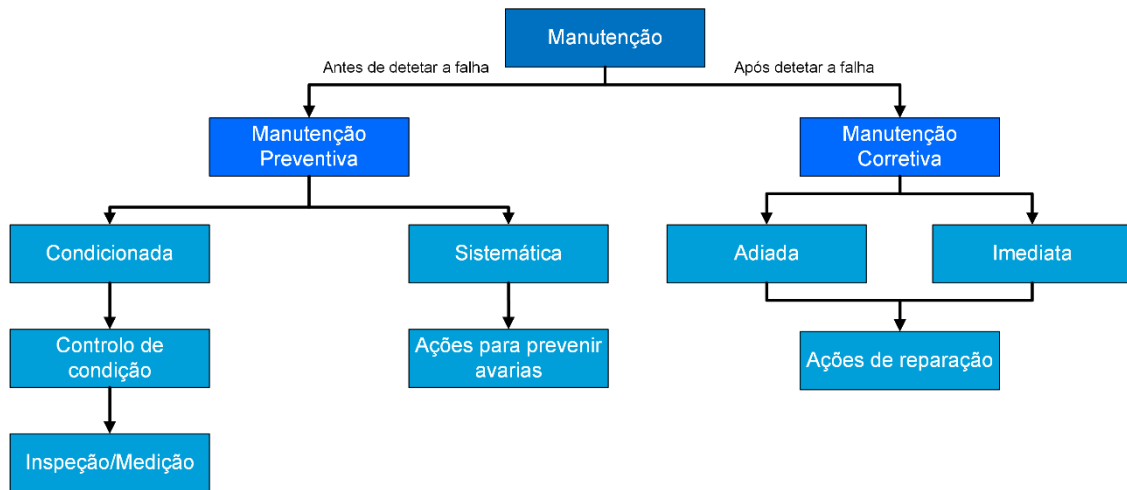


Figura 2.5 - Classificação de manutenção, Fonte: Adaptado de (Instituto Português da Qualidade, 2021)

2.2.4.1 Manutenção corretiva

A norma NP EN 13306 (2021) define manutenção corretiva como sendo aquela que é efetuada após ser detetada a falha, com o objetivo de repor o estado normal de funcionamento de um equipamento.

Este é o tipo de manutenção mais básico e antigo, que tem como objetivo corrigir a falha após a paragem não programada, ou seja, a paragem forçada do ativo. Ela é posta em prática quando o equipamento demonstra índices baixos de performance relativamente ao esperado. Este tipo de metodologia só acarreta custos após a avaria, no entanto esta manutenção reativa é aquela que a longo prazo maiores custos pode apresentar.

Dhillon (2002) defende que uma ação de manutenção corretiva pode ser classificada em cinco tipos:

- **Falha – Reparação:** a falha é reparada fazendo com que o bem volte ao seu estado operacional normal;
- **Recuperação:** aproveitar os componentes em bom estado dos bens não reparáveis para futuramente os utilizar em reparações e/ou reconstruções;
- **Reconstrução:** restaurar um bem ao estado mais próximo do original de desempenho, vida útil expectável e aparência;
- **Recuperação total:** trata-se de uma revisão completa ao bem, onde ele é praticamente restaurado à condição original de fábrica.

- **Operações em componentes adjacentes:** Inclui intervenções realizadas em componentes que apesar de não estarem danificados, são afetados pelo problema no equipamento em si.

Independentemente do tipo de operação realizada enquanto ação de manutenção, o desenvolvimento de uma operação de manutenção corretiva pode ser visto nas seguintes etapas (Assis, 2014):

- Detecção de uma falha;
- Registo da ocorrência;
- Preparação da operação;
- Realizar a operação;
- Testar o equipamento.

A Figura 2.6 demonstra, detalhadamente, quais são as intervenções, de forma genérica, que estão incluídas numa reparação seguindo uma política de manutenção corretiva.

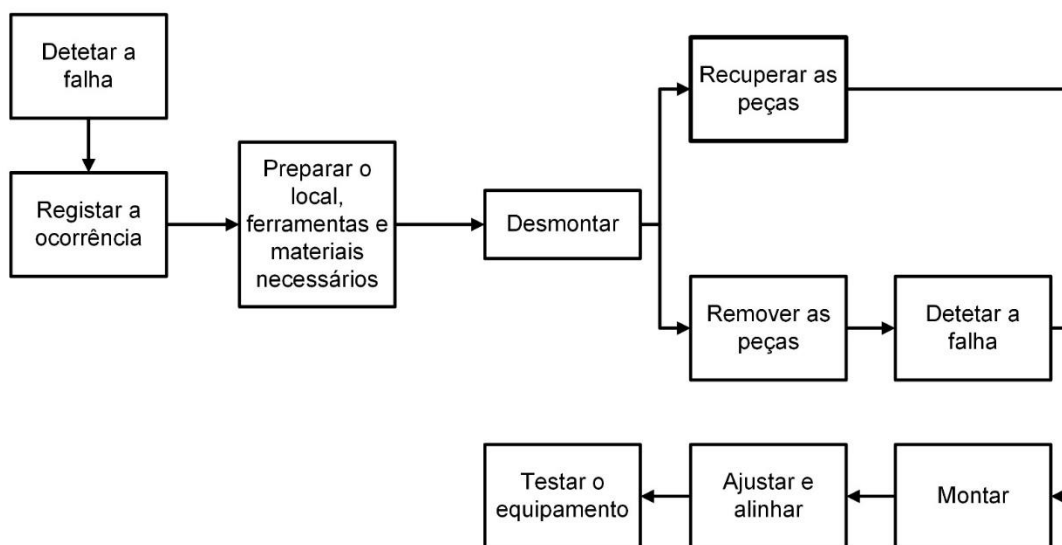


Figura 2.6 - Processo de reparação seguindo uma política de manutenção corretiva, Fonte: Adaptado de Assis (2014)

2.2.4.2 Manutenção Preventiva

Este tipo de manutenção, tal como o nome indica serve para prevenção, pretende-se com ela detetar e prevenir falhas, conseguindo com isto aumentar índices de disponibilidade e fiabilidade dos ativos. O autor Dhillon (2002) considera a manutenção preventiva uma das mais importantes num plano de manutenção, sendo geralmente a atividade que requer uma maior alocação de recursos dentro das organizações.

Existem inúmeros autores a abordar o conceito de manutenção preventiva, como é o caso de Pintelon & Parodi-Herz (2008), autores já mencionados anteriormente, que descrevem a manutenção preventiva como um conjunto de operações sistemáticas que pretendem, através de inspeções regulares e reparos programados, reduzir a probabilidade de falhas e antecipar as possíveis consequências de uma falha.

A manutenção preventiva tem como objetivos:

- Aumento do tempo de vida útil do equipamento;
- Reduzir o número de paragens por falhas críticas de um equipamento;
- Proporcionar um planeamento mais adequado para as atividades de manutenção;
- Minimizar as quebras na produção devido a falhas nos equipamentos;
- Promover a segurança e higiene no trabalho.

Para elaborar um plano eficaz de manutenção preventiva é fundamental reunir um conjunto de ferramentas, por exemplo, manter um registo detalhado dos equipamentos a serem inspecionados, seguir as recomendações dos fabricantes, recorrer a mão de obra qualificada, entre outras. Após reunir todos os recursos necessários para o planeamento da manutenção preventiva, é essencial definir um processo estruturado para essa atividade. A Figura 2.7 retrata o mesmo processo (Dhillon, 2019).

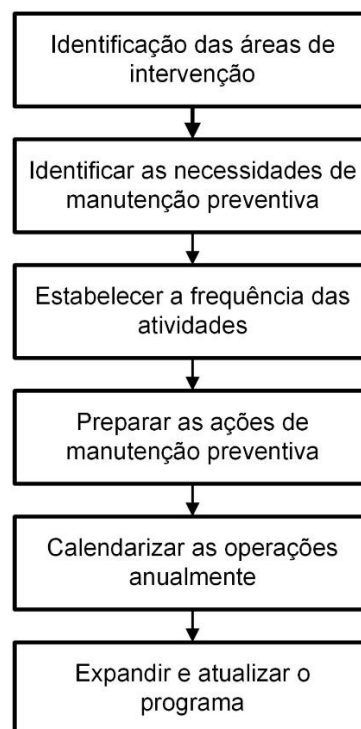


Figura 2.7 - Processo Estruturado de Manutenção Preventiva, Fonte: Adaptado de Dhillon (2002)

No processo apresentado, inicialmente é feita a identificação e decisão das áreas de intervenção para o sucesso das operações. Por norma essa decisão recai sobre as áreas mais críticas com o objetivo de concentrar o esforço da manutenção preventiva nessas mesmas áreas. De seguida, é preciso identificar quais as necessidades de manutenção dos equipamentos selecionados e a frequência com que estas devem acontecer. Em terceiro lugar surge o planeamento das tarefas de manutenção e a sua respetiva calendarização. Por fim, após analisar os resultados do plano de manutenção, pode ser preciso fazer ajustes ou expandir a mais equipamentos, fazendo com que um novo plano de manutenção preventiva tenha de ser elaborado e o processo voltar ao início (Dhillon, 2019).

2.2.4.3 Manutenção Preventiva Sistemática

Recorrendo novamente à norma NP EN 13306, 2021, este tipo de manutenção pode ser definido como “manutenção preventiva efetuada a intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio da condição do bem”. Por outras palavras, trata-se de uma manutenção em que as falhas são previsíveis e em que a frequência e os intervalos das inspeções ao ativo são determinados e programados com antecedência.

Esta metodologia opera com intervalos de tempo fixos, que podem ser definidos com base em horas de operação, produção, quantidade de peças produzidas, entre outros, sem considerar o estado real do equipamento. Esse tipo de manutenção aplica-se a tarefas como limpeza, lubrificação, inspeções periódicas, e substituição de peças com ciclo de vida curto, por exemplo.

Entre as vantagens dessa abordagem está a previsibilidade dos custos, que podem ser alinhados com os objetivos de produção. No entanto, também há desvantagens significativas: uma das principais dificuldades é identificar o momento ideal para substituir componentes essenciais, pois pode ocorrer a troca de peças que ainda poderiam ter o seu ciclo de vida prolongado, gerando assim custos adicionais desnecessários. Outra desvantagem é a falta de consideração pela complexidade do equipamento, uma vez que cada ativo é diferente e requer uma abordagem específica e ajustada às suas particularidades.

2.2.4.4 Manutenção Preventiva Condicionada

Muitos autores referem-se a essa metodologia também como manutenção preditiva, embora a norma NP EN 13306:2021 distinga claramente as duas. A manutenção condicionada é descrita como uma “Manutenção preventiva que inclui a avaliação das condições físicas, análise e possíveis ações de manutenção decorrentes.”, enquanto a manutenção preditiva é definida como uma manutenção “baseada na condição efetuada

de acordo com as previsões extrapoladas de análises repetidas ou características conhecidas e avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem.”

Comparando essas definições, ambas as abordagens são semelhantes, pois utilizam testes como análises de vibração, termografia, monitorização de parâmetros, inspeções visuais, e diversas medições. Esse método permite que os equipamentos sejam avaliados enquanto operam, evitando a interrupção da produção, com o objetivo de prever possíveis falhas e possibilitar uma intervenção antes que ocorram.

Essa metodologia é por vezes classificada como “inteligente” por alguns autores, uma vez que a manutenção é realizada apenas quando análises específicas indicam a necessidade, preservando assim os ciclos de vida dos componentes mais críticos, algo que não é garantido na manutenção preventiva sistemática.

Para implementar este método com sucesso, é fundamental que as técnicas de monitorização e análise do estado do ativo, assim como os equipamentos utilizados, sejam precisos. Além disso, uma preparação detalhada e um controlo rigoroso de todo o processo são necessários para garantir a máxima precisão e confiabilidade dos resultados obtidos.

2.2.5 Padrões de Falha

Com o passar do tempo, a complexidade dos equipamentos foi crescendo e com isso os padrões de falha também foram sofrendo alterações. Os padrões de falha de um equipamento podem ser modulados a partir da tradicional curva de banheira, ou também denominado, padrão de falhas A. Este padrão de falhas é caracterizado por uma alta probabilidade de falha no início de vida do equipamento (conhecido como período de mortalidade infantil), de seguida essa probabilidade decresce e mantém-se constante durante um período relativamente longo (denominado de vida útil), terminando com um período crescente da probabilidade de falha, designado por período de desgaste (Moubray, 2017). A Figura 2.8 representa o padrão descrito no presente parágrafo, a curva de banheira.

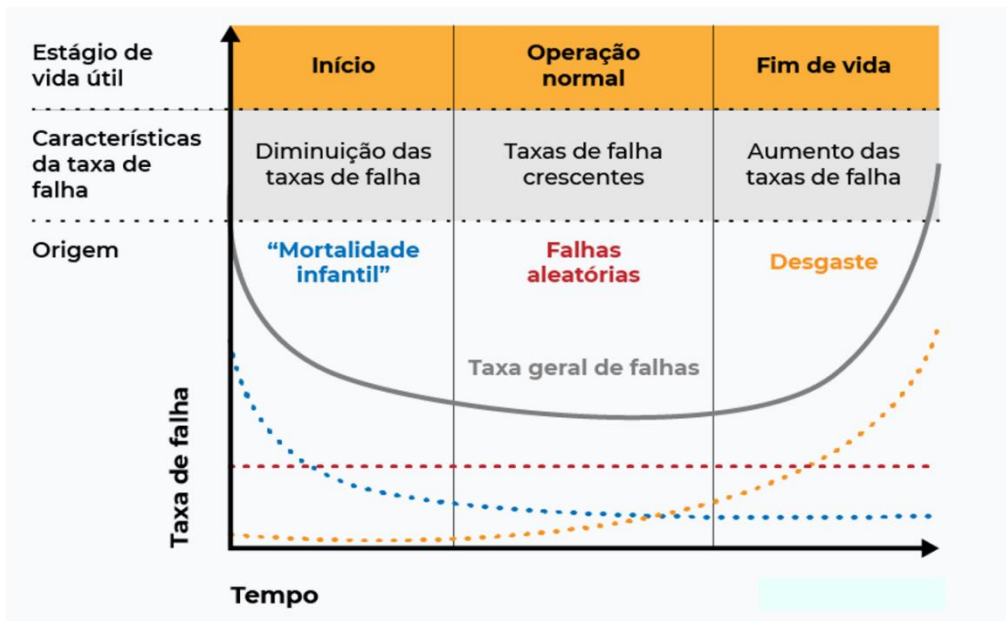


Figura 2.8 - Padrão de Falhas A, Curva da banheira, Fonte: Adaptado de (Marinelli, 2022)

Contudo, segundo a filosofia RCM, manutenção centrada na fiabilidade, o padrão de falhas A não é o único capaz de modelar os sistemas reparáveis, sendo que existem mais cinco padrões, caracterizados nos parágrafos e figuras que se seguem no presente capítulo.

O padrão de falhas B, representado na Figura 2.9, é também denominado por “desgaste típico”. É caracterizado por uma taxa de falhas constante até atingir a zona de desgaste, momento onde a probabilidade de falha começa a aumentar até ao fim de vida do ativo.

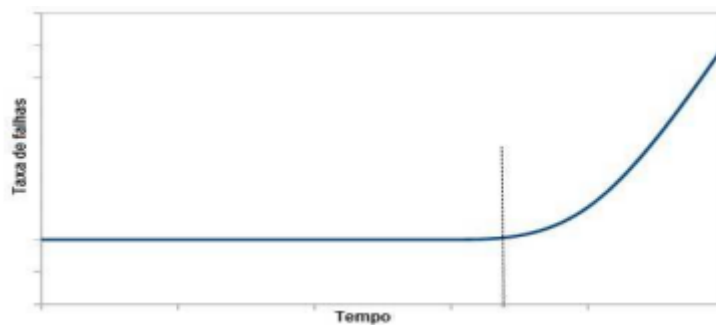


Figura 2.9 - Padrão de falhas B, Fonte: Adaptado de Moubray (2017)

A Figura 2.10 representa o padrão de falhas C, designado por “desgaste gradual” e é visível que ao longo do tempo há um aumento da probabilidade de falha, não associado a fenómenos de desgaste.

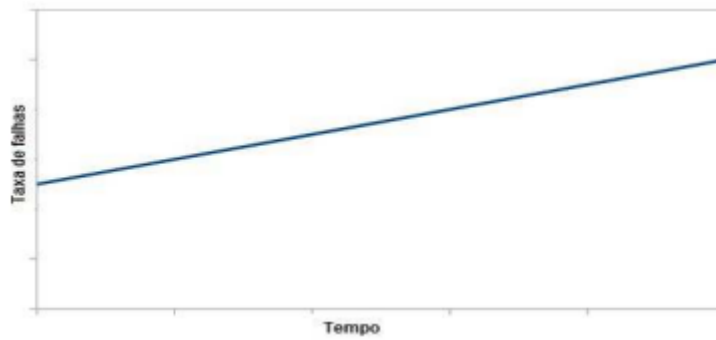


Figura 2.10 - Padrão de falhas C, Fonte: Adaptado de Moubray (2017)

O padrão de falhas D, representado na Figura 2.11, possui uma baixa probabilidade de falha quando o equipamento é novo. Essa probabilidade de falha evolui em função do tempo até atingir um nível em que se torna constante.

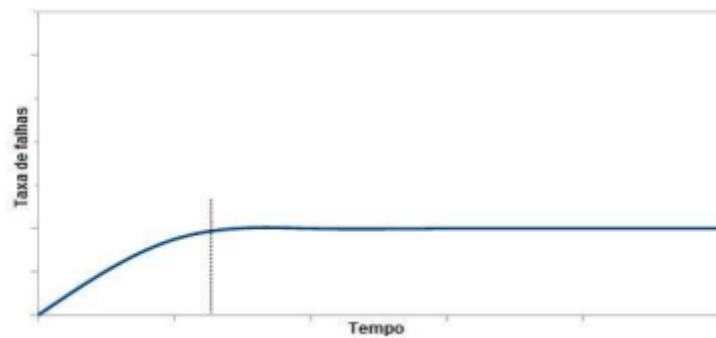


Figura 2.11 - Padrão de falhas D, Fonte: Adaptado de (Moubray, 2017)

A Figura 2.12 mostra uma probabilidade de falha constante para todas as fases da vida útil de um equipamento, isto acontece no padrão de falhas E. Este é também designado por “aleatório” uma vez que as falhas deste modelo não dependem do tempo de funcionamento do equipamento e por isso são sempre aleatórias.

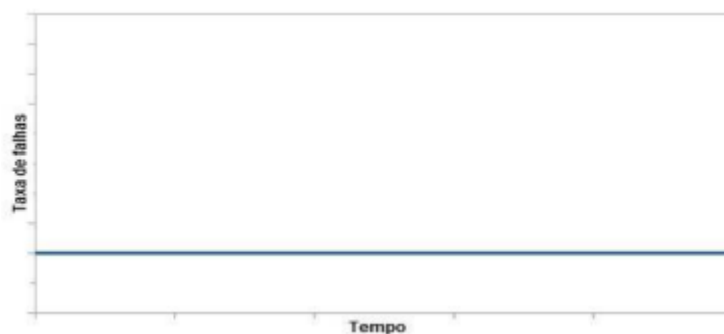


Figura 2.12 - Padrão de falhas E, Fonte: Adaptado de Moubray (2017)

Por último, o padrão de falhas F, representado na Figura 2.13, também designado por “mortalidade infantil” é o último do modelo de falha da filosofia RCM. Este modelo possui uma elevada taxa de falha quando o equipamento é novo, decrescendo em função do

tempo até atingir um período constante que dura até ao fim do ciclo de vida do equipamento.

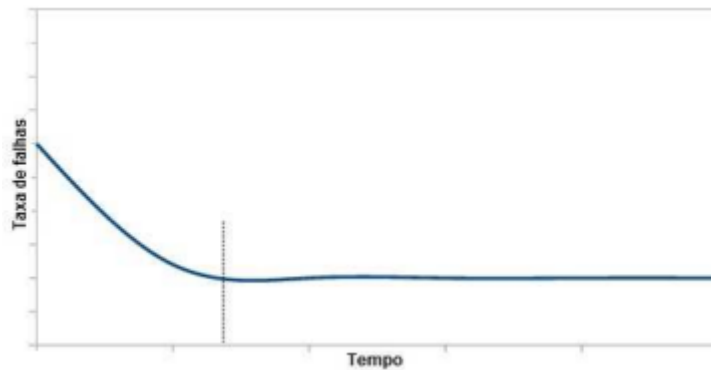


Figura 2.13 - Padrão de falhas F, Fonte: Adaptado de (Moubray, 2017)

2.2.6 Modelos de Gestão da Manutenção

Como referido no subcapítulo 2.3.3, definir e planejar uma estratégia de manutenção é um desafio para qualquer organização. Por esse motivo, ao longo do tempo, diversos modelos/ filosofias de manutenção foram desenvolvidos para responder a esse mesmo desafio. Essencialmente, estes modelos têm como objetivo estabelecer diretrizes que permitam otimizar as operações de manutenção realizadas e minimizar os custos relacionados à função de manutenção. Entre essas filosofias, destacam-se algumas que ganharam maior relevância no setor, sendo que as que serão abordadas ao longo do presente subcapítulo serão:

- Manutenção Centrada na Fiabilidade, em inglês, *Reliability Centered Maintenance (RCM)*;
- Manutenção baseada na condição, em inglês, *Condition Based Maintenance (CBM)*.

2.2.6.1 Manutenção Centrada na Fiabilidade – RCM

Um dos autores já mencionados na presente dissertação, Moubray (2017), é especialista na metodologia RCM e define este conceito como sendo “um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que os seus utilizadores querem que ele faça no seu contexto operacional presente”.

Outros autores também tentam explicar este método, como é o caso de Barros & Massala (2020), referindo que este método identifica e planeia ações com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha do equipamento, fazendo com que haja um aumento da fiabilidade e disponibilidade. Para além disso, tenta ainda fazer uma redução dos custos associados a acidentes, defeitos e reparações.

O RCM foi desenvolvido com o intuito de balancear os custos e os benefícios da função de manutenção. Para isso, é fulcral a realização de estudos que se baseiem em análises sistemáticas de todos os tipos de falhas e só depois se realiza um plano de manutenção específico adequado ao ativo em estudo.

Para complementar o raciocínio do parágrafo anterior podemos analisar a perspectiva de Cabral (2006). O autor caracteriza a filosofia RCM como um processo sistemático para determinar estratégias de manutenção que assegurem a funcionalidade e confiabilidade dos ativos ao menor custo possível. Segundo o mesmo, o RCM centra as atenções na identificação de falhas críticas, análise das respetivas causas e consequências, para além de também selecionar as intervenções de manutenção mais adequadas para as mitigar.

De forma sintetizada, o autor descreve que implementar uma metodologia RCM tem como propósito:

- Identificar funções críticas dos ativos e os seus padrões de desempenho previstos;
- Analisar os modos de falha e os respetivos impactos na operação;
- Definir planos de manutenção que priorizem intervenções em ativos com maior impacto no sistema;
- Melhorar a confiabilidade dos equipamentos através da recolha e análise de dados operacionais;
- Integrar otimização de custos operacionais com a prevenção eficaz para que todas as ações realizadas sejam economicamente viáveis.

Voltando novamente a Moubray (2017), este refere que esta metodologia precisa responder a sete perguntas para ser aplicada, considerando as seguintes questões:

- Quais são as funções e padrões de desempenho necessários no presente contexto operacional do equipamento?
- De que forma os equipamentos falham no cumprimento das suas funções?
- Qual a causa de cada falha?
- Quais as consequências provocadas por cada falha que ocorre?
- Qual a importância das consequências de cada falha (custo, criticidade)?
- O que pode ser feito para prevenir, impedir ou mitigar cada falha?
- O que pode ser feito quando não é possível prever uma falha?

Ao aplicar uma manutenção centrada na fiabilidade, esperasse um aumento da produtividade tendo sempre em atenção a sua aplicação responsável. A disponibilidade e a fiabilidade podem aumentar, havendo diminuição da taxa de falha e dos custos associados. Desta forma, pode se também esperar que o tempo de vida do ativo sofra um crescimento.

Para além das vantagens descritas no parágrafo anterior, Dhillon (2002) refere ainda que esta metodologia proporciona uma melhoria na segurança, aumento na qualidade dos produtos, da respetiva vida útil, registo de um histórico adequado de manutenção e uma redução do impacto ambiental provocado através da utilização dos equipamentos.

2.2.6.2 Manutenção Baseada na Condição – CBM

A manutenção baseada na condição, em inglês, *Condition Based Maintenance* (CBM) é visto como uma política de manutenção que define as operações de substituição de componentes com base na condição atual e na previsão da sua condição futura. Moubray (2017), um autor já mencionado várias vezes ao longo desta dissertação, apresenta a CBM como uma abordagem proativa que prevê potenciais falhas através de dados de monitorização. O autor enfatiza que esta metodologia se foca em monitorizar continuamente ou periodicamente a condição dos ativos para identificar sinais de desgaste antes que uma falha ocorra. Esta abordagem permite que as intervenções de manutenção sejam realizadas apenas quando necessário, otimizando custos e reduzindo o impacto de falhas inesperadas. O mesmo autor, reforça que a CBM é particularmente vantajosa em sistemas onde o tempo de inatividade tem consequências negativas, considerando-a uma estratégia fundamental para maximizar a confiabilidade e a eficiência operacional dos ativos.

De acordo com a International Atomic Energy Agency (IAEA) (2007), os principais objetivos da CBM podem ser sintetizados nos seguintes pontos:

- Aumentar a disponibilidade dos equipamentos e conseqüentemente reduzir as paragens forçadas, aumentando a fiabilidade do sistema;
- Aumentar o tempo de vida dos equipamentos, minimizando o desgaste causado por sucessivas reparações e reduzindo o impacto da montagem e desmontagem de componentes, através da identificação em tempo real dos problemas a eles associados;
- Diminuir os custos de manutenção, diminuindo os custos de reparação, a necessidade de horas extra e a quantidade de *stock* em inventário.

Apesar da sua aparente simplicidade, fazer uma análise através da metodologia CBM tem a sua complexidade, uma vez que é necessário realizar um estudo detalhado da fiabilidade dos equipamentos e dos custos associados à sua manutenção. Para além

disso, é essencial que haja um levantamento adequado dos modos e taxas de falha, criticidade dos equipamentos e benefícios de cada tipo de manutenção (Marquéz & Herguedas, 2004).

Assim, a metodologia CBM pode incluir:

- Inspeções gerais executadas semanalmente;
- Inspeções mensais detalhadas;
- Informação geral do equipamento;
- Parâmetros de funcionamento em tempo real;
- Anomalias detetadas em tempo real.

2.2.7 Impacto da manutenção na disponibilidade operacional de uma frota

Até ao momento, foram explorados em detalhe os conceitos de gestão de frota e de manutenção, assim como a relação existente entre estas duas áreas. O conceito de disponibilidade operacional foi apenas referido de forma superficial nos subcapítulos anteriores, carecendo ainda de um enquadramento mais claro e estruturado. Sendo um conceito crucial para compreender o propósito da presente dissertação, torna-se agora essencial aprofundar a sua relação com a manutenção, evidenciando o impacto direto que esta exerce sobre a disponibilidade dos veículos e, conseqüentemente, sobre o desempenho da operação.

A manutenção desempenha um papel fundamental na garantia da disponibilidade operacional, com foco em frotas de veículos, onde a confiabilidade e a eficiência de cada unidade são determinantes para o sucesso das operações. Em empresas *rent a car*, o impacto da manutenção reflete-se diretamente nos indicadores de desempenho operacional, influenciando não só os custos, mas também a qualidade do serviço.

Neste contexto, a manutenção, independentemente do tipo que for, assume-se como um dos fatores críticos de sucesso para minimizar o tempo de indisponibilidade e garantir que os veículos estejam em condições ótimas de operação. Isto vai de encontro à ideologia de Dhillon (2006), uma vez que o autor defende que a manutenção eficiente provoca uma redução dos tempos de paragem, estimulando uma gestão proativa dos ativos e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade operacional. Visto de outro prisma, a ineficiência da manutenção pode provocar longos períodos de indisponibilidade colocando em causa a confiabilidade dos ativos.

É neste momento que surge a importância de perceber a forma como os diferentes tipos de manutenção, nomeadamente a preventiva, corretiva e condicionada, têm impacto na disponibilidade/indisponibilidade de uma frota.

No caso da manutenção preventiva, é planeada e realizada tendo por base intervalos pré-determinados ou no histórico de uso do veículo. Recorrendo novamente à abordagem de Assis (2014), a manutenção preventiva tem impacto positivo devido à capacidade de antecipação de problemas que poderiam causar interrupções na operação, permitindo gerir fazer a intervenção num momento mais conveniente e que não cause transtorno à operação. Em frotas de veículos, isto significa que os ativos possam ser mantidos em condições ótimas de uso, evitando possíveis falhas mecânicas, provenientes da falta de manutenção preventiva, em alturas em que a procura será previsivelmente mais elevada.

Desta forma, um dos riscos da manutenção preventiva está precisamente associado aos picos de procura que uma empresa *rent a car* enfrenta ao longo do ano, uma vez que é considerado um negócio sazonal. Torna-se crucial perceber quais as alturas em que se justifica parar o veículo para realizar uma intervenção de manutenção preventiva, assumindo que isso gera indisponibilidade, no entanto, não põe em causa a procura e o risco de custos maiores associados a esta decisão. Para além disso, um outro desafio associado a este tipo de manutenção é o risco de intervenções desnecessárias em ativos que estão em boas condições, provocando custos operacionais adicionais que não justifiquem nem o valor gasto nem a indisponibilidade causada.

A manutenção corretiva acontece após a ocorrência de uma falha ou avaria com o objetivo de restaurar a funcionalidade do ativo à condição operacional o mais rápido possível. Este tipo de manutenção tem um impacto direto e negativo na disponibilidade operacional, pois geralmente resulta em tempos de paragem imprevisíveis.

Blanchard & Fabrycky (2010) defendem que, apesar da manutenção corretiva, por vezes, ser inevitável, o impacto na disponibilidade pode e deve ser mitigado utilizando uma gestão eficiente de recursos e tendo equipas com o conhecimento adequado. Por outras palavras, e recorrendo aos termos utilizados no subcapítulo 2.2, é crucial a existência de peças de reposição e de equipas devidamente treinadas, qualificadas e disponíveis com o objetivo de reduzir o MTTR, tempo médio de reparação.

No entanto, mesmo utilizando estas estratégias de mitigação, a manutenção corretiva tem tendência a ser a que acarreta custos totais mais elevados visto que as falhas inesperadas podem significar perdas de receita, danos secundários associados e custos de oportunidade provocados pela indisponibilidade causada.

Ao contrário da manutenção preventiva, a corretiva por ser utilizada sempre depois da ocorrência de uma falha ou avaria, não há a possibilidade de a realizar num momento em que seja mais conveniente e que tenha um menor impacto/custo de oportunidade para a empresa.

Por último, a manutenção condicionada, recorre a tecnologias avançadas para monitorizar o desempenho dos ativos em tempo real e prever falhas antes que estas aconteçam. Este tipo de manutenção permite antever a necessidade de determinada intervenção e de as realizar somente quando necessário, maximizando a disponibilidade operacional.

Dhillon (2006) foi um dos autores que abordou este tipo de manutenção, defendendo que é uma ferramenta com potencial para aumentar a eficiência operacional uma vez que permite controlar a condição de elementos críticos, no caso concreto de veículos, as baterias, sistemas de travagem, entre outros. Este tipo de manutenção permite que caso sejam necessárias intervenções, estas possam ser realizadas de forma proativa, evitando falhas que prejudiquem a satisfação do cliente.

Apesar dos benefícios a longo prazo serem a redução de custos operacionais e o aumento da confiabilidade dos veículos, é necessário um investimento inicial considerável que muitas vezes é um fator de peso para algumas empresas.

No caso específico de empresas *rent a car*, torna-se inevitável a utilização dos três tipos de manutenção anteriormente referidos. Tendo em conta que é um ramo bastante sazonal, tanto a manutenção de carácter preventivo como condicionado ganham maior relevância visto que, tal como referido ao longo dos parágrafos anteriores, podem antecipar diversas intervenções ao ponto de evitar que estas ocorram em períodos de maior ocupação e que afetem a capacidade de resposta face à procura. Para além disso, em alturas de maior ocupação, qualquer veículo que tenha de fazer uma intervenção que o impeça de estar disponível para operação representa um alto custo de oportunidade por isso, é crucial que haja uma maximização da disponibilidade operacional.

Relativamente às manutenções de carácter corretivo, dado a sua imprevisibilidade, é importante as empresas estarem o melhor preparadas possível. Isto, de forma que possam atuar da forma mais célere possível, fazendo com que o transtorno causado ao cliente e à operação seja minimizado, diminua o custo de oportunidade associado ao tempo de paragem, que uma manutenção corretiva requer, e os custos diretamente relacionados com a operação

2.3 Disponibilidade

2.3.1 Conceito de disponibilidade

Segundo a norma portuguesa NP EN 13306:2007, a disponibilidade é a aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, num dado instante ou durante um dado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o

fornecimento dos recursos externos necessários. Para além disso, há uma nota explicativa que menciona que a aptidão depende da combinação da fiabilidade, da manutibilidade e da adequabilidade da manutenção.

No seguimento da definição anterior, a disponibilidade é uma função que varia consoante a fiabilidade e a manutibilidade.

Segundo Rausand & Høyland (2004), fiabilidade é a capacidade de um sistema ou componente realizar suas funções pretendidas sem falhas durante um período especificado, sob condições de operação dadas. Por outro lado, a manutibilidade é, segundo Pham & Dionne (2018), a capacidade de um sistema ser mantido e reparado com eficácia e eficiência, influenciando o tempo e o custo associados à restauração do sistema após uma falha. Esta relação está demonstrada na Tabela 2.1, permitindo perceber que basta uma apresentar uma tendência negativa que irá influenciar negativamente o resultado, que neste caso, é a disponibilidade.

Tabela 2.1 - Relação entre Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade, Fonte: Canuto (2009)

Fiabilidade	Manutibilidade	Disponibilidade
=	↓	↓
=	↑	↑
↑	=	↑
↓	=	↓

Dado a relação que a manutibilidade e a fiabilidade têm com a disponibilidade, alguns autores procuraram definir os princípios gerais de cada um destes conceitos, como é o caso de Dhillon (2006), conforme se pode observar na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Princípios Gerais da Manutibilidade e Fiabilidade, Fonte: Dhillon (2006)

Princípios Gerais	
Manutibilidade	Fiabilidade
Diminuir os custos associados à manutenção ao longo do ciclo de vida.	Otimizar o uso de componentes padronizados.
Reduzir a quantidade, a frequência e a complexidade das atividades de manutenção exigidas.	Utilizar menos componentes que desempenhem várias funções.
Diminuir o tempo médio necessário para reparações.	Destacar a simplificação no projeto.
Definir a extensão de manutenção preventiva que deve ser realizada.	Utilizar componentes e peças cuja confiabilidade já tenha sido comprovada.
Assegurar a máxima permutabilidade.	Desenvolver um projeto livre de falhas.
Reduzir a quantidade de fornecimentos requeridos.	Implementar redundâncias quando necessário.
Diminuir ou eliminar a necessidade de manutenção.	Minimizar tensões nos componentes e peças.
Avaliar as vantagens do design modular para substituição em comparação com a reparação de peças ou o conceito de produto descartável.	Garantir os fatores de segurança adequados para os níveis de força e picos de tensão.

2.3.2 Estados da disponibilidade

Para compreender a disponibilidade operacional de forma mais rigorosa, é importante analisar as dimensões temporais e os estados funcionais associados à operação de um ativo. Estes conceitos, amplamente utilizados na gestão de ativos físicos, são igualmente aplicáveis à gestão de frotas.

A norma NP EN 13306:2007 define vários estados que um ativo pode assumir ao longo do seu ciclo de utilização:

- **Estado de disponibilidade** – O ativo encontra-se apto para cumprir a função requerida;
- **Estado de indisponibilidade** – O ativo não está apto para cumprir a função requerida, devido a falha ou incapacidade;
- **Estado de repouso** – O ativo está disponível, mas não está a ser utilizado nem é necessário naquele momento;
- **Estado de espera** – Estado de um ativo disponível quando não está em funcionamento durante um tempo em que é requerido;

- **Estado de funcionamento** – Estado de um bem que cumpre a função requerida;
- **Estado de incapacidade externa** – Estado de incapacidade de um ativo disponível, por falta de recursos externos fundamentais.

A Figura 2.14 ilustra os estados de disponibilidade mencionados anteriormente

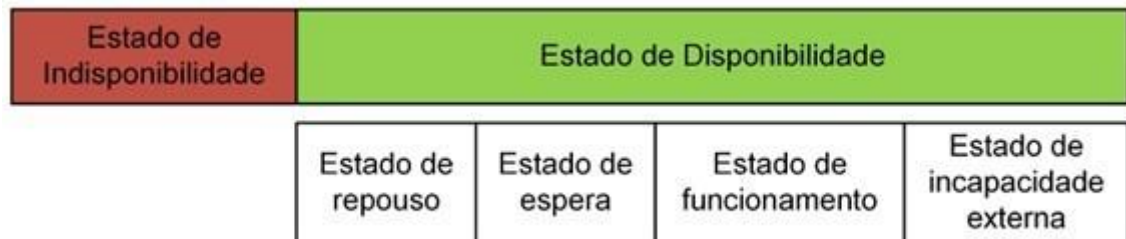


Figura 2.14 - Estados de disponibilidade, Fonte: adaptado de Cabrita et al. (2015)

Segundo outra perspectiva, Pryor (2008) aborda o conceito de tempos de forma diferente. O mesmo autor considera que existem diferentes tempos utilizados para o cálculo da disponibilidade operacional, representados na Figura 2.15 e descritos de seguida:

- **Tempo de atividade** – Período de utilização ou em condições de ser utilizado para realizar a função requerida;
- **Tempo de inatividade** – Período em que não está a ser utilizado, independentemente de estar ou não em condições de realizar a função requerida;
- **Tempo de espera** – Período de não funcionamento e que não está indicado para desempenhar a sua principal função;
- **Tempo de missão** – Tempo dedicado a realizar a função requerida;
- **Tempo de manutenção** – Período durante o qual ocorrem ações de manutenção.

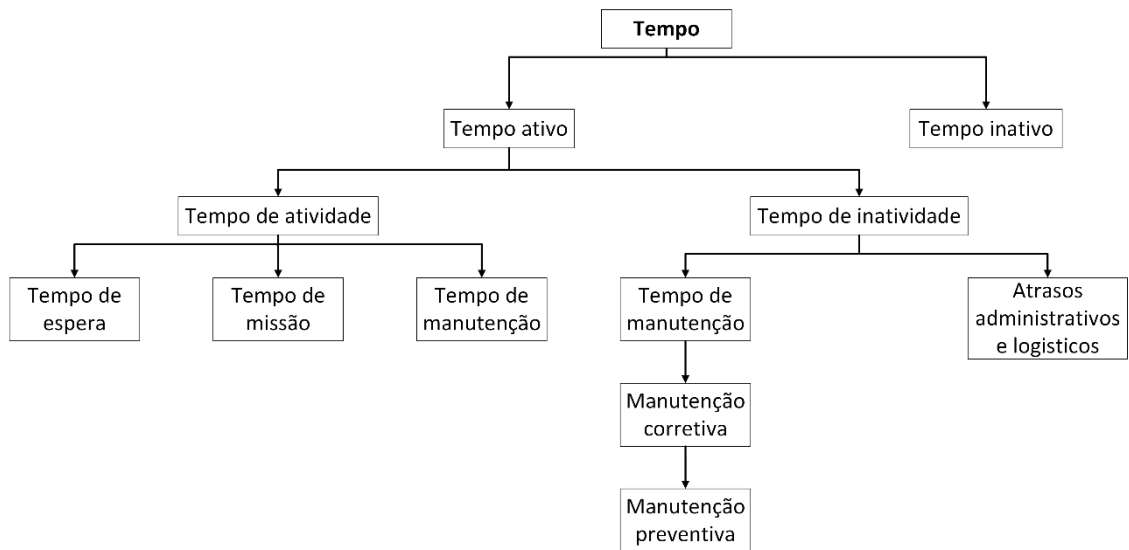


Figura 2.15 - Categorias de tempo utilizados para calcular a disponibilidade operacional, Fonte: Adaptado de Pryor (2008)

De acordo com Opah (2004), a disponibilidade operacional, a fiabilidade operacional e a capacidade operacional são os três componentes essenciais que determinam a eficiência de um sistema. Estes elementos devem ser definidos em função do ambiente operacional específico e do cenário de utilização previsto. Juntos, esses fatores são decisivos para a eficácia do sistema e são descritos da seguinte forma:

- **Capacidade operacional:** Diz respeito às características que definem a operacionalidade do sistema, incluindo as suas capacidades técnicas, como a variedade de produtos que pode processar, a quantidade de carga que pode suportar ou o nível de precisão com que realiza as suas tarefas. Esta característica determina o quão bem o sistema consegue enfrentar os desafios e cumprir os requisitos operacionais.
- **Disponibilidade operacional:** Corresponde à probabilidade de o sistema estar apto a desempenhar suas funções dentro do contexto operacional específico, quando for solicitado, num momento aleatório.
- **Fiabilidade:** Relaciona-se à probabilidade de o sistema continuar em operação durante o tempo previsto de serviço, mantendo as condições iniciais de funcionamento.

Esses três fatores combinados determinam a efetividade geral do sistema no seu ambiente de operação, garantindo um desempenho adequado às suas especificidades.

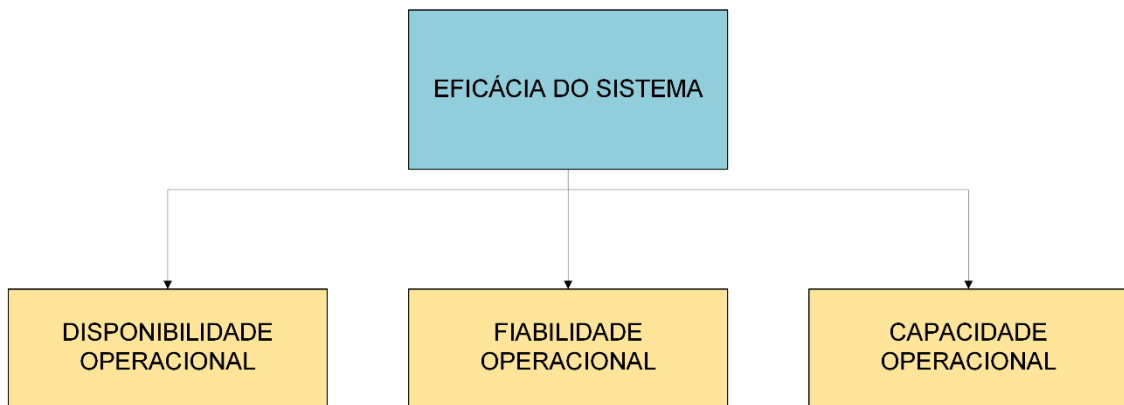


Figura 2.16 - Elementos da eficácia de um sistema, Fonte: Adaptado de Opah (2004)

2.3.3 Classificação de disponibilidade

A definição de disponibilidade pode ser bastante flexível e adapta-se consoante a forma como se pretende analisar o contexto operacional. No entanto, de uma forma geral, a disponibilidade pode ser definida como a percentagem de tempo em que um ativo está apto para desempenhar as funções requeridas, dentro do período em que deveria estar operacional.

Para Dhillon (2006), a disponibilidade mede a capacidade de um ativo estar operacional e pronto para ser usado quando necessário, tendo em conta fatores como a confiabilidade, manutibilidade e fatores externos.

A norma NP EN 13306 (2021) aborda que a disponibilidade pode ser classificada das seguintes formas:

- **Disponibilidade intrínseca**

A disponibilidade intrínseca (A_i) reflete a disponibilidade de um ativo quando considerada apenas a manutenção corretiva realizada sob condições ideais. Desta forma, a disponibilidade intrínseca depende da fiabilidade e manutibilidade inerentes ao equipamento. A mesma pode ser expressa segundo a equação (2.1).

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.1)$$

- **Disponibilidade operacional**

A disponibilidade operacional mede a disponibilidade média real de um sistema ao longo de um período, considerando todas as fontes de inatividade, como tempos de inatividade administrativos, logísticos e de manutenção. Trata-se da probabilidade de o sistema funcionar adequadamente num determinado momento, num ambiente realista.

Diferente de outras classificações teóricas de disponibilidade, que são baseadas em estimativas à priori, a disponibilidade operacional reflete eventos reais que ocorreram no sistema.

A disponibilidade operacional é calculada pela relação entre o tempo de atividade do sistema e o tempo total de operação. A equação (2.2) expressa a disponibilidade operacional.

$$A_o = \frac{Uptime}{Operating\ Cycle} \quad (2.2)$$

Onde:

Uptime – Tempo de funcionamento;

Operating cycle – Tempo total de operação.

Este conceito está relacionado com a eficiência das operações de manutenção, refletindo o desempenho real de um sistema ou equipamento na sua operação diária. Para empresas ou organizações, é fundamental compreender que a disponibilidade operacional não reflete apenas o tempo de inatividade associado à manutenção preventiva e corretiva, mas também o impacto de fatores organizacionais e logísticos, como a disponibilidade de peças sobressalentes e a prontidão do pessoal de manutenção.

De acordo com Blanchard & Blyler (2016), um especialista em engenharia logística, a disponibilidade operacional é definida como a medida de prontidão de um sistema, representada pela probabilidade do sistema estar disponível para realizar a sua função quando necessário, num ambiente operacional específico.

Os mesmos autores destacam que a disponibilidade operacional é uma função de três fatores principais: fiabilidade (a capacidade de o sistema funcionar sem falhas), capacidade de manutenção (a facilidade e rapidez de reparar o sistema) e apoio logístico (a disponibilidade de peças sobressalentes e recursos de manutenção). Esta definição sublinha que, para maximizar a disponibilidade operacional, é necessário otimizar o design do sistema e o suporte logístico, garantindo assim uma operação eficiente ao longo do ciclo de vida do sistema.

Portanto, a disponibilidade operacional é a métrica final de desempenho prático, que oferece uma visão clara sobre a prontidão e eficiência de um sistema numa operação contínua.

Por outro lado, o conceito de indisponibilidade surge como complementar à disponibilidade. Neste contexto, a indisponibilidade é definida como a probabilidade de um equipamento, sistema ou componente, não estar operacional num determinado período.

Do ponto de vista das empresas a indisponibilidade surge como indicador relevante pois mede o efeito das falhas e das atividades de manutenção na operação dos ativos. Por este motivo, minimizar a indisponibilidade é um objetivo central das estratégias de manutenção, já que isso contribui para o aumento da eficiência operacional e da produtividade, garantido que os recursos estejam disponíveis para cumprir suas funções.

2.3.4 Fatores operacionais que afetam a disponibilidade da frota

A disponibilidade operacional de uma frota depende de múltiplos fatores interligados que afetam, direta ou indiretamente, a capacidade dos veículos estarem prontos para desempenhar a função requerida quando necessário. Estes fatores, de natureza técnica, logística e organizacional, representam áreas críticas que, quando bem geridas, contribuem para a maximização da eficiência operacional e a minimização do tempo de inatividade.

1. Eficiência da manutenção

A manutenção, tanto preventiva como corretiva, é amplamente reconhecida como um dos fatores com maior impacto na disponibilidade da frota. Uma abordagem planeada permite antecipar falhas e realizar intervenções em momentos estrategicamente escolhidos, minimizando interrupções operacionais. Segundo Dhillon (2006), uma manutenção eficaz reduz os tempos de paragem, aumenta a confiabilidade dos ativos e melhora a gestão dos recursos técnicos e humanos

2. Gestão de peças sobressalentes

A indisponibilidade de componentes essenciais no momento de uma avaria representa uma das principais causas de prolongamento dos tempos de imobilização. (B. Blanchard & Fabrycky, 2010) realçam a importância de uma gestão eficiente do inventário de peças, garantindo que as peças mais críticas estejam prontamente acessíveis sempre que necessário.

3. Qualificação da equipa de manutenção

A prontidão e competência técnica da equipa de manutenção influenciam diretamente o tempo médio de reparação (MTTR). Equipas treinadas e com acesso a ferramentas adequadas são determinantes para diagnósticos rápidos e intervenções eficazes, o que impacta positivamente a disponibilidade operacional.

4. Planeamento logístico

Questões logísticas, como a localização dos veículos ou a distância até oficinas, podem condicionar a celeridade da intervenção. Tsang (2002) defende que o planeamento da manutenção deve considerar restrições logísticas para minimizar tempos de deslocação e indisponibilidade.

5. Sazonalidade e planeamento operacional

A sazonalidade na procura, especialmente evidente no setor de aluguer automóvel, exige um planeamento operacional ajustado às flutuações ao longo do ano. Chopra & Meindl (2016) referem que a antecipação de períodos de pico através da construção de inventário sazonal é uma estratégia eficaz para alinhar a capacidade operacional com a procura. No contexto da gestão de frotas, implica agendar manutenções nos períodos de menor atividade, aumento a disponibilidade nos momentos críticos e evitando indisponibilidades desnecessárias.

3 Modelo de aplicação

Este capítulo apresenta o modelo metodológico adotado para a análise do impacto da manutenção na disponibilidade operacional de uma frota automóvel. O modelo foi desenvolvido com base em dados reais recolhidos numa empresa de renting automóvel, com o objetivo de avaliar a eficiência das práticas de manutenção e o seu reflexo na disponibilidade dos veículos.

Cada vez mais as empresas enfrentam desafios a nível da competitividade, sendo que o cenário atual é caracterizado por mudanças constantes na procura, por avanços tecnológicos e fatores ambientais. Estas situações exigem que as empresas se adaptem às mudanças rapidamente e adotem uma abordagem operacional mais eficiente, sem desperdícios (Tasdemir et al., 2020).

Tendo em consideração o crescente desafio das empresas em garantir operações logísticas eficientes e sustentáveis, torna-se essencial que os gestores adotem metodologias capazes de avaliar o desempenho dos seus ativos e identificar oportunidades de melhoria. Neste contexto, a utilização de Key Performance Indicators (KPIs) surge como uma ferramenta essencial para monitorizar a performance da frota, em especial no que diz respeito à manutenção e à sua influência na operacionalidade dos veículos.

O modelo proposto nesta dissertação foi estruturado de forma a permitir:

- Avaliar o desempenho atual da frota, considerando dados de manutenção e utilização;
- Identificar as principais causas de indisponibilidade;
- Medir o peso da manutenção preventiva e corretiva;
- Propor melhorias concretas com base em evidência empírica;

3.1 Estrutura do modelo de aplicação

O modelo de aplicação é concebido com o propósito de oferecer uma análise prática e flexível para monitorizar, analisar e melhorar processos críticos. Desta forma, o modelo é baseado nas seguintes diretrizes gerais:

- Estabelecer métricas mensuráveis para avaliar o desempenho real do sistema;
- Identificar fatores críticos de sucesso;
- Propor melhorias fundamentadas;

As empresas enfrentam desafios crescentes relacionados à sustentabilidade, competitividade e eficiência, obrigando-as a adotar modelos estruturados e estratégicos que proporcionem um suporte claro para decisões, com base em dados concretos e métricas bem definidas.

Deste modo, a proposta de modelo baseia-se na adaptação destas diretrizes às necessidades e aos processos específicos da organização podendo ser enquadrada segundo a estrutura da metodologia PDCA (*Plan, Do, Check, Act*)

O Ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act) representa uma abordagem estruturada para a melhoria contínua de processos, sendo amplamente utilizado na gestão da qualidade, manutenção e otimização operacional. Trata-se de um modelo iterativo que permite identificar problemas, implementar soluções e avaliar os seus efeitos de forma sistemática, promovendo a aprendizagem organizacional e a eficiência dos processos (Antony, 2020).

Esta metodologia visa não apenas a resolução de problemas pontuais, mas sobretudo a prevenção da sua recorrência, através da padronização de boas práticas e da análise crítica dos resultados obtidos. As quatro fases do ciclo, Planear (*Plan*), Executar (*Do*), Verificar (*Check*) e Agir (*Act*), estabelecem uma lógica cíclica de melhoria, em que cada iteração contribui para o refinamento contínuo do sistema (Imai, 2012).

As quatro fases do ciclo PDCA são ilustradas na Figura 3.1



Figura 3.1 - Representação do ciclo PDCA, Fonte: Alencar (2020)

Na fase de planeamento, identificam-se as oportunidades de melhoria e definem-se objetivos e ações concretas. A fase de execução foca-se na implementação das ações planeadas na fase anterior. Segue-se a verificação, em que os resultados são comparados com os objetivos iniciais. Por fim, na fase de ação, mediante os resultados, são tomadas medidas para ajustar e melhorar os processos que não tiveram os resultados esperados, e desenvolver métodos de padronização caso os objetivos tenham sido atingidos.

Desta forma, recorrendo à metodologia PDCA, o modelo é composto pelas seguintes etapas, que se enquadram da maneira ilustrada na Figura 3.2 nas quatro fases do ciclo PDCA

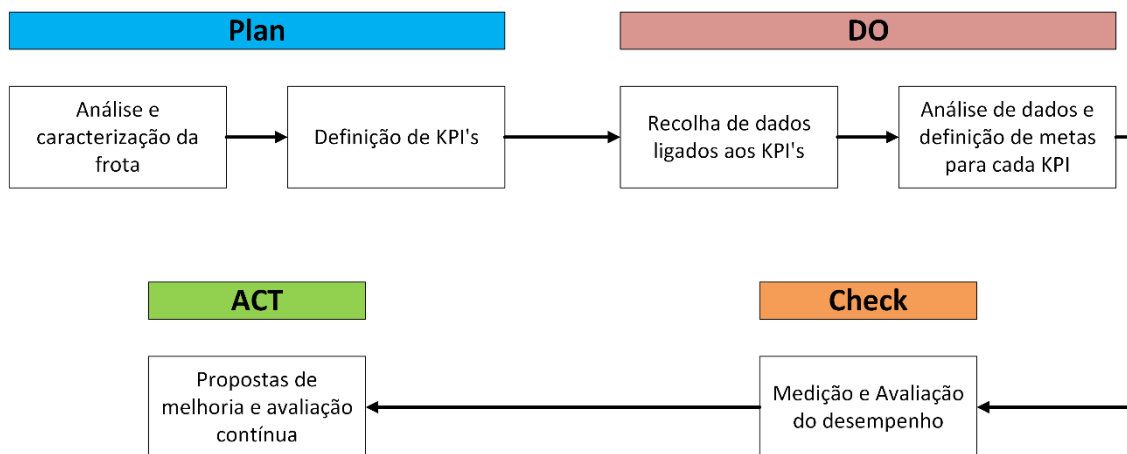


Figura 3.2 - Esquema do modelo proposto, Fonte: (Elaboração própria)

Através da figura 3.2 é possível perceber que o modelo se desenvolve em 6 etapas descritas de seguida:

1. Análise e caracterização da frota (Plan)

Nesta etapa, será definida a amostra alvo de estudo. Esta segmentação inicial fornece a base de estudo para as etapas posteriores, garantindo que o modelo é aplicado de forma alinhada às condições reais da operação.

2. Definição de Indicadores de desempenho (Plan)

Com base na caracterização da frota, são definidos os Key Performance Indicators (KPI's) que servirão de base para avaliar a disponibilidade dos ativos e a eficácia das intervenções de manutenção. Estes indicadores devem ser relevantes, mensuráveis e alinhados com os objetivos operacionais.

3. Recolha de dados ligados aos KPI's (Do)

Nesta etapa procede-se à recolha sistemática de dados operacionais e de manutenção, diretamente associados aos KPI's previamente definidos. A qualidade e fiabilidade dos dados são fundamentais para garantir análises consistentes.

4. Análise de dados e definição de metas para cada KPI (Do)

Será feita uma análise dos dados recolhidos anteriormente. Ao mesmo tempo serão definidas metas para cada um dos indicadores chave de desempenho definidos, de forma a comparar o desempenho real com o desempenho pretendido.

5. Medição e avaliação do desempenho (Check)

A par das etapas anteriores, são aplicados cálculos que permitam medir o desempenho do sistema através dos KPI's definidos. Estes cálculos fornecem uma visão detalhada das operações e permitem identificar potenciais setores de melhoria.

6. Propostas de melhoria e avaliação contínua (Act)

Com base nos resultados obtidos, são desenvolvidas propostas de melhoria para otimizar o desempenho da operação, que devem ser acompanhadas por planos de monitorização contínua.

Sintetizando, o modelo de aplicação fornece uma visão clara e contextualização do caso de estudo, como demonstrado e aplicado no capítulo seguinte. São definidos os limites de estudo, ou seja, a identificação do universo, o período de análise e os critérios de recolha e organização de dados.

A contextualização, no fundo, fornece uma base sólida para o decorrer do caso de estudo e, para além disso, permite ainda identificar os principais desafios a serem enfrentados e começar a ter perceção das limitações operacionais.

3.2 Definição de KPI's

Key performance indicator (KPI), em português, indicador-chave de desempenho, são métricas essenciais na avaliação e monitorização da eficiência e eficácia de processos e sistemas independentemente do tipo de indústria. Segundo Parmenter (2019), os

KPI's são utilizados para fornecer uma visão quantitativa sobre o desempenho organizacional, permitindo a identificação de áreas críticas de melhoria.

Os indicadores de desempenho podem ser divididos em categorias. A norma NP EN 15341 (2009) faz a classificação em três categorias principais:

- Indicadores económicos;
- Indicadores técnicos;
- Indicadores organizacionais;

No contexto de empresas *rent a car*, os KPI's são determinantes devido à alta dependência da disponibilidade dos veículos para sustentar a operação, conforme referido anteriormente. É determinante que haja um equilíbrio entre o tempo de operação (disponibilidade) e o tempo requerido para intervenções de manutenção (indisponibilidade) quer sejam previamente planeadas ou não.

Desta forma, nesta etapa realiza-se a definição de KPI's, focando no desempenho dos processos chave da empresa. Posteriormente, estes indicadores são avaliados e analisados, discutindo a definição dos mesmos em prol dos objetivos da empresa. Os indicadores a utilizar neste ramo vão de encontro aos termos teóricos apresentados no capítulo 2, nomeadamente:

- Disponibilidade operacional;
- Tempo médio para reparação;
- Taxa de inatividade da frota devido a intervenções mecânicas;

3.3 Recolha de dados ligados aos KPI's

A recolha de dados é uma fase essencial no desenvolvimento de qualquer modelo de aplicação com indicadores chave de desempenho como foco. Este processo garante que as informações necessárias para medir os indicadores sejam precisas, consistentes e adequadas face o objetivo definido. Os dados recolhidos constituem a base do modelo, oferecendo as informações necessárias para avaliar o desempenho e sustentar as decisões tomadas.

Para garantir a eficácia do modelo, a recolha de dados deve ser realizada recorrendo a métodos apropriados à natureza dos indicadores em estudo. Entre as principais técnicas que podem ser aplicadas incluem-se:

- Observação direta;
- Medição de tempos;

- Extração de dados históricos;

A análise prática desenvolvida nesta dissertação baseia-se em dados reais recolhidos da frota da empresa, referentes às intervenções de manutenção registadas entre os meses de abril e outubro de 2024. Os dados foram extraídos da base digital interna utilizada pela organização para gerir e acompanhar o estado dos veículos.

O processo de registo tem início assim que uma anomalia é detetada: a equipa local responsável sinaliza o problema na plataforma digital, gerando automaticamente um registo no sistema. Este registo é depois atualizado à medida que a intervenção evolui, incluindo a sua execução e respetiva conclusão.

Cada intervenção inclui um conjunto de campos informativos essenciais:

- Identificação do veículo – Matrícula e modelo;
- Data de início e fim (estimada);
- Tipo de intervenção;
- Subtipo de intervenção;
- Quilometragem no momento da intervenção;
- Observações complementares (descrição do problema, ações realizadas, etc)

A amostra considerada inclui 40 veículos com registos no período analisado.

Por sua vez, o tratamento e organização dos dados foram efetuados em Microsoft Excel, utilizando técnicas básicas de análise e filtragem, tais como:

- Segmentação por tipo de manutenção;
- Classificação por subtipo de intervenção;
- Contagem de nº de vezes por subtipo;
- Cálculo do tempo de indisponibilidade provocado por cada tipo.

Estes dados permitem uma análise crítica sobre os fatores que afetam a disponibilidade da frota e a eficácia das estratégias de manutenção aplicadas.

3.4 Análise de dados e definição de metas para cada KPI

Após definir os indicadores de desempenho (KPI's), é essencial definir metas a atingir para cada um deles. Para isso, é importante que os dados recolhidos reflitam com precisão o desempenho atual e permitam fazer comparações com os objetivos definidos.

A definição das metas inicia-se com uma análise detalhada dos dados históricos recolhidos, considerando variações, que podem estar associadas a fatores como sazonalidade da procura, picos de atividade ou problemas operacionais. Além disso, os resultados esperados devem estar alinhados não apenas com as metas definidas, mas também com os objetivos organizacionais, como maximizar a eficiência, reduzir custos operacionais e melhorar a satisfação dos clientes. Toda esta etapa é fundamental para garantir que os KPI's apoiem a estratégia organizacional.

Para estruturar a definição de metas e garantir que estas são claras, objetivas e alinhadas aos objetivos da organização será adotado o método SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound*). Conforme defendido por Leonard (2024) este método proporciona uma abordagem sistemática, garantindo que as metas sejam:

- **S – Específicas (*Specific*):** devem ser definidas de forma clara e objetiva de acordo com os objetivos da organização;
- **M – Mensuráveis (*Mensurable*):** devem ser quantificáveis, isto é, traduzidas em valores concretos, de forma que seja possível medir e avaliar o progresso;
- **A – Atingíveis (*Achiavable*):** devem ser realistas e compatíveis com os recursos e capacidade disponíveis;
- **R – Relevantes (*Relevant*):** devem estar diretamente alinhadas com os objetivos estratégicos e prioridades da empresa;
- **T – Temporais (*Time-Bound*):** Devem ser estabelecidos prazos claros, estabelecendo períodos para revisão e avaliação contínua dos resultados alcançados;

Segundo Locke & Latham (2019) a definição de metas claras e mensuráveis é crucial para o desempenho organizacional. Os autores defendem que metas específicas, mensuráveis, alcançáveis, relevantes e temporais (SMART) são fundamentais para aumentar o foco e a motivação das equipas. Desta forma, ao adotar esta abordagem, as organizações conseguem estruturar as suas metas de forma mais eficaz. Para além disso, esta é uma metodologia que acompanha uma abordagem de melhoria contínua, permitindo que haja ajustes com o decorrer do tempo de forma a maximizar os resultados.

3.5 Medição e avaliação do desempenho

Nesta fase será feita a análise do impacto da manutenção na disponibilidade operacional da frota por ser fundamental para compreender até que ponto as

intervenções de manutenção, tanto preventiva como corretiva, afetam a capacidade dos veículos estarem disponíveis para operação

A análise é estruturada de forma a permitir a identificação de padrões de indisponibilidade, recorrência de intervenções e desvios face aos tempos previstos de imobilização. Neste sentido, será avaliada a relação entre o tempo de permanência dos veículos em manutenção e a disponibilidade global da frota.

O modelo contempla a separação entre manutenção preventiva planeada, manutenção corretiva não planeada e eventuais excessos de imobilização. Esta segmentação permite não só perceber o peso de cada tipo de manutenção na indisponibilidade, como também identificar oportunidades de melhoria ao nível do planeamento, priorização e alocação de recursos.

Além disso, é considerada a definição de indicadores específicos, como por exemplo:

- Percentagem de indisponibilidade por tipo de manutenção;
- Tempo médio de imobilização por intervenção;
- Desvio entre tempo planeado e tempo real de execução.

Estes indicadores serão utilizados como base para a análise no capítulo seguinte e servirão de apoio na identificação de ineficiências operacionais e oportunidades de melhoria da manutenção.

3.6 Propostas de Melhoria

A última fase do modelo de aplicação consiste na identificação de oportunidades de melhoria e no desenvolvimento de ações que possam contribuir para o aumento da eficiência e da produtividade. Esta etapa depende diretamente dos resultados obtidos nas fases anteriores, utilizando os dados recolhidos e indicadores avaliados para elaborar propostas que visem mitigar os desperdícios identificados e maximizar o desempenho operacional.

A identificação de oportunidades de melhoria proporciona-se através da análise dos indicadores chave de desempenho e da observação dos processos operacionais. Os principais fatores a serem considerados para a definição de melhorias estão:

- **Identificação de desvios:** Quais processos e/ou atividades apresentam um desempenho abaixo do pretendido;
- **Identificação e análise de fatores críticos:** Análise de possíveis causas para desvios nos resultados;
- **Impactos observados:** Avaliação do impacto direto e indireto de problemas identificados no desempenho do sistema;

Por fim, de modo a priorizar as propostas de melhorias identificadas será utilizada uma matriz de Impacto/Esforço. Segundo Trieflinger et al. (2021), esta matriz é utilizada para priorizar algo com base em duas dimensões:

- **Impacto** – refere o valor proporcionado ao cliente e para a própria empresa;
- **Esforço** – incide sobre os recursos necessários à implementação da melhoria.

Esta matriz divide-se em quatro quadrantes, conforme representado na Figura 3.3.

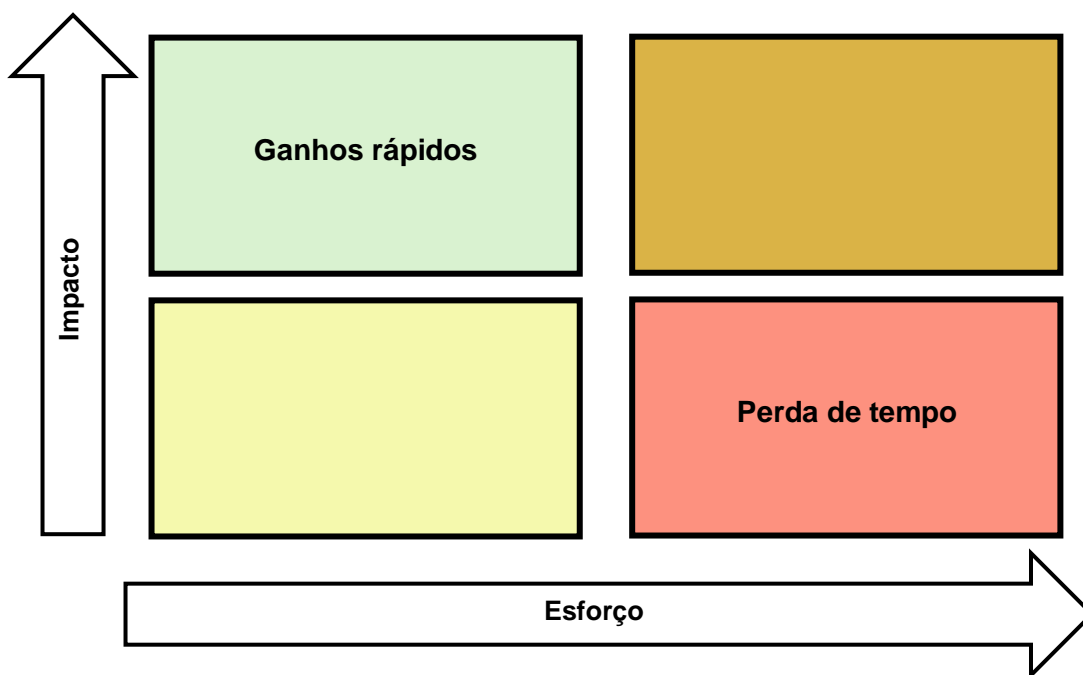


Figura 3.3 – Quadrantes de uma matriz Impacto/Esforço, Fonte: Elaboração Própria

4 Caso de estudo

4.1 Âmbito e contextualização

O presente capítulo apresenta um caso de estudo focado na análise da disponibilidade operacional em uma empresa do setor *rent a car* especializada no aluguer de autocaravanas. Diferente de uma *rent a car* tradicional, a frota alugada é composta exclusivamente por veículos adaptados para turismo e lazer. No entanto, cumprem os requisitos da carta de condução do tipo B, permitindo que qualquer condutor habilitado a conduzir veículos ligeiros os possa alugar, sem qualquer tipo de restrição ou custo adicional.

Sendo este um setor caracterizado pela elevada dependência da operação contínua dos veículos, a disponibilidade operacional surge com um papel fundamental na sustentabilidade do negócio, redução de custos e satisfação do cliente.

A empresa sobre a qual o estudo incidiu, opera em um mercado competitivo e sazonal, onde o tempo de indisponibilidade dos veículos tem impacto direto nos resultados da organização. Sendo a frota composta por autocaravanas, a sua gestão apresenta alguns desafios específicos que uma *rent a car* tradicional não tem de lidar, como por exemplo, a existência de instalações sanitárias, elétricas e hidráulicas. A indisponibilidade causada por qualquer tipo de razão, como por exemplo, intervenções de manutenção, falhas inesperadas, entre outras, para além de representarem custos para a empresa no sentido em que é necessário despende dinheiro para repor os carros na sua condição inicial, também está a impedir que este seja utilizado para operação e consequentemente rentabilizar o ativo.

Apesar dos desafios extra mencionados no paragrafo anterior, o foco desta dissertação recairá para a indisponibilidade causada por intervenções de manutenção, setor onde a gestão de frota enfrenta vários desafios para equilibrar a disponibilidade da mesma, com os custos de manutenção. Desta forma é importante:

- Implementar estratégias preventivas e preditivas que reduzam o número de paragens inesperadas;
- Monitorizar continuamente os indicadores de desempenho definidos;

- A análise do impacto de diferentes tipos de manutenção na operação geral da frota.

Um dos principais objetivos deste estudo recai sobre o último ponto referido, procurando responder a perguntas como:

1. Qual o impacto da manutenção na disponibilidade operacional da frota?
2. Como é que se consegue aumentar a disponibilidade operacional através de estratégias de manutenção?

O estudo incide sobre a totalidade da frota alocada ao mercado islandês. Este mercado foi selecionado para ser a base do estudo por ser um dos mais estratégicos para a empresa, tanto pelo seu elevado potencial durante os meses de verão, como pelo volume de dados disponíveis, o que garante uma análise representativa e fiável.

A análise será realizada com base em dados recolhidos entre abril e outubro de 2024, período que corresponde à época alta definida pela empresa. Esta restrição temporal visa observar o comportamento da frota num contexto de elevada procura, permitindo identificar padrões de desempenho, utilização e manutenção em momentos críticos da operação. A escolha deste período é justificada pela necessidade de avaliar o impacto da sazonalidade sobre a disponibilidade operacional e sobre as decisões de manutenção.

Contrariamente a outros mercados onde a empresa opera com várias localizações, no mercado islandês a operação é centralizada numa única base. Esta característica simplifica alguns processos logísticos, como a recolha e entrega de veículos, mas exige uma gestão rigorosa da frota, dado que toda a operação depende do desempenho de uma única estação.

A centralização da frota num único ponto operacional elimina a necessidade de realocações entre estações, como ocorre noutros mercados. Por outro lado, impõe desafios a nível de manutenção e disponibilidade imediata dos veículos, principalmente durante os períodos de maior procura, tornando ainda mais crítica a eficiência dos processos de manutenção e a fiabilidade dos ativos.

Atualmente a frota conta com 40 veículos divididos por dois modelos distintos de veículos que, embora apresentem dimensões idênticas, diferem na sua capacidade de transporte de passageiros e no ano de fabrico, sendo um deles mais recente. Esta configuração, ainda que limitada em variedade, permite analisar o impacto da manutenção em veículos com níveis distintos de antiguidade e utilização, contribuindo para uma melhor compreensão da relação entre essas variáveis e a disponibilidade operacional.

Os modelos possuem as seguintes características:

- Modelo A – capacidade até 4 pessoas, veículo com 6 metros de comprimento, marca Y, fabricado em 2019;
- Modelo B – capacidade até 5 pessoas, veículo com 6 metros de comprimento, marca Y, fabricado em 2021;

Importa realçar que toda a manutenção da frota é realizada por fornecedores externos, dado que a empresa não dispõe atualmente de oficinas próprias neste mercado. Esta dependência implica uma menor capacidade de controlo direto sobre os prazos e a qualidade dos serviços prestados, fator este que pode comprometer a disponibilidade dos veículos. Desta forma, reforça-se a necessidade de um planeamento preventivo e rigoroso, com o objetivo de mitigar atrasos e garantir uma maior fluidez nos períodos de maior atividade.

4.2 Definição de KPI's

A medição do desempenho da frota e da eficácia da manutenção depende diretamente da definição de indicadores chave de desempenho (KPI's) que permitam quantificar a disponibilidade operacional, os tempos de paragem e a eficiência dos processos de manutenção

Os KPI's foram definidos com base na literatura sobre gestão de frotas e manutenção industrial e aplicadas ao propósito da presente dissertação, garantindo que as métricas analisadas refletem a realidade operacional da empresa e permitem retirar conclusões relevantes para a otimização dos processos.

Os principais indicadores a serem analisados neste estudo são:

1. Disponibilidade operacional

A disponibilidade operacional mede a percentagem de tempo que os veículos da frota estão disponíveis para operação, tendo em conta todos os períodos em que veículos da frota estão indisponíveis. Deste modo, este indicador dá uma perspetiva geral e não centrada na manutenção pelo que servirá para termo de comparação e análise posterior para perceber qual percentagem da indisponibilidade é referente a intervenções de manutenção.

2. Tempo médio para reparação

O tempo médio para reparação (MTTR), tal como a sigla indica, mede o tempo médio necessário para reparar um veículo, de forma a que fique apto para operação. Neste contexto, em que todas as intervenções de manutenção são terceirizadas, o tempo necessário para reparar o veículo também irá ter em conta o tempo em que o veículo está à espera para ser intervencionado. Por outras palavras, a partir do momento em que o problema é identificado até que este seja resolvido, vai ser contabilizado como tempo para reparação.

3. Taxa de inatividade da frota devido a intervenções mecânicas

Este indicador tem como objetivo quantificar qual a proporção do tempo de indisponibilidade da frota que resulta diretamente de intervenções de manutenção, sejam elas preventivas ou corretivas. Ao isolar esta variável, é possível perceber em que medida a manutenção impacta a operação e como contribui para a redução da disponibilidade operacional total.

Para este KPI, serão consideradas todas as horas em que os veículos estiveram inativos devido a intervenções de manutenção, em relação ao total de tempo possível de operação da frota durante o período de análise. Esta métrica permite identificar oportunidades de melhoria na gestão da manutenção, como o reforço de ações preventivas que evitem falhas inesperadas, ou a otimização da resposta e coordenação com os fornecedores externos.

4.3 Recolha de dados ligados a KPI's

A gestão da frota é feita através de um sistema digital onde todas as operações relacionadas com os veículos são registadas e atualizadas diariamente. A principal e mais fiável fonte de dados para análise dos KPI's provém deste sistema, que regista a indisponibilidade dos veículos e as respetivas razões associadas permitindo posteriormente fazer uma análise macro e micro das mesmas.

O processo de registo ocorre da seguinte forma:

1. Identificação do problema e pedido de bloqueio

Sempre que um veículo apresenta uma avaria, necessidade de manutenção, ou qualquer outro motivo que cause indisponibilidade, a equipa local submete um pedido de bloqueio na plataforma, dando toda a informação disponível e necessária para entender o problema;

2. Classificação e subclassificação do pedido de bloqueio

Posteriormente o pedido é analisado pela equipa competente e atribui um tipo de atividade que categoriza o tipo de intervenção necessário. Os tipos de intervenção são:

a. Manutenção preventiva

Nesta etapa, é essencial distinguir as intervenções classificadas como manutenção preventiva e manutenção corretiva, uma vez que essa diferenciação tem impacto direto na análise dos KPI's definidos, especialmente na métrica referente à percentagem de manutenção preventiva vs. manutenção corretiva.

De acordo com a literatura apresentada no capítulo 2.3, a manutenção preventiva é aplicada com o objetivo de evitar falhas inesperadas, reduzindo a probabilidade de

avarias e aumentando a disponibilidade dos ativos. No contexto automóvel, esta prática baseia-se em intervenções programadas, seguindo parâmetros como quilometragem percorrida, tempo decorrido ou estado dos componentes.

No caso específico da empresa em estudo, as seguintes ações são consideradas intervenções de manutenção preventiva (subtipos):

- Revisão do óleo – Substituição do óleo do motor e do filtro de óleo;
- Revisão completa – Substituição de todos os filtros do veículo (óleo, ar, habitáculo e combustível), juntamente com a troca de óleo;
- Troca de pneus – Substituição dos pneus conforme o desgaste identificado, sempre aos pares (mesmo eixo);
- Substituição das pastilhas de travão – Substituição das pastilhas para garantir a eficiência do sistema de travagem;
- Substituição dos discos de travão – Substituição dos discos de travão, sendo que, por política da empresa, sempre que ocorre esta intervenção, as pastilhas também são substituídas.

Embora os dois tipos de manutenção sejam necessários, a manutenção preventiva desempenha um papel essencial na redução da necessidade de manutenção corretiva, uma vez que um plano eficiente de manutenção preventiva reduz a probabilidade de falhas inesperadas, resultando em menor frequência de reparações corretivas.

Deste modo alguns dos benefícios da manutenção preventiva sobre a corretiva são:

- Redução do número de falhas inesperadas – a manutenção preventiva permite identificar e corrigir desgastes antes que estes resultem em falhas graves que exigem reparação corretiva. A título de exemplo, a substituição calendarizada do óleo evita o desgaste prematuro do motor, reduzindo o risco de falha mecânica e necessidade de reparações dispendiosas;
- Aumento da vida útil dos componentes – a inspeção e substituição periódica de peças críticas reduz o desgaste sobre outros sistemas do veículo, prevenindo falhas em cadeia. Por exemplo: a troca regular das pastilhas de travão impede o desgaste excessivo dos discos, evitando a necessidade de trocas prematuras de ambos os componentes;
- Redução do tempo de paragem da frota – uma vez que as manutenções preventivas são planeadas e calendarizadas, podem ser realizadas em momentos estratégicos para minimizar o impacto na operação, enquanto as corretivas muitas vezes exigem imobilização imediata e prolongada dos veículos;

- Diminuição dos custos de manutenção corretiva – a manutenção corretiva geralmente envolve custos mais elevados, pois pode exigir: peças de reposição urgentes (usualmente com preços mais elevados e menor disponibilidade imediata no mercado); maior tempo de paragem do veículo, impactando a receita da empresa;
- Maior previsibilidade dos custos operacionais – com um plano de manutenção preventiva bem estruturado, a empresa consegue antecipar e distribuir os custos ao longo do tempo, evitando surpresas orçamentais causadas por falhas inesperadas.

A eficácia da manutenção corretiva está diretamente ligada à eficiência da manutenção preventiva. Quanto mais completa e rigorosa for a estratégia preventiva, menor será a necessidade de intervenções corretivas e, conseqüentemente, maior será a disponibilidade operacional da frota.

b. Manutenção corretiva

A manutenção corretiva corresponde à intervenção realizada após a ocorrência de uma falha ou avaria inesperada num componente ou sistema do veículo. Ao contrário da manutenção preventiva, que tem como objetivo evitar falhas, a manutenção corretiva visa restabelecer o funcionamento normal do veículo após uma interrupção. No contexto da presente análise, este tipo de manutenção revela-se essencial para assegurar a continuidade operacional da frota, sobretudo em situações em que não foi possível prever ou evitar o incidente.

Com base nos dados operacionais que serão apresentados no próximo subcapítulo, é possível identificar as principais causas de manutenção corretiva, destacando-se:

- Válvula EGR: representa uma das intervenções mais recorrentes, observada em múltiplos veículos da frota. A falha deste componente compromete o desempenho do motor e o controlo de emissões, sendo uma avaria crítica;
- Sensor NOx: responsável pelo controlo de emissões de gases NOx, é também um componente frequentemente intervencionado cuja substituição é necessária para garantir a conformidade ambiental e o desempenho do veículo;
- Caixa de velocidades: trata-se de uma intervenção de elevada complexidade e impacto operacional. Tanto pode ser sujeita a reparação, quando possível e justificável, como pode também ser substituída;
- Embraiagem: a substituição da embraiagem ocorre em situações de desgaste excessivo. Apesar de menos frequente, a sua reparação implica uma paralisação geralmente prolongada;

- Radiador: ocorre principalmente por falhas no sistema de arrefecimento, que podem conduzir ao sobreaquecimento do motor. Embora a intervenção seja relativamente rápida, o risco associado à falha justifica atenção redobrada;
- Velas: apesar de se tratar de um componente de substituição simples, as falhas nas velas podem afetar o arranque do motor e a eficiência da combustão. Estas intervenções são pontuais, mas necessárias para o bom funcionamento do sistema de ignição;
- Filtro de partículas: as falhas associadas a este componente geralmente resultam da acumulação excessiva de resíduos e consequente falha da sua regeneração. Em alguns casos é possível realizar uma regeneração sem ter que recorrer a um fornecedor externo, o que resulta em tempos de inatividade significativamente menores, mas noutros torna-se necessário efetuar substituição ou limpeza especializada e nestes casos já é necessário recorrer a serviços externos;

c. Reparação de danos

Intervenções associadas a danos na carroçaria.

d. Defeitos nos equipamentos da caravana

Intervenções associadas a problemas específicos das caravanas como o sistema elétrico, sanitário, hidráulico, etc.

3. Acompanhamento e conclusão da intervenção

O bloqueio na plataforma passa a informação ao *website* de forma que o veículo não esteja disponível para operação no período definido. Apesar de inicialmente a equipa responsável por aprovar o pedido de bloqueio definir um período para o veículo estar indisponível, o acompanhamento é feito diariamente, pois esta equipa é também responsável por tratar de toda a logística necessária com fornecedores externos para que o veículo seja reparado. O acompanhamento diário permite prolongar ou antecipar o período predefinido em que o veículo estará indisponível, mediante os progressos existentes ao longo do período. Quando o carro volta para o armazém já com a intervenção concluída é o momento em que a equipa coloca essa informação na plataforma e o veículo volta a estar disponível para operação. Estes registos permitem uma visão detalhada sobre os períodos de inatividade da frota e fornecem os dados necessários para o cálculo dos KPI's definidos.

A recolha de dados foi realizada diretamente a partir do sistema da empresa, garantindo que a análise seja fundamentada por informações fidedignas e continuamente atualizadas. Desta forma, durante o período de estudo foram extraídos os pedidos de bloqueio registados, incluindo detalhes como a data de início e fim da indisponibilidade

e conseqüentemente o tempo total de inatividade, tipo e subtipo de intervenção realizada e localização do veículo.

Uma vez que o foco da presente dissertação é a análise do impacto da manutenção na disponibilidade operacional, os registos extraídos centraram-se apenas nos dois tipos de manutenção, preventiva e corretiva, não dando destaque aos outros tipos de intervenções que causam indisponibilidade.

Embora o sistema utilizado pela empresa seja uma base de dados robusta e detalhada, há alguns fatores que podem limitar a veracidade dos dados extraídos, assim como:

a) Possíveis erros no registo dos bloqueios

Visto ser uma operação que é feita manualmente, podem existir classificações erradas, afetando a distinção entre manutenção preventiva e corretiva.

b) Diferenças no tempo real de reparação

Como referido anteriormente, o período de inatividade começa a partir do momento em que o problema é identificado e termina assim que o carro volta, após reparação. No entanto, nem sempre o problema é identificado quando ocorre, pode haver um desfasamento entre o momento em que o problema surge e o momento em que este é identificado. Por outro lado, também no término do período de inatividade, pode haver desfasamentos causados pela falta de comunicação para com o fornecedor externo que resolveu o problema, uma vez que se esta comunicação não for feita imediatamente após o veículo estar reparado, o mesmo também não será recolhido logo está a contribuir diretamente para o aumento da disponibilidade.

A recolha e tratamento dos dados de forma correta são fundamentais para garantir que os KPI's definidos reflitam a realidade da operação. O sistema da empresa permite um acompanhamento detalhado dos períodos de indisponibilidade dos veículos, possibilitando a análise da eficiência das práticas de manutenção e do impacto na disponibilidade operacional.

A etapa seguinte do estudo consistirá na análise da situação atual e conseqüente cálculo dos KPI's, permitindo avaliar padrões de desempenho e oportunidades de melhoria.

4.4 Análise de Dados e Definição de Metas para cada KPI

4.4.1 Situação atual

A análise dos dados recolhidos desempenha um papel essencial na avaliação da disponibilidade operacional da frota. Desta forma, é crucial consolidar e organizar a

informação relevante às intervenções realizadas, de forma a garantir uma visão clara sobre os padrões de manutenção e consequente indisponibilidade.

A primeira etapa da análise consiste na apresentação dos dados recolhidos. Tal como referido no decorrer do presente capítulo, os dados foram extraídos através da plataforma de gestão de frota da empresa, onde são registadas todas as intervenções de manutenção e períodos de indisponibilidade dos veículos.

A Tabela 4.1 representa um excerto dos dados analisados. Salientar que a fim de garantir a confidencialidade dos dados as matrículas e os modelos dos veículos foram anonimizados. Assim, todas as referências a veículos individuais nesta análise são representadas por códigos fictícios, sem prejuízo da precisão dos resultados.

Tabela 4.1 - Excerto dos dados registados

Matricula	Ínicio	Fim	Tipo de intervenção	Subtipo de intervenção	Duração (h)	km
AA1	20/4	24/4	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas eixo traseiro	96	123128
AA1	24/4	3/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	226	123128
AA1	5/5	5/5	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	2	123128
AA1	1/7	18/7	Manutenção preventiva	Revisão completa + distribuição	408	142294
AA2	2/6	7/6	Manutenção corretiva	Embraiagem	115	146847
AA2	5/7	13/7	Manutenção preventiva	Revisão completa	192	154636
AA2	9/10	31/10	Manutenção corretiva	Reparação da caixa de velocidades	672	169990
AA3	23/4	17/05	Manutenção preventiva	Revisão completa + distribuição	575	119781
AA3	23/9	25/9	Manutenção preventiva	Revisão completa	45	144431
AA4	16/4	6/5	Manutenção corretiva	Reparação da caixa de velocidades	497	136409
AA4	10/5	15/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	130	136409
AA4	25/5	30/5	Manutenção preventiva	Pastilhas ambos os eixos	108	137645
AA5	13/4	21/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	192	110677
AA5	21/4	29/04	Manutenção preventiva	Pastilhas eixo dianteiro	188	110677
AA5	14/10	31/10	Manutenção corretiva	Válvula EGR	408	141232

AA6	9/9	17/9	Manutenção preventiva	Revisão completa	200	145510
-----	-----	------	-----------------------	------------------	-----	--------

Para compreender o desempenho da frota e identificar oportunidades de melhoria, foi realizada uma análise detalhada dos dados recolhidos ao longo do período de estudo, uma vez que os dados recolhidos permitem analisar aspetos relacionados com a manutenção preventiva, corretiva e a disponibilidade operacional dos veículos.

Primeiramente é preciso calcular o total de horas disponíveis do período selecionado, entre abril e outubro de 2024, uma vez que é a partir do tempo total que todos os cálculos se iram basear.

Tempo disponível por carro:

$$T_c = \sum Dias \times 24$$

$$\leftrightarrow T_c = (30 + 31 + 30 + 31 + 31 + 30 + 31) \times 24 \quad (4.1)$$

$$\leftrightarrow T_c = 5136 \text{ horas}$$

Tempo total disponível:

$$T = T_c \times \text{Número de carros}$$

$$\leftrightarrow T = 5136 \times 40 \quad (4.2)$$

$$\leftrightarrow T = 205440 \text{ horas}$$

A frota analisada é composta por veículos que requerem diferentes tipos de intervenções ao longo do tempo. De acordo com os dados recolhidos, foram registadas um total de 111 intervenções, das quais 86 (cerca de 77,48%) correspondem a manutenção preventiva e 25 (cerca de 22,52%) a manutenção corretiva.

Tabela 4.2 - Número total de intervenções por modelo e respetivas percentagens

Nº total de intervenções				
	Modelo A	Modelo B	Total por intervenção	% sobre total de manutenções
Manutenção preventiva	41	45	86	77.48%
Manutenção corretiva	17	8	25	22.52%
Total por modelo	58	53	111	100.00%

Se analisarmos as horas de indisponibilidade, a manutenção preventiva foi responsável por um total de 12606 horas de indisponibilidade, representando aproximadamente

6,14% da indisponibilidade total da frota. Desse mesmo total, o modelo A é responsável por 6888 horas, enquanto o modelo B é responsável por 5718 horas.

Indisponibilidade manutenção preventiva:

$$Indisponibilidade_{MP} = \frac{H_{Mp,modelo A} + H_{Mp,modelo B}}{T}$$

$$Indisponibilidade_{MP} = \frac{6888 + 5718}{205440} \quad (4.3)$$

$$Indisponibilidade_{MP} = 6,14\%$$

Por outro lado, a manutenção corretiva, que tipicamente exige períodos mais longos de intervenção, originou 15455 horas de indisponibilidade, equivalente a 7,52% da indisponibilidade total da frota. À semelhança do que aconteceu com a manutenção preventiva, também a divisão de intervenções entre os modelos foi tida em consideração. Neste caso, O modelo A foi responsável por 17 das 25 intervenções, totalizando 10882 horas de indisponibilidade, o que equivale a 68% das intervenções corretivas, enquanto o modelo B foi responsável por 8, totalizando 4573 horas de indisponibilidade, cerca de 32% das intervenções corretivas. Esta discrepância é possível associar ao facto de o modelo A ter mais 2 anos de utilização que o modelo B, algo que, como já referido no capítulo 2, tem impacto na ocorrência deste tipo de manutenções. Para acrescentar, é também o modelo com menos manutenções preventivas, logo mais propicio à ocorrência de problemas corretivos.

Indisponibilidade manutenção corretiva:

$$Indisponibilidade_{Mc} = \frac{H_{Mc,modelo A} + H_{Mc,modelo B}}{T}$$

$$Indisponibilidade_{Mc} = \frac{10882 + 4573}{205440} \quad (4.4)$$

$$Indisponibilidade_{Mc} = 7,52\%$$

Assim, a soma das duas categorias totaliza uma indisponibilidade total de 13,66%, totalizando 28061 horas de indisponibilidade total. Visto de outra forma, a disponibilidade durante o período selecionado foi de 86,34%.

Indisponibilidade total:

$$\text{Indisponibilidade}_T = \text{Indisponibilidade}_{Mp} + \text{Indisponibilidade}_{Mc}$$

$$\text{Indisponibilidade}_T = 6,14\% + 7,52\% \quad (4.5)$$

$$\text{Indisponibilidade}_T = 13,66\%$$

A Tabela 4.3 sintetiza de forma organizada os cálculos apresentados

Tabela 4.3 - Número total de horas de indisponibilidade por modelo e respectivas percentagens

Horas de indisponibilidade				
	Modelo A	Modelo B	Total	% de indisponibilidade
Manutenção preventiva	6888	5718	12606	6.14%
Manutenção corretiva	10882	4573	15455	7.52%
Total	17770	10291	28061	13.66%

Se a análise for feita por modelo (apresentado na Tabela 4.4), então o modelo A apresentou cerca de 17,30% de indisponibilidade, totalizando um total de 17770 horas, onde 6888 horas são respetivamente a manutenção preventiva e os restantes 10882 horas são devido a manutenção corretiva.

Por outro lado, o modelo B apresentou uma indisponibilidade total de 10%, cerca de 10291 horas, em que 5718 horas foram de origem preventiva (5,57%) e 4573 horas foram de origem corretiva (4,45%).

Para este cálculo, o tempo total disponível tem de ser proporcional ao número de veículos que cada modelo tem e, como neste caso o número é igual, então basta dividir o tempo disponível por 2.

Indisponibilidade modelo A:

$$\text{Indisponibilidade}_A = \frac{H_{Mp, \text{modelo A}} + H_{Mc, \text{modelo A}}}{T/2}$$

$$\text{Indisponibilidade}_A = \frac{6888 + 10882}{205440/2} \quad (4.6)$$

$$\text{Indisponibilidade}_A = 17,30\%$$

Indisponibilidade modelo B:

$$\text{Indisponibilidade}_B = \frac{H_{Mp, \text{modelo B}} + H_{Mc, \text{modelo B}}}{T/2}$$
$$\text{Indisponibilidade}_B = \frac{5718 + 15455}{205440/2} \quad (4.7)$$
$$\text{Indisponibilidade}_B = 10,02\%$$

Tabela 4.4 - Análise de indisponibilidade por tipo de manutenção e por modelo

Modelo	N ^a veículos	Indisponibilidade p/ manutenção preventiva	Indisponibilidade p/ manutenção corretiva	Indisponibilidade total de manutenção
A	20	6.71%	10.59%	17.30%
B	20	5.57%	4.45%	10.02%

As intervenções de manutenção abrangeram diversos tipos de reparações, desde trocas de pneus e revisões completas até reparações mais extensas, como substituição de válvulas EGR e reparação de caixas de velocidades

Observou-se que algumas manutenções corretivas exigiram longos períodos de inatividade, como no caso da substituição da válvula EGR, que causou 2064 horas de indisponibilidade para um único veículo, e a reparação da caixa de velocidades, que em um dos casos exigiu 1432 horas.

Este fator demonstra que, embora a manutenção preventiva contribua significativamente para a indisponibilidade dos veículos, a manutenção corretiva pode ter um impacto desproporcionalmente elevado devido à complexidade e tempo exigido para a resolução dos problemas mecânicos. Por esse motivo, um planejamento eficiente da manutenção preventiva é essencial para reduzir a necessidade de intervenções corretivas prolongadas, minimizando o tempo de inatividade dos veículos e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade operacional da frota.

4.4.2 Definição de metas para cada KPI

Depois de estabelecer os indicadores de desempenho que serão utilizados para medir o sucesso da operação é necessário definir metas a atingir para cada um dos KPI's identificados.

Com base na análise efetuada sobre o desempenho atual da frota, torna-se possível estabelecer metas realistas e orientadas para a melhoria contínua da operação. Abaixo

são apresentadas as metas definidas para cada um dos indicadores de desempenho operacional considerados:

- **Disponibilidade operacional**

Tal como referido no decorrer do capítulo 2 e no subcapítulo 4.1.1, a disponibilidade operacional traduz a percentagem de tempo em que os veículos da frota se encontram disponíveis para operação, ou seja, livres de qualquer tipo de inatividade, seja por motivo de manutenção ou outra ocorrência. Este indicador é de extrema relevância, uma vez que está diretamente relacionado com a rentabilidade da frota, o número de reservas possíveis e, conseqüentemente, a eficiência da operação.

Para este indicador, define-se como meta alcançar uma disponibilidade operacional mínima de 90% ao longo do período de análise. A definição desta meta está diretamente alinhada com o objetivo estratégico da empresa manter a percentagem de indisponibilidade abaixo dos 10%, considerando todas as intervenções a que os veículos possam ser sujeitos.

A análise da situação atual evidenciou que apenas devido a motivos de manutenção, sejam eles de natureza preventiva ou corretiva, a frota registou uma indisponibilidade foi de 13,66%. Este valor representa um desvio de 3,66 pontos percentuais acima do objetivo estabelecido, o que significa que, na situação atual, a frota está abaixo do nível de desempenho da frota, reforçando a necessidade de um planeamento mais estratégico das intervenções.

Este desvio é particularmente relevante pois reflete o impacto acumulado de todas as intervenções de manutenção, não só as de carácter corretivo, que por norma implicam longos períodos de imobilização dos veículos, mas também as de carácter preventivo que causam períodos de inatividade bastante superiores aos que podem causar, caso haja um planeamento eficaz das mesmas.

Desta forma, a meta dos 90% de disponibilidade operacional estabelece-se como um objetivo desafiante, mas ao mesmo tempo realista, cuja concretização dependerá de um reforço na eficácia da manutenção preventiva e da melhoria dos tempos de reparação.

- **Indisponibilidade causa por intervenções mecânicas**

Tendo em consideração a meta global definida para o KPI anterior, admite-se conseqüentemente, um limite máximo de 10% de indisponibilidade. Dentro deste limite, estabelece-se que a percentagem de inatividade associada a intervenções de manutenção não deverá exceder os 8%, permitindo uma margem de 2% para outros tipos de indisponibilidade, que embora não sejam o foco da presente dissertação, fazem parte da operação real da empresa.

A meta dos 8% surge, assim, como uma referência estratégica para o controlo e redução dos tempos de inatividade diretamente associados à manutenção da frota. Para a sua concretização, será fundamental apostar na antecipação das intervenções preventivas, numa maior rapidez e eficiência nos processos de reparação corretiva, bem como numa coordenação mais eficaz entre as equipas operacionais e os fornecedores responsáveis pelas intervenções

- **Tempo médio por reparação**

Para a definição deste indicador, recorreu-se aos tempos de intervenção tabelados pelo fabricante para cada tipo de manutenção preventiva, representando a estimativa de execução em condições ideais. Contudo, de forma a refletir a realidade operacional da empresa, considerou-se realista adicionar uma margem de 1 hora por cada intervenção, com o objetivo de contemplar aspetos logísticos como por exemplo, o transporte do veículo, tempos de espera, coordenação entre equipas, entre outros.

A Tabela 4.5 apresenta os tempos base de referência para cada tipo de intervenção, bem como a observação de eventuais sobreposições entre tarefas:

Tabela 4.5 - Tempo estabelecido por tipo de intervenção

Tipo de intervenção	Tempo tabelado pelo fabricante (h)	Tempo de referência considerado (h)	Observações
Troca de pastilhas p/ eixo	0.8	1.8	-
Troca de discos p/eixo	1	2	Inclui a troca das pastilhas
Revisão do óleo	0.5	1.5	-
Revisão completa	2.5	3.5	Inclui a revisão do óleo
Troca de pneus (x4)	1	2	-
Revisão completa + distribuição	8	9	Inclui revisão completa

Desta forma, o tempo médio por reparação preventiva será avaliado com base nestes valores ajustados, sendo utilizado como referência para identificar desvios e oportunidades de melhoria.

As manutenções preventivas são, idealmente, planeadas com antecedência e seguem procedimentos técnicos previamente definidos pelo fabricante, permitindo uma maior previsibilidade no tempo e nos recursos necessários para a sua execução.

Em contraste, as intervenções de manutenção corretiva apresentam uma elevada variabilidade em termos de complexidade, tempo de execução e origem do problema. Muitas vezes, uma mesma categoria de avaria pode exigir diagnósticos distintos e gerar

tempos de resolução significativamente diferentes. Esta imprevisibilidade torna mais difícil estabelecer um tempo médio por intervenção corretiva. Ainda assim, será relevante monitorizar os tempos médios destas intervenções ao longo do tempo, de modo a identificar padrões e oportunidades de melhoria, com vista à redução da sua duração sempre que possível.

4.5 Análise do impacto da manutenção

Este subcapítulo visa analisar detalhadamente os impactos das intervenções de manutenção na disponibilidade operacional dos veículos, recorrendo aos dados registados entre abril e outubro de 2024.

A análise baseia-se em dois pontos:

- **Indicadores globais por veículo;**

Para esta análise foram também recolhidos dados relativamente à performance de cada veículo, isto é, o número de quilómetros percorridos, o número de reservas feitas e consequentemente a média de km por reserva, para cada veículo. Para acrescentar a esses dados registados, foram ainda calculados valores como a indisponibilidade em horas e em percentagem utilizando os valores previamente registados e que estão presentes no subcapítulo 4.4 quando apresentada a situação atual.

Ao analisar estes dados de forma cruzada, é possível perceber com maior clareza o impacto real das manutenções (preventivas e corretivas) na operação diária da frota. A indisponibilidade, expressa em horas absolutas e em percentagem do tempo total do período de análise, revela não apenas o tempo em que os veículos estiveram efetivamente imobilizados, mas também como isso afetou diretamente a sua produtividade.

Para dar suporte à análise, apresenta-se de seguida a Tabela 4.6 que apresenta os dados mencionados anteriormente.

Tabela 4.6 Indicadores globais por veículo

Mátricula	Indisponibilidade (h)	Indisponibilidade (%)	KM percorridos abr-out 2024	Número de reservas	Média de km/reserva
AA1	732	14.3	33949	16	2121.8
AA2	979	19.1	30935	17	1819.7
AA3	620	12.1	32090	14	2292.1
AA4	735	14.3	26319	14	1879.9
AA5	788	15.3	30555	15	2037.0
AA6	200	3.9	31739	18	1763.3
AA7	268	5.2	28010	15	1867.3

AA8	50	1.0	38164	20	1908.2
AA9	309	6.0	23593	13	1814.8
AA10	1684	32.8	17977	11	1634.3
AA11	51	1.0	34923	18	1940.2
AA12	681	13.3	30171	14	2155.1
AA13	1496	29.1	17389	7	2484.1
AA14	426	8.3	27148	15	1809.9
AA15	3125	60.8	6606	7	943.7
AA16	1726	33.6	21342	10	2134.2
AA17	680	13.2	31394	17	1846.7
AA18	684	13.3	25880	14	1848.6
AA19	472	9.2	23183	14	1655.9
AA20	2064	40.2	8628	4	2157.0
BB1	304	5.9	26523	13	2040.2
BB2	2394	46.6	8167	5	1633.4
BB3	48	0.9	28730	14	2052.1
BB4	796	15.5	27148	12	2262.3
BB5	396	7.7	31965	15	2131.0
BB6	494	9.6	30354	15	2023.6
BB7	9	0.2	31905	16	1994.1
BB8	376	7.3	31968	16	1998.0
BB9	112	2.2	33307	17	1959.2
BB10	396	7.7	23954	11	2177.6
BB11	354	6.9	35475	19	1867.1
BB12	774	15.1	22097	10	2209.7
BB13	125	2.4	29095	13	2238.1
BB14	1032	20.1	26179	12	2181.6
BB15	593	11.5	30065	16	1879.1
BB16	218	4.2	35536	17	2090.4
BB17	1242	24.2	20137	10	2013.7
BB18	9	0.2	28409	14	2029.2
BB19	264	5.1	31321	17	1842.4
BB20	355	6.9	27453	14	1960.9

Complementarmente aos dados apresentados na Tabela 4.6, a Figura 4.1 representa de forma visual a relação entre a percentagem de indisponibilidade e o número de

reservas realizado por cada veículo. Com recurso à Figura 4.1 é possível observar com maior clareza a variação do desempenho operacional entre os veículos da frota, evidenciando os casos em que a indisponibilidade teve um impacto mais significativo na sua utilização.

De salientar que, a análise da Figura 4.1 reforça a ideia de que os veículos com maior indisponibilidade tendem a apresentar um número mais reduzido de reservas, revelando uma correlação negativa entre estes dois indicadores, como é o caso dos veículos AA10, AA13, AA15, AA16, AA20, do modelo A e BB2 e BB7, do modelo B. Esta correlação será aprofundada no decorrer do presente subcapítulo, à medida que se destacam os veículos com um impacto mais negativo na operação.

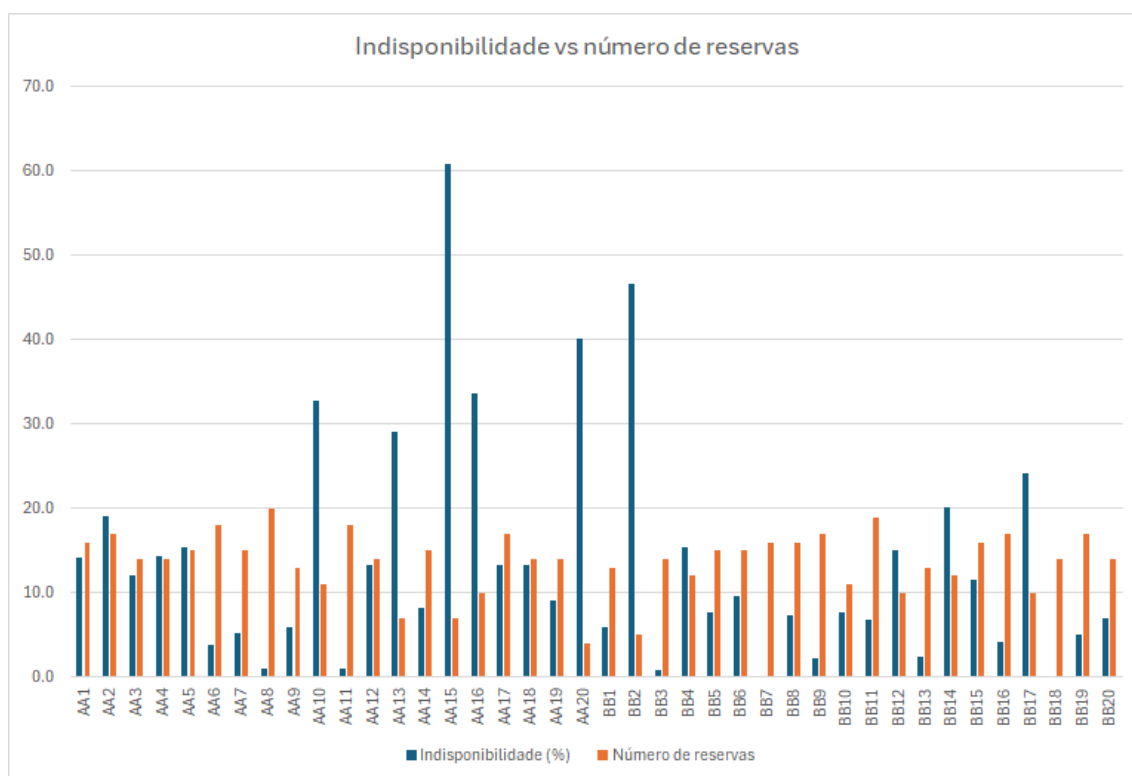


Figura 4.1 - Gráfico da relação Indisponibilidade vs número de reservas

Após uma primeira observação dos dados presentes tanto na Tabela 2.1 como na Figura 4.1 compreende-se que existe uma variação significativa na performance entre os diferentes veículos da frota. Enquanto alguns apresentam percentagens de indisponibilidade residuais, outros registaram períodos prolongados de paragem.

Num olhar mais detalhado, destacam-se positivamente os veículos AA6, AA7, AA8, AA9, AA11, pertencentes ao modelo A, assim como os veículos BB1, BB3, BB5, BB7, BB8, BB9, BB10, BB11, BB13, BB16, BB18 e BB19, pertencentes ao modelo B, por registarem uma indisponibilidade causada por intervenções de manutenção igual ou inferior a 8%. No total, cerca de 42,5% dos veículos (17 em 40 veículos analisados)

cumpriram este critério, revelando um desempenho alinhado com os objetivos estratégicos definidos.

Entre estes veículos, é comum a ausência de intervenções corretivas. As únicas exceções são os veículos AA7 e AA11, que, apesar de terem sido alvo de ações corretivas, estas foram pontuais e pouco impactantes em termos de tempo de imobilização. Este facto permitiu que, mesmo com essas intervenções, os veículos mantivessem um nível de indisponibilidade dentro dos parâmetros estabelecidos.

Em contraste, as intervenções de natureza preventiva ocorreram em todos os veículos destacados no paragrafo anterior. Ainda que, em muitos casos, o tempo de imobilização tenha superado o estritamente necessário para a realização da intervenção, é evidente que houve um planeamento mais eficaz, contribuindo para minimizar o impacto na operação.

Um exemplo ilustrativo desta diferença de planeamento pode ser observado na substituição de discos e pastilhas do eixo traseiro. No veículo AA11, esta intervenção causou uma indisponibilidade de 9 horas, enquanto no veículo AA13, a mesma intervenção, originou uma indisponibilidade total de 262 horas. Este desfaseamento significativo contribui diretamente para o facto de a matrícula AA11 ter atingido o objetivo dos 8% de indisponibilidade ao contrário da matrícula AA13.

Contudo, em oposição aos 17 veículos que se destacaram positivamente, existem os restantes 23, todos aquelas não mencionados anteriormente, cuja taxa de indisponibilidade ultrapassou os 8% prejudicando o desempenho operacional. Estes casos negativos são mais relevantes por apresentarem situações onde as intervenções de manutenção, independentemente da origem, tiveram um impacto significativo na operação.

Para melhor compreender a natureza da indisponibilidade, a Figura 4.2 e Figura 4.3 (construídas com base na Tabela 4.2 e Tabela 4.3 do subcapítulo 4.4.1, respetivamente) permitem visualizar a percentagem de indisponibilidade por subtipo de manutenção, discriminada por modelo e também o número de intervenções realizadas de cada subtipo de manutenção por modelo.

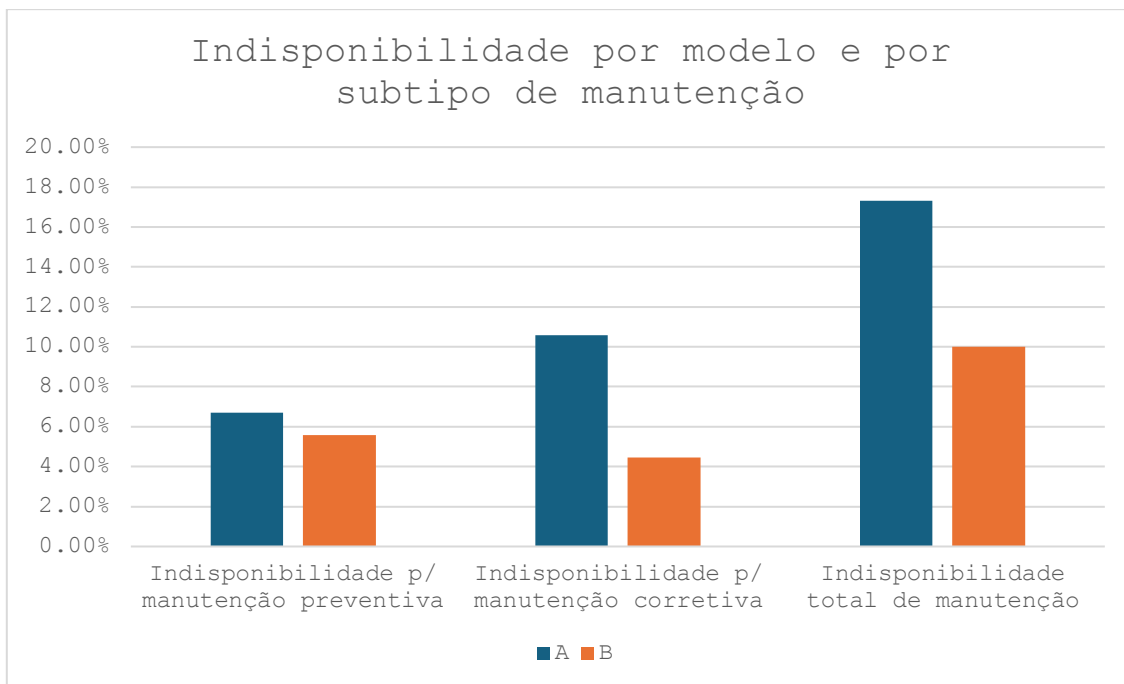


Figura 4.2 - Indisponibilidade por modelo e por subtipo de manutenção

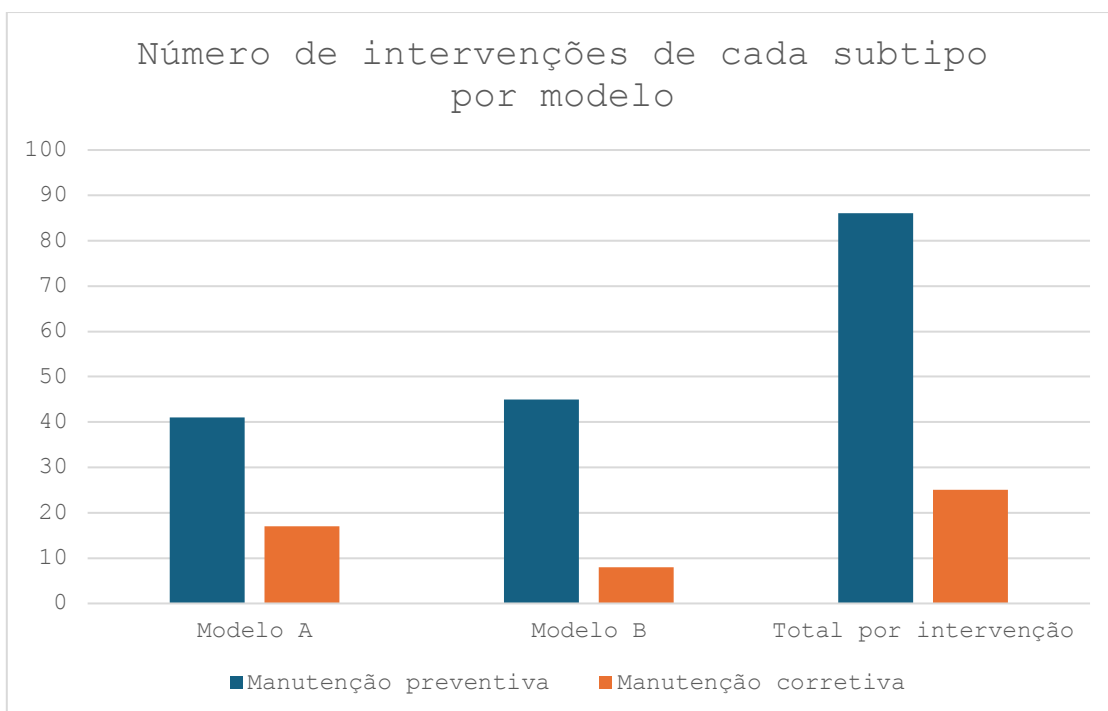


Figura 4.3 - Número de intervenções de cada subtipo por modelo de veículo

A Figura 4.2 e Figura 4.3 permitem destacar com maior detalhe a origem da indisponibilidade por tipo de manutenção e por modelo de veículo, evidenciando diferenças relevantes na forma como cada modelo foi impactado ao longo do período em análise.

No modelo A verifica-se que a manutenção corretiva é a principal responsável pelos períodos de imobilização, sendo esta consideravelmente superior à registada para as

intervenções preventivas, cerca de 4 pontos percentuais. Esta tendência sugere uma maior incidência de avarias inesperadas neste modelo, implicando períodos de imobilização não planeados e consequentemente com maior impacto na disponibilidade operacional.

No entanto, ao observar a frequência de cada subtipo de intervenção, é perceptível que, apesar das intervenções corretivas representarem uma maior percentagem de inatividade, são as intervenções preventivas que ocorrem com maior regularidade. Esta dualidade entre frequência e impacto das intervenções destaca a necessidade de melhorar os tempos de execução de ambos os subtipos de manutenção.

No caso do modelo B, observa-se um padrão bastante diferente do observado no modelo A. Apesar da disponibilidade total deste modelo ser consideravelmente inferior (aproximadamente 7 pontos percentuais de diferença), constata-se que, ao contrário do esperado, é a manutenção preventiva que assume maior peso na percentagem de indisponibilidade, ultrapassando a corretiva em cerca de 1%.

Esta constatação é particularmente relevante, uma vez que, por definição, as intervenções preventivas são planeadas com o objetivo de minimizar tempos de imobilização e evitar falhas futuras. No entanto, neste modelo, o impacto dessas intervenções acaba por ser mais significativo do que o das corretivas.

Este comportamento pode indicar que, apesar da estratégia preventiva ser mais aplicada neste modelo, os tempos de imobilização associados a essas intervenções ainda são demasiado elevados, tornando-se o principal fator de indisponibilidade. A situação reforça a importância de avaliar não apenas a quantidade de intervenções, mas também a sua eficiência temporal, especialmente quando aplicadas em larga escala como no caso do modelo B.

- **Intervenções individuais;**

Após a análise da indisponibilidade média por modelo e tipo de manutenção, torna-se relevante aprofundar a análise através de uma abordagem mais detalhada, observando a forma como cada subtipo de manutenção preventiva impacta o tempo de inatividade. Esta perspetiva permite perceber não só a frequência de cada subtipo de manutenção, como também o desfasamento existente entre a duração real das intervenções e o tempo total de imobilização que provocam.

Neste contexto, a Tabela 4.7 apresenta um excerto dos registos detalhados das intervenções ocorridas no período selecionado.

Tabela 4.7 - Duração da intervenção vs Duração Real

Matricula	Ínicio	Fim	Subtipo de intervenção	Duração (h)	Duração real (h)	logística (h)	Diferença
AA1	20/4	24/4	Discos+pastilhas eixo traseiro	96	1	1	94
AA1	24/4	3/5	Revisão completa	226	2.5	1	222.5
AA1	5/5	5/5	Troca de pneus (x4)	2	1	1	0
AA1	1/7	18/7	Revisão completa + distribuição	408	8	1	399
AA2	5/7	13/7	Revisão completa	192	2.5	1	188.5
AA3	23/4	17/05	Revisão completa + distribuição	575	8	1	566
AA3	23/9	25/9	Revisão completa	45	2.5	1	41.5
AA4	10/5	15/5	Revisão completa	130	2.5	1	126.5
AA4	25/5	30/5	Pastilhas ambos os eixos	108	1.6	1	105.4
AA5	13/4	21/4	Revisão completa	192	2.5	1	188.5
AA5	21/4	29/04	Pastilhas eixo dianteiro	188	0.8	1	186.2
AA6	9/9	17/9	Revisão completa	200	2.5	1	196.5
AA7	14/7	16/7	Revisão completa	48	2.5	1	44.5
AA8	19/4	19/4	Troca de pneus (x2)	2	1	1	0
AA8	5/8	7/8	Revisão completa	44	2.5	1	40.5
AA8	7/8	7/8	Pastilhas eixo traseiro	4	0.8	1	2.2
AA9	6/6	18/6	Revisão completa + distribuição	300	8	1	291
AA9	21/10	21/10	Troca de pneus (x4)	9	1	1	7

Ao analisar as intervenções de forma individual torna-se evidente uma discrepância significativa entre a duração real da intervenção e o tempo de indisponibilidade registado para o veículo em questão. Este fenómeno é transversal a praticamente todas as intervenções, tanto preventivas como corretivas, no entanto o foco será somente nas preventivas pois são as únicas em que temos um valor tabelado para servir como comparação.

A título de exemplo, o veículo AA1 apresenta quatro intervenções registadas durante o período em análise, das quais três evidenciam um claro desajuste entre a duração real da intervenção e o tempo de inatividade causado. Neste caso em específico, observa-se que procedimentos como a substituição de pastilhas de travão ou revisões completas, que tecnicamente exigem apenas 0.8 horas e 2.5 horas, respetivamente, resultaram em períodos de indisponibilidade que ultrapassam significativamente o tempo estritamente necessário.

Por outro lado, o mesmo veículo também registou uma intervenção exemplar, a troca de pneus, cujo tempo de inatividade provocado correspondeu precisamente ao tempo pretendido, considerando uma tolerância de uma hora adicional necessária para processos logísticos (tal como apresentado no subcapítulo 4.4). Esta eficácia pode ser justificada pelo facto de, no mercado em que esta frota opera, existirem dois momentos obrigatórios para a substituição de pneus o que permite um planeamento rigoroso e atempado, que se traduz numa execução eficiente e sem impactos desnecessários na disponibilidade dos veículos.

Este padrão demonstra que, quando existe uma estrutura clara de prazos e uma antecipação adequada, é possível garantir uma gestão operacional mais eficiente. O mesmo princípio deveria ser aplicado às restantes intervenções recorrentes, assegurando que o tempo de inatividade seja compatível com o tempo estritamente necessário para cada intervenção.

A coluna “Diferença” representa o resultado da subtração entre o tempo total de inatividade causado por cada intervenção e a soma do tempo real necessário para a sua execução, acrescido do tempo atribuído a aspetos logísticos, tal como referido no subcapítulo anterior. Por outras palavras, diz respeito ao tempo de inatividade que excede o que será considerado o pretendido.

Desta forma, a soma da coluna “Diferença” da tabela 6 evidencia um dado particularmente relevante: o total de horas em que os veículos permaneceram indisponíveis para além do tempo tecnicamente necessário para a realização das intervenções. Embora a origem deste valor poder estar associado a vários fatores, como a ausência de planeamento prévio, indisponibilidade de peças, falta de capacidade dos fornecedores externos, entre outros, é legítimo afirmar que a maioria destes constrangimentos pode ser amplamente mitigada com uma abordagem mais estruturada.

Ao somar todos os valores presentes nesta coluna, verifica-se que foram perdidas 12323,7 horas de disponibilidade por motivos que poderiam ter sido mitigados. Considerando que o total de horas de inatividade atribuídas a intervenções de manutenção preventiva no período analisado foi de 12606 horas, isto significa que, num

cenário ideal, esse valor deveria rondar apenas 282,3 horas, tal como demonstra a seguinte equação.

Tempo ideal:

$$\begin{aligned}
 T_{Ideal} &= T_{real} - T_{excesso} \\
 T_{Ideal} &= 12606 - 12323,7 \\
 T_{Ideal} &= 282,3 \text{ horas}
 \end{aligned}
 \tag{4.8}$$

Em percentagem, este excesso representa 5,99% da disponibilidade total (equação 2 – inserir). Se observarmos que a manutenção preventiva foi responsável por 6,14%, então apenas 0,15% era a percentagem de indisponibilidade necessária para realizar as respetivas intervenções.

Indisponibilidade causada pelo excesso:

$$\begin{aligned}
 Indisponibilidade_{excesso} &= \frac{T_{excesso}}{T} \\
 Indisponibilidade_{excesso} &= \frac{12323,7}{205440} \\
 Indisponibilidade_{excesso} &= 5,99\%
 \end{aligned}
 \tag{4.9}$$

Indisponibilidade ideal de manutenção preventiva:

$$\begin{aligned}
 Indisponibilidade_{Ideal,Mp} & \\
 &= Indisponibilidade_{Mp} - Indisponibilidade_{excesso} \\
 Indisponibilidade_{Ideal,Mp} &= 6,14\% - 5,99\% \\
 Indisponibilidade_{Ideal,Mp} &= 0,15\%
 \end{aligned}
 \tag{4.10}$$

Com base nestes dados, torna-se evidente que, na presença de um planeamento consistente e eficaz das intervenções de manutenção preventiva, tal como acontece atualmente com a troca de pneus, o impacto destas na disponibilidade dos veículos poderia ser reduzido para apenas 0,15%. Esta redução teria impacto direto na meta global da disponibilidade definida pela empresa. Tal como demonstrado no subcapítulo 4.4.1, a manutenção corretiva foi responsável por 7,52% da indisponibilidade total

causada por intervenções de manutenção. Somando esse valor aos 0,15% causados por ações preventivas, o total de indisponibilidade seria de 7,69%, ou seja, dentro do objetivo estabelecido de 8%

Esta constatação, reforça mais uma vez a importância crítica de um planeamento eficaz, capaz de antecipar necessidades e mitigar atrasos, como estratégia para aumentar significativamente a eficiência operacional da frota.

Ainda analisando as intervenções registadas presentes na Tabela 4.7, é possível observar padrões distintos de comportamento dos componentes ao longo do seu ciclo de vida útil. Estes padrões podem ser associados aos modelos teóricos de falha, nomeadamente à classificação de falhas tipo A a F. A aplicação prática desta tipologia permite identificar tendências e causas prováveis de falhas, orientando ações de manutenção mais eficazes e adaptadas ao perfil real de cada componente.

A tabela Tabela 4.8 apresenta uma classificação empírica dos principais componentes analisados, com base nos dados recolhidos e na sua correspondência nos diferentes tipos de falha.

Tabela 4.8 - Classificação empírica dos componentes segundo padrões de falha

Componente	Tipo de falha	Descrição
Válvula EGR	Tipo F – Mortalidade infantil	Falhas ocorrem com relativa baixa quilometragem – possível mortalidade infantil
Sensor NOx	Tipo E – Falha aleatória	Falhas logo desde início e de forma constante
Embraiagem	Tipo C – Desgaste progressivo	Falhas aumentam com a quilometragem – desgaste natural
Caixa de velocidades	Tipo C – Desgaste progressivo	Falhas aumentam com a quilometragem – desgaste natural
Radiador	Tipo B – Frequência crescente	Poucas falhas no início, com crescimento leve ao longo do tempo
Filtro de partículas	Tipo C – Desgaste progressivo	Acumulação previsível de resíduos, com falhas crescentes

Velas de ignição	Tipo B – Frequência crescente	Poucas falhas no início, com crescimento leve ao longo do tempo
------------------	-------------------------------	---

A título de exemplo, a válvula EGR apresentou falhas recorrentes em fases iniciais, frequentemente por volta dos 100 000 km, o que indica hábitos típicos de mortalidade infantil. Estas falhas podem estar associadas a defeitos de fabrico, erros de instalação ou fragilidade do componente. Outro exemplo, a embraiagem e a caixa de velocidades evidenciam falhas associadas ao desgaste progressivo, típicas do uso prolongado, reforçando a necessidade de estratégias de substituição baseadas na quilometragem.

Esta classificação, ainda que baseada em observação empírica, permite estruturar melhor o plano de manutenção futura, promovendo uma abordagem mais estratégica e personalizada à gestão da disponibilidade da frota.

4.6 Proposta de melhoria

A manutenção preventiva é crucial para garantir a segurança, a eficiência e a durabilidade dos veículos da empresa.

Com base na análise dos registos de manutenção e nas falhas mais frequentes observadas, propõe-se a implementação de um plano de manutenção preventiva sistematizado e alinhado com a realidade operacional da frota. Este plano visa minimizar a ocorrência de avarias inesperadas, aumentar a vida útil dos componentes e melhorar a disponibilidade dos veículos

Este plano tem como objetivo estabelecer diretrizes claras para as manutenções, prevenindo falhas inesperadas e minimizando custos operacionais a longo prazo. A seguir, detalham-se as diretrizes de manutenção preventiva, fundamentadas em boas práticas do setor automóvel, recomendações dos fabricantes e necessidades operacionais da empresa.

As manutenções serão realizadas com base em quilometragem e estado dos componentes dos veículos. A definição das periodicidades e procedimentos foi cuidadosamente elaborada para maximizar a eficiência e reduzir riscos operacionais.

- **Revisão do Óleo**

A revisão do óleo deve ser realizada a cada 15000 km. O objetivo desta intervenção é garantir que o sistema de lubrificação do motor se mantenha em perfeitas condições, prevenindo desgaste prematuro e eventuais falhas graves no motor. O procedimento inclui a substituição do óleo do motor e do respetivo filtro, assim como a verificação de possíveis fugas ou anomalias no sistema de lubrificação.

Esta medida é justificada pelo facto de o óleo do motor ser essencial para a redução do atrito entre as peças móveis, contribuindo para o bom funcionamento e longevidade do motor. A substituição regular evita a acumulação de impurezas e preserva as propriedades lubrificantes, sendo os 15.000 km um intervalo recomendado por muitos fabricantes como limite seguro para manter a eficiência do motor.

- **Revisão completa**

A revisão completa é proposta para cada 45000 km, o que corresponde a cada terceira revisão do óleo. Esta periodicidade está igualmente alinhada com as indicações do computador de bordo dos veículos da frota, que notificam o condutor para realizar a revisão com base na quilometragem percorrida desde a última intervenção e não apenas em intervalos fixos. Isto significa que o sistema é adaptativo e se, por algum motivo, uma revisão completa for realizada fora do ciclo habitual, a próxima notificação só surgirá 45000 km depois desse ponto. Desta forma o planeamento é mais flexível e adaptado à realidade operacional de cada veículo.

O procedimento inclui a substituição dos quatro filtros principais, filtro de óleo, filtro de ar, filtro de combustível, filtro habitáculo e também a troca do óleo do motor. De forma complementar, deve ser também feita uma verificação geral do veículo, dando ênfase aos parâmetros de funcionamento mais críticos, tal como a transmissão, suspensão, direção, por exemplo.

Esta abordagem visa assegurar que os principais sistemas operam dentro dos limites recomendados e prevenir o desenvolvimento de falhas mais complexas. A adoção desta prática contribui para a longevidade do motor, melhora o desempenho e reforça a fiabilidade da frota.

- **Troca de Pneus**

A inspeção dos pneus deve ser obrigatória em todas as entregas e devoluções de veículos, com o objetivo de garantir tanto a segurança como o desempenho ideal do veículo, além de contribuir para uma maior eficiência no consumo de combustível.

A política da empresa, especificamente para o mercado em estudo, estabelece ainda dois momentos fixos e obrigatórios para a substituição de pneus: em novembro, procede-se à instalação de pneus de inverno com picos, adaptados às condições climáticas mais exigentes; e em abril, realiza-se a transição para pneus de tipo “todas as estações”, adequados ao restante período do ano.

Para além destes dois momentos definidos, os pneus podem ainda ser substituídos sempre que, durante as inspeções regulares, se verifique que a profundidade da banda de rodagem atingiu os 4 milímetros. Este valor é utilizado como limite técnico, assegurando uma aderência adequada, especialmente em condições de chuva ou neve. A substituição é realizada aos pares no mesmo eixo (dianteiro, traseiro ou ambos quando aplicáveis), de forma a garantir maior estabilidade e um comportamento

dinâmico equilibrado do veículo. Esta abordagem reflete as boas práticas recomendadas por fabricantes e entidades de segurança rodoviária, contribuindo para uma condução mais segura e eficiente ao longo de todo o ano.

- **Troca de pastilhas de travão**

A substituição das pastilhas de travão deve ocorrer a cada 15.000 km à semelhança da revisão do óleo. O objetivo é manter a eficácia do sistema de travagem, garantindo a segurança dos clientes. Esta intervenção prevê a inspeção do estado das pastilhas e a sua substituição sempre que atinjam o limite de desgaste estabelecido. A sua substituição atempada é essencial, uma vez que o desgaste progressivo pode comprometer a eficiência da travagem e, em casos extremos, danificar outros componentes como por exemplo os discos de travão. A periodicidade sugerida de 15000 km está alinhada com práticas preventivas comuns no setor, assegurando uma resposta adequada do sistema de travagem em todas as condições.

- **Troca de Discos de travão**

A substituição dos discos de travão está recomendada até um máximo de 45000 km após a última troca. No entanto, este intervalo representa o limite aceitável, uma vez que os discos são inspecionados sempre que ocorre a substituição das pastilhas de travão, a cada 15000 km, logo, caso durante estas inspeções intermedias se verifique desgaste excessivo, empenamento ou fissuras, os discos são substituídos de forma antecipada

À semelhança da troca das pastilhas, o objetivo principal desta intervenção é garantir a eficácia e fiabilidade do sistema de travagem ao longo do tempo, assegurando uma resposta segura, especialmente em situações de emergência. A justificação para a substituição preventiva reside no desgaste natural resultante do atrito contínuo com as pastilhas de travão. Se não for devidamente controlado, esse desgaste pode comprometer o desempenho global do sistema de travagem e levar a reparações mais dispendiosas. Ao estabelecer os 45000 km como limite máximo, garante-se que os discos são sempre avaliados com a devida periodicidade e substituídos antes de atingirem um ponto crítico de degradação.

Estas diretrizes foram definidas com base nas práticas recomendadas pelos fabricantes, bem como na análise das intervenções mais recorrentes da frota atual. A sistematização destes intervalos permitirá melhorar a previsibilidade das intervenções, reduzir custos de manutenção corretiva e melhorar o tempo útil de operação dos veículos.

Para garantir a eficácia e consistência da manutenção preventiva, será implementado um conjunto de medidas organizadas em quatro parâmetros principais: monitorização, planeamento e melhoria contínua.

1. Monitorização e Registo

Cada veículo terá de um registo de manutenção detalhado, atualizado após cada intervenção. Este registo incluirá a data da intervenção, a quilometragem, os componentes substituídos e observações relevantes.

A gestão desses registos será realizada através da plataforma digital da empresa, a qual centraliza toda a informação relativa aos veículos, incluído os períodos de inatividade. Esta plataforma será configurada para emitir alertas automáticos sempre que um veículo se encontrar a 5.000 km da quilometragem limite definida para determinada intervenção preventiva. No caso dos pneus, o sistema emitirá uma notificação sempre que for registado, durante uma inspeção, pelo menos um pneu com uma profundidade de banda de rodagem inferior a 5 mm. Estes alertas permitem um planeamento atempado das intervenções, reduzindo o risco de ultrapassagem dos prazos recomendados e promovendo a continuidade operacional da frota.

2. Planeamento e Agendamento das Intervenções

A calendarização das manutenções será realizada com base nas diretrizes previamente definidas, ou seja, por quilometragem percorrida desde a última intervenção. Com o apoio da plataforma digital da empresa, que emite alertas automáticos sempre que um veículo se aproxima dos limites estabelecidos, será possível planear cada manutenção com a devida antecedência. Sempre que viável, estas intervenções serão agendadas em períodos de menor atividade, reduzindo o impacto nas operações diárias e assegurando a máxima disponibilidade da frota.

3. Melhoria Contínua do Plano de Manutenção

O plano será objeto de uma revisão periódica com base na análise dos resultados obtidos após cada ciclo de manutenções. Serão avaliados indicadores como frequência de avarias, custos operacionais e tempo de imobilização dos veículos, permitindo identificar oportunidades de melhoria. Caso necessário, serão introduzidos ajustamentos ao plano com vista a garantir uma maior eficiência técnica e económica.

Durante a definição das propostas de melhoria para a gestão da manutenção, optou-se por desenvolver exclusivamente um plano de manutenção preventiva. Esta decisão foi sustentada pela análise de viabilidade e impacto, recorrendo à matriz Impacto/Esforço como ferramenta de apoio à priorização estratégica.

A manutenção preventiva, quando bem estruturada, permite antecipar falhas, reduzir o tempo de inatividade e minimizar custos operacionais ao longo do tempo. Neste contexto, as ações associadas à sua implementação apresentaram-se como intervenções de alto impacto com esforço controlado, especialmente quando integradas a sistemas digitais de alerta e planeamento.

Por outro lado, o desenvolvimento de um plano de manutenção corretiva, embora importante, representaria um esforço significativamente superior no curto prazo — tanto em termos de análise detalhada de falhas quanto de desenho de protocolos específicos para resposta a imprevistos. Além disso, este tipo de manutenção, por definição, atua apenas após a ocorrência da falha, não contribuindo diretamente para a redução do tempo de inatividade preventivamente.

A Figura 4.4 representa graficamente a posição de ambos os tipos de manutenção na relação entre impacto e esforço

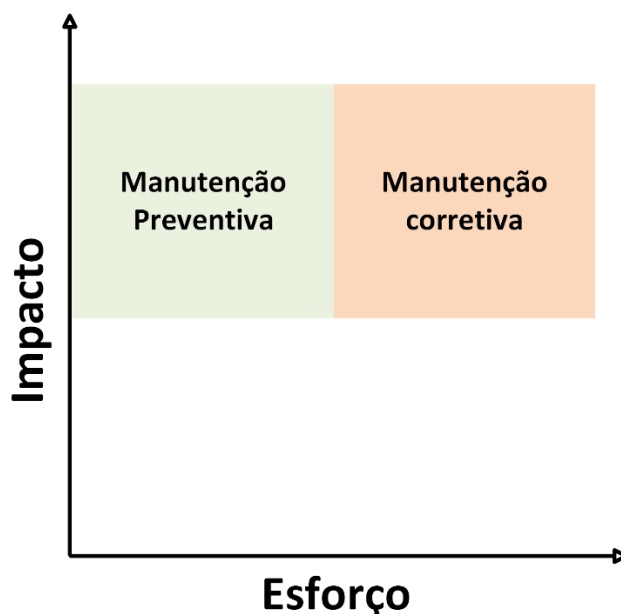


Figura 4.4 - Impacto/esforço dos tipos de manutenção, Fonte: (Elaboração Própria)

Assim, com base na matriz, priorizou-se a manutenção preventiva como abordagem mais eficaz e com melhor relação entre impacto e esforço no contexto da frota analisada. Esta decisão não exclui a possibilidade de futuramente se vir a desenvolver um plano complementar de manutenção corretiva, mas sustenta a opção de focar, nesta fase, na estratégia que oferece maior retorno a curto e médio prazo.

5 Conclusões e trabalho futuro

5.1 Conclusões

O objetivo principal desta dissertação foi analisar o impacto das intervenções de manutenção na disponibilidade operacional de uma frota, através da recolha e análise de dados reais, propondo estratégias para melhorar o planeamento e a execução das mesmas.

Para atingir este objetivo, foi desenvolvido e aplicado um modelo de análise que permitiu identificar os principais fatores que contribuem para a indisponibilidade dos veículos, quantificando o impacto das manutenções preventivas e corretivas.

Durante o período selecionado, foi registado um total de 28061 horas de indisponibilidade da frota, o que representa 13,66% da disponibilidade teórica dos veículos. Este valor é significativamente superior ao objetivo definido pela organização, cerca de 8% de indisponibilidade causada por intervenções de manutenção.

Ao aprofundar a análise, constatou-se que 6,15% dos 13,66% totais, se referem exclusivamente à manutenção preventiva. A aplicação do modelo revelou que a maioria da indisponibilidade associadas às intervenções de manutenção não se deve ao tempo técnico necessário para a execução das intervenções, mas sim a fatores externos, como falhas no planeamento, falta de peças e indisponibilidade de fornecedores.

Em concreto, verificou-se que 12323,7 horas de inatividade, correspondentes a 6% da disponibilidade total, poderiam ser mitigadas com uma gestão mais eficiente, o que permitiria reduzir significativamente o impacto da manutenção na operação. Isto porque apenas 0,15% da indisponibilidade causada pelas intervenções de manutenção de carácter preventivo dizem respeito ao tempo tecnicamente necessário para a respetiva realização.

Por outro lado, a manutenção corretiva foi responsável por 7,52% da indisponibilidade, o que, somado ao impacto ideal da manutenção preventiva, os 0,15% constatados, indicaria que, num cenário de planeamento eficaz, seria possível reduzir o impacto total da manutenção para cerca de 7,67%, atingindo assim o objetivo da organização.

Apesar dos desafios encontrados, nomeadamente na recolha, tratamento de dados históricos e na identificação precisa do tempo excedente associado a cada intervenção, o modelo mostrou-se eficaz na identificação de padrões, validando a sua aplicabilidade a outras frotas ou realidades operacionais semelhantes.

De um modo geral, a realização deste trabalho reforça a importância do planeamento prévio e estruturado das intervenções de manutenção como fator crítico para a maximização da disponibilidade de frota. Ao evidenciar a relação entre uma gestão preventiva rigorosa e a melhoria da eficiência operacional, espera-se ter contribuído para uma maior valorização da gestão da manutenção enquanto alavanca de competitividade no setor logístico e de transportes.

5.2 Trabalho futuro

A presente dissertação permitiu analisar de forma aprofundada o impacto da manutenção na disponibilidade operacional de uma frota, com base em dados reais. No entanto, como em qualquer estudo, surgiram limitações e oportunidades que abrem caminho para trabalhos futuros que permitam aprofundar os resultados apresentados.

Uma primeira oportunidade de continuidade passa por alargar o período de análise, de modo a incluir uma amostra temporal mais robusta e representativa, enquanto abrange diferentes sazonalidades operacionais.

Paralelamente, seria pertinente expandir a análise a toda a frota da organização e não apenas a uma amostra representativa. Isso permitiria validar estaticamente os padrões identificados, generalizar os resultados e criar segmentos de veículos com necessidades de manutenção distintas.

Outra oportunidade relevante consiste em aprofundar a aplicação da metodologia RCM, passando de uma abordagem empírica para uma implementação sistematizada, baseada em critérios de criticidade, modos de falha e consequências.

Para além disso, seria também importante melhorar os processos de registo de dados, com reforço da digitalização, normalização dos campos preenchidos e formação das equipas para garantir consistência e fiabilidade da informação registada.

Por fim, seria interessante realizar uma análise custo-benefício das estratégias de manutenção propostas, incluindo não só os custos diretos associados às intervenções (mão de obra e peças, principalmente), mas também os custos “invisíveis”, como o impacto na operação, perda de receita potencial, etc.

Desta forma, assegura-se que o modelo permanece alinhado com a realidade operacional da empresa, promovendo uma abordagem dinâmica, sustentável e adaptada às exigências atuais e futuras da gestão de frota. Para além disso, estas

propostas visam criar um ciclo de melhoria contínua que permite que o desempenho dos ativos seja regularmente revisto e melhorado, garantindo assim uma maior eficiência operacional e competitividade da organização.

Referências bibliográficas

- Akkartal, E., & Aras, G. Y. (2021). Sustainability in Fleet Management. *Journal of Advanced Research in Economics and Administrative Sciences*, 2(3). <https://doi.org/10.47631/jareas.v2i3.288>. (Acedido em 24/10/2024)
- Alencar, W. (2020). *Ciclo PDCA - Modelo de aplicação para download*. Produtividade Máxima. (Acedido em 21/01/2025)
- Antony, J. (2020). *Lean Six Sigma in Higher Education* (J. Antony, Ed.). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/9781787699298>
- Arts, J. (2017). *Maintenance Modeling and Optimization* [Eindhoven University of Technology]. https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/60891240/wp_526.compressed_1.pdf. (Acedido em 20/10/2024)
- Assis, R. (2014). *Apoio à decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos* (E. Lidel, Ed.; 1st ed.). Lidel.
- Barros, C., & Massala, M. (2020). Reliability Centered Maintenance (RCM) – implementação e benefícios . *Revista Da Manutenção*.
- Bass, P. (2012). *Fleet Management Commitment to Fuel Efficiency*. <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/482/docs/482.pdf> . (Acedido em 01/11/2024)
- Begashaw, B. (2018). *The Effect of Fleet Management on Fleet Efficiency From The Perspective of Employee* [University School Of Commerce]. <https://etd.aau.edu.et/server/api/core/bitstreams/09b0626d-cf3e-4fcd-88c9-750ad6307831/content>. (Acedido em 12/10/2024)
- Belachew, S. (2022). *Analysis Of Fleet Management Practices And Its Effect On Operational Performance Of Hagbles Plc* [Saint Mary University]. <http://repository.smuc.edu.et/handle/123456789/7204>. (Acedido em 15/10/2024)

- Besiou, M., Pedraza Martinez, A., & Van Wassenhove, L. N. (2012). The Effect of Earmarked Funding on Fleet Management for Relief and Development. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1991068>
- Blanchard, B., & Fabrycky, W. (2010). *Systems Engineering and Analysis* (5ª Edition), Pearson.
- Blanchard, B. S., & Blyler, J. E. (2016). *System Engineering Management* (Wiley, 5ªEdition). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119178798>
- Borirug, S., Fung, C. C., & Philuek, W. (2009). A STUDY ON THE REQUIREMENTS AND TOOLS FOR REAL TIME FLEET MANAGEMENT E-BUSINESS SYSTEMS IN THAILAND. *8th International Conference on E-Business (INCEB 2009)*.
- Cabral, J. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção: dos Conceitos à Prática* (Lda. LIDEL - Edições Técnicas, 6ªEdição).
- Cabrita, C., Fernandes, C., Matias, J., & Santos, F. (2015). Estados e tempos de manutenção de um bem. *Revista Da Manutenção*.
- Campbell, J., & Jardine, A. (2001). *Maintenance Excellence: Optimizing Equipment, Life-Cycle Decisions* (1st ed.). CRC Press.
- Canuto, R. M. F. (2009). *As Melhores Práticas de Gestão para a Melhoria da Fiabilidade Operacional*. <https://repositorioaberto.uab.pt/entities/publication/0e2e44d1-69af-4f6f-9aaf-72f88e01568a> . (Acedido em 10/11/2024)
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation* (6th ed.).
- City of Seattle. (2014). *A Clean and Green Fleet*. <https://www.seattle.gov/documents/Departments/FAS/FleetManagement/2014-Green-Fleet-Action-Plan.pdf>. (Acedido em 20/02/2025)
- Costa, S. (2017). Gestão de frotas: cada vez mais profissional. *Sustentável*.
- Dhillon, B. (2006). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. CRC Press. <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/26465/1/Maintainability%2C%20Maintenance%2C%20and%20Reliability%20for%20Engineers.pdf>. (Acedido em 20/10/2024)
- Dhillon, B. (2019). *Engineering Maintenance: A Modern Approach* (1st ed.). CRC Press.
- Farinha, J. (2011). *Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão* (1st ed.). Monitor.
- Fink, A., & Reiners, T. (2006). Modeling and solving the short-term car rental logistics problem. *Transportation Research Part E: Logistics and*

- Transportation Review*, 42(4), 272–292.
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2004.10.003>
- Fu, J. (2017). *Evaluating and Improving the Transport Efficiency of Logistics Operations* [Royal Institute of Technology]. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1083891/FULLTEXT02.pdf>. (Acedido em 25/10/2024)
- Gitahi, P., & Ogollah, K. (2014). Influence of Fleet Management Practices on Service Delivery Performance to Refugees. *European Journal of Business Management*, 2(1).
- Hamzi, R., Bourmada, N., & Bouda, M. (2013). *Fleet management: Assessment of the best practices*. https://www.researchgate.net/publication/280893661_Fleet_management_Assessment_of_the_best_practices. (Acedido em : 06/11/2024)
- Helmann, K. (2006). Ponderação sobre os critérios considerados para suportar a tomada de decisão quanto ao momento de se efectuar a manutenção preventiva em processos industriais. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 26, 2006, Fortaleza.
- Hesketh, I., Cooper, C. L., & Ivy, J. (2015). Well-being, austerity and policing. *The Police Journal: Theory, Practice and Principles*, 88(3), 220–230. <https://doi.org/10.1177/0032258X15598950>
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (MCGRAW-HILL EDUCATION - EUROPE, Ed.).
- Instituto Português da Qualidade. (2007). *NP EN 13306:2007 - Manutenção: Terminologia*.
- Instituto Português da Qualidade. (2009). *NP EN 15341 - Manutenção - Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)*.
- Instituto Português da Qualidade. (2021). *NP EN 13306 - Manutenção. Terminologia de manutenção*.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2007). *Implementation Strategies and Tools for Condition Based Maintenance at Nuclear Power Plants*.
- Josh. (2023). Revolutionizing Fleet Management: The Journey from Paper Logs to Digital Efficiency. <https://www.arionerp.com/news/productivity/the-evolution-of-fleet-management-to-digital-efficiency.html>. (Acedido em 10/11/2024)
- Kardec, A., & Nascif, J. (2012). *Manutenção - Função estratégica* (5th ed.). Qualitymark.
- Krantz, T., & Jonker, A. (2023, December). *What is Fleet Management?* IBM. <https://www.ibm.com/think/topics/fleet-management>. (Acedido em 06/10/2024)

- Laura Hennigan, & Rob Watts. (2024). What Is Fleet Management? Everything You Need To Know. *Forbes Advisor*.
- Leonard, K. (2024, September 24). The Ultimate Guide To SMART Goals. *Forbes*. <https://www.forbes.com/uk/advisor/business/smart-goals/>. (Acedido em 20/01/2025)
- Li, Z., & Tao, F. (2010). On determining optimal fleet size and vehicle transfer policy for a car rental company. In *Computers & Operations Research* (pp. 341–350).
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (2019). The development of goal setting theory: A half century retrospective. *Motivation Science*, 5(2). <https://doi.org/10.1037/mot0000127>
- Maria Beatriz Brito Oliveira. (2018). *Fleet and Revenue Management in Car Rental: Quantitative Approaches for Optimization Under Uncertainty* [Faculdade de Engenharia Universidade do Porto]. <https://core.ac.uk/download/pdf/302953307.pdf>. (Acedido em 08/10/2024)
- Marinelli, I. (2022). Entenda o que é curva da banheira. *Revista Manutenção*.
- Marques, P. (2009). *Implementação de um Sistema de Manutenção Preventiva*. Universidade de Aveiro.
- Marquéz, A., & Herguedas, A. (2004). Learning about failure root causes through maintenance records analysis. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- McKinon, A., Browne, M., Whiteing, A., & Piecyk, M. (2015). *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics* (3rd ed.). Konan Page.
- Mirshawaka, & Olmedo. (2003). *Manutenção - Combate aos custos da não eficácia - a vez do Brasil*. Makron Books.
- Mobley, R. (2004). *Maintenance Fundamentals* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Moubray, J. (2017). *Reliability Centered Maintenance* (Vol. 2). Industrial Press, Inc.
- Murthy, D. N. P., Atrens, A., & Eccleston, J. A. (2002). Strategic maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(4), 287–305. <https://doi.org/10.1108/13552510210448504>
- Murty, A., & Naikan, V. (1995). Availability and Maintenance Cost Optimization of a Production Plant. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Neto, T. (2017). *A História da Evolução Do Sistema de Gestão de Manutenção*. <https://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650>. (Acedido em 11/11/2024)
- Opah. (2004). *Introduction to operational availability*. <https://www.acqnotes.com/Attachments/Introduction%20to%20Operational%20Availability.pdf>. (Acedido em 27/11/2024)
- Pachon, J., Lakovou, E., & Chi, I. (2006). Vehicle Fleet Planning in the Car Rental Industry. *Journal of Revenue and Pricing Management*.

- Parmenter, D. (2019). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs* (Wiley, Ed.; 4^a).
- Pedraza Martinez, A. J., Stapleton, O., & Van Wassenhove, L. N. (2011). Field vehicle fleet management in humanitarian operations: A case-based approach. *Journal of Operations Management*, 29(5), 404–421. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.11.013>
- Peraza, L. (2018). *Handbook of Reliability Engineering* (H. Pham, Ed.; 2^a). Springer.
- Pereira, F., & Sena, F. (2016). *Manutenção de Instalações Técnicas* (Publindústria, Ed.). Engebook.
- Pintelon, L., & Parodi-Herz, A. (2008). Maintenance: An Evolutionary Perspective. In *Complex System Maintenance Handbook*.
- Pryor, G. A. (2008). *Methodology for Estimation of Operational Availability as Applied to Military Systems*.
- Rachel Plant. (2022, July 20). *The Evolution of Fleet Management and Rise of Supporting Technologies*. <https://www.fleetio.com/blog/evolution-of-fleet>.
- Rausand, M., & Høyland, A. (2004). *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications*. John Wiley & Sons.
- Saadouli, N. (2021). Optimal Fleet Size And Mix For A Rental Car Company. *Journal of Applied Business Research (JABR)*.
- Sayed, C. M. A., & Sayed, A. (2020). Challenges of Contemporary Fleet Management and Optimisation. *The International Journal of Robotics Research*.
- Schneider, K., & Cassady, C. R. (2004). Fleet performance under selective maintenance. *Annual Symposium Reliability and Maintainability, 2004 - RAMS*, 571–576. <https://doi.org/10.1109/RAMS.2004.1285508>
- Shehadeh, K., Wang, H., & Zhang, P. (2021). Fleet sizing and allocation for on-demand last-mile transportation systems . *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*.
- Snoeck, A., & Winkenbach, M. (2020). The value of physical distribution flexibility in serving dense and uncertain urban markets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: metodologias kaizen para a melhoria contínua*. LeanOp Press.
- Tasdemir, C., Gazo, R., & Quesada, H. J. (2020). Sustainability benchmarking tool (SBT): theoretical and conceptual model proposition of a composite framework. *Environment, Development and Sustainability*, 22(7), 6755–6797. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00512-3>
- Trieflinger, S., Munch, J., Bogazkoy, E., Eissler, P., Schneider, J., & Roling, B. (2021). How to Prioritize Your Product Roadmap When Everything Feels

- Important: A Grey Literature Review. *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC52061.2021.9570243>
- Trombeta, A. (2017). *Manutenção e Gestão de Ativos... Qual a diferença?* <https://www.linkedin.com/pulse/manuten%C3%A7%C3%A3o-e-gest%C3%A3o-de-ativos-qual-diferen%C3%A7a-trombeta-mba/>. (Acedido em 25/11/2024)
- Tsang, A. H. C. (2002). Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), 7–39. <https://doi.org/10.1108/13552510210420577>
- Wallar, A., Mora, J., & Rus, D. (2019). Optimizing Vehicle Distributions and Fleet Sizes for Shared Mobility-on-Demand. *IEEE Robotics and Automation Letters*.
- Zeimpekis, V., Tarantilis, C., Giaglis, G., & Minis, I. (2007). *Dynamic Fleet Management* (V. Zeimpekis, C. D. Tarantilis, G. M. Giaglis, & I. Minis, Eds.; Vol. 38). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-71722-7>

Anexo A - Tabela dos dados registados

Tabela A.1 - Dados registados

Matricula	Íncio	Fim	Tipo de intervenção	Subtipo de intervenção	Duração (h)	km
AA1	20/4	24/4	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas eixo traseiro	96	123128
AA1	24/4	3/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	226	123128
AA1	5/5	5/5	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	2	123128
AA1	1/7	18/7	Manutenção preventiva	Revisão completa + distribuição	408	142294
AA2	2/6	7/6	Manutenção corretiva	Embraiagem	115	146847
AA2	5/7	13/7	Manutenção preventiva	Revisão completa	192	154636
AA2	9/10	31/10	Manutenção corretiva	Reparação da caixa de velocidades	672	169990
AA3	23/4	17/05	Manutenção preventiva	Revisão completa + distribuição	575	119781
AA3	23/9	25/9	Manutenção preventiva	Revisão completa	45	144431
AA4	16/4	6/5	Manutenção corretiva	Reparação da caixa de velocidades	497	136409
AA4	10/5	15/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	130	136409
AA4	25/5	30/5	Manutenção preventiva	Pastilhas ambos os eixos	108	137645
AA5	13/4	21/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	192	110677
AA5	21/4	29/04	Manutenção preventiva	Pastilhas eixo dianteiro	188	110677
AA5	14/10	31/10	Manutenção corretiva	Válvula EGR	408	141232

AA6	9/9	17/9	Manutenção preventiva	Revisão completa	200	145510
AA7	1/6	1/6	Manutenção corretiva	Filtro de particulas	4	107874
AA7	14/7	16/7	Manutenção preventiva	Revisão completa	48	116231
AA7	21/10/2024	30/10/2024	Manutenção corretiva	Sensor NOX	216	133611
AA8	19/4	19/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x2)	2	122483
AA8	5/8	7/8	Manutenção preventiva	Revisão completa	44	142872
AA8	7/8	7/8	Manutenção preventiva	Pastilhas eixo traseiro	4	142872
AA9	6/6	18/6	Manutenção preventiva	Revisão completa + distribuição	300	135199
AA9	21/10	21/10	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	9	148757
AA10	30/4/2024	21/6/2024	Manutenção corretiva	Reparação da caixa de velocidades	1432	129746
AA10	1/7	3/7	Manutenção corretiva	Radiador	50	129834
AA10	17/9	25/9	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas eixo traseiro	190	141335
AA10	21/10	21/10	Manutenção preventiva	Revisão completa	12	143676
AA11	16/4	16/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x2)	2	124036
AA11	3/6/2024	4/6/2024	Manutenção corretiva	Velas	28	131887
AA11	15/6	15/6	Manutenção preventiva	Revisão completa	10	131904
AA11	16/6	16/6	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas eixo traseiro	9	131904
AA11	26/10	26/10	Manutenção preventiva	Pastilhas eixo dianteiro	2	158959
AA12	16/6	17/6	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas eixo dianteiro	26	114576
AA12	#####	31/10/2024	Manutenção corretiva	Valvula EGR	655	133996
AA13	2/4	2/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	2	96548
AA13	3/4	10/4	Manutenção preventiva	Pastilhas ambos os eixos	168	96595
AA13	17/6/2024	27/6/2024	Manutenção corretiva	Valvula EGR	267	99638
AA13	18/7	7/8	Manutenção preventiva	Revisão completa + distribuição	480	101684
AA13	9/9/2024	22/9/2024	Manutenção corretiva	Valvula EGR	317	107317

AA13	23/9	4/10	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas eixo traseiro	262	107317
AA14	10/5	17/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	178	132192
AA14	20/6	31/6	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas eixo traseiro	248	138755
AA15	30/4/2024	11/6/2024	Manutenção corretiva	Valvula EGR	1104	113695
AA15	18/6	27/6	Manutenção preventiva	Revisão completa	212	113926
AA15	30/6/2024	2/7/2024	Manutenção corretiva	Valvula EGR	39	114210
AA15	14/7/2024	3/9/2024	Manutenção corretiva	Reparação da caixa de velocidades	1432	116893
AA15	6/9	20/9	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas ambos os eixos	338	117626
AA16	8/7	14/7	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas eixo dianteiro	144	142755
AA16	5/8/2024	17/10/2024	Manutenção corretiva	Reparação da caixa de velocidades	1582	147531
AA17	16/4	6/5	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas ambos os eixos	480	91837
AA17	9/6	17/6	Manutenção preventiva	Revisão completa	200	95421
AA18	5/4	5/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x2)	2	108456
AA18	5/4	15/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	240	108456
AA18	1/10	19/10	Manutenção preventiva	Revisão completa + distribuição	442	131834
AA19	14/5	25/5	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas ambos os eixos	272	68970
AA19	9/6	17/6	Manutenção preventiva	Revisão completa	200	70492
AA20	6/8/2024	31/10/2024	Manutenção corretiva	Valvula EGR	2064	109866
BB1	4/4	4/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	2	87160
BB1	4/5	11/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	176	89232
BB1	31/5	5/6	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas ambos os eixos	126	90783
BB2	#####	15/6/2024	Manutenção corretiva	Sensor NOX	101	44708
BB2	20/6/2024	29/8/2024	Manutenção corretiva	Sensor NOX	2101	45465
BB2	12/9	20/9	Manutenção preventiva	Revisão completa	192	47364

BB3	4/7	6/7	Manutenção preventiva	Revisão completa	24	87937
BB3	7/7	8/7	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	24	87937
BB4	12/4	30/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	432	106671
BB4	1/5	14/5	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas eixo dianteiro + pastilhas eixo traseiro	312	106671
BB4	18/8	20/8	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	48	115889
BB4	24/10	24/10	Manutenção preventiva	Revisão completa	4	131665
BB5	15/4	22/4	Manutenção preventiva	Pastilhas ambos os eixos	172	117602
BB5	12/6	21/6	Manutenção preventiva	Revisão completa	224	120655
BB6	19/6/2024	2/7/2024	Manutenção corretiva	Valvula EGR	322	77364
BB6	5/8	12/8	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas eixo traseiro	168	81629
BB6	18/10	18/10	Manutenção preventiva	Revisão completa	4	96204
BB7	12/4	12/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	4	74309
BB7	12/4	12/4	Manutenção preventiva	Pastilhas ambos os eixos	3	74309
BB7	16/4	16/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	2	74381
BB8	23/4	2/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	216	60114
BB8	24/6	1/7	Manutenção preventiva	Pastilhas ambos os eixos	160	71273
BB9	6/6	8/6	Manutenção preventiva	Revisão completa	48	68066
BB9	8/6	9/6	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas eixo dianteiro	32	68066
BB9	7/10	10/10	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x2)	32	90702
BB10	3/4	3/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	2	68589
BB10	10/4	18/4	Manutenção preventiva	Pastilhas em ambos os eixo	168	69273
BB10	17/7	26/7	Manutenção preventiva	Revisão completa	226	76659
BB11	1/4	9/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	192	75434
BB11	10/4	10/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	2	75434
BB11	8/7	15/7	Manutenção preventiva	Revisão completa	160	88080

BB12	10/5	15/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	186	71284
BB12	15/5/2024	7/6/2024	Manutenção corretiva	Sensor NOX	552	71284
BB12	3/8	4/8	Manutenção preventiva	Pastilhas ambos os eixos	36	79170
BB13	15/7	20/7	Manutenção preventiva	Revisão completa	125	91825
BB14	1/5/2024	6/6/2024	Manutenção corretiva	Sensor NOX	864	78214
BB14	7/6	14/6	Manutenção preventiva	Revisão completa	168	78214
BB15	9/4/2024	15/4/2024	Manutenção corretiva	Filtro de particulas	144	78313
BB15	15/4	17/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	48	78313
BB15	17/4	19/4	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas ambos os eixos	55	78313
BB15	8/5	15/5	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	178	82150
BB15	23/6/2024	30/6/2024	Manutenção corretiva	Reparação caixa de velocidades	168	87971
BB16	10/4	10/4	Manutenção preventiva	Troca de pneus (x4)	2	90829
BB16	12/4	18/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	144	90903
BB16	18/4	21/4	Manutenção preventiva	Pastilhas ambos os eixos	72	90903
BB17	1/4	20/4	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas ambos os eixos	456	100061
BB17	9/7/2024	22/7/2024	Manutenção corretiva	Reparação da caixa de velocidade	321	108576
BB17	12/8	31/8	Manutenção preventiva	Revisão completa + distribuição	465	112783
BB18	12/4	12/4	Manutenção preventiva	Revisão completa	9	91472
BB19	9/7	16/7	Manutenção preventiva	Revisão completa	168	80941
BB19	1/8	5/8	Manutenção preventiva	Discos+pastilhas eixo dianteiro	96	82214
BB20	26/4/	6/5	Manutenção preventiva	Discos + pastilhas ambos os eixos	250	66813
BB20	17/5	21/5	Manutenção preventiva	Revisão completa	105	68822

Anexo B – Duração real vs Duração da intervenção

Tabela B.1 - Duração real vs Duração da intervenção

Matricula	Ínicio	Fim	Subtipo de intervenção	Duração (h)	Duração real (h)	logística (h)	Diferença
AA1	20/4	24/4	Discos+pastilhas eixo traseiro	96	1	1	94
AA1	24/4	3/5	Revisão completa	226	2.5	1	222.5
AA1	5/5	5/5	Troca de pneus (x4)	2	1	1	0
AA1	1/7	18/7	Revisão completa + distribuição	408	8	1	399
AA2	2/6	7/6	Embraiagem	115			
AA2	5/7	13/7	Revisão completa	192	2.5	1	188.5
AA2	9/10	31/10	Reparação da caixa de velocidades	672			
AA3	23/4	17/05	Revisão completa + distribuição	575	8	1	566
AA3	23/9	25/9	Revisão completa	45	2.5	1	41.5
AA4	16/4	6/5	Reparação da caixa de velocidades	497			
AA4	10/5	15/5	Revisão completa	130	2.5	1	126.5
AA4	25/5	30/5	Pastilhas ambos os eixos	108	1.6	1	105.4
AA5	13/4	21/4	Revisão completa	192	2.5	1	188.5
AA5	21/4	29/04	Pastilhas eixo dianteiro	188	0.8	1	186.2
AA5	14/10	31/10	Válvula EGR	408			
AA6	9/9	17/9	Revisão completa	200	2.5	1	196.5
AA7	1/6	1/6	Filtro de partículas	4			
AA7	14/7	16/7	Revisão completa	48	2.5	1	44.5
AA7	21/10	30/10	Sensor NOX	216			
AA8	19/4	19/4	Troca de pneus (x2)	2	1	1	0
AA8	5/8	7/8	Revisão completa	44	2.5	1	40.5
AA8	7/8	7/8	Pastilhas eixo traseiro	4	0.8	1	2.2
AA9	6/6	18/6	Revisão completa + distribuição	300	8	1	291
AA9	21/10	21/10	Troca de pneus (x4)	9	1	1	7
AA10	30/4	21/6	Reparação da caixa de velocidades	1432			
AA10	1/7	3/7	Radiador	50			

AA10	17/9	25/9	Discos+pastilhas eixo traseiro	190	1	1	188
AA10	21/10	21/10	Revisão completa	12	2.5	1	8.5
AA11	16/4	16/4	Troca de pneus (x2)	2	1	1	0
AA11	3/6	4/6	Velas	28			
AA11	15/6	15/6	Revisão completa	10	2.5	1	6.5
AA11	16/6	16/6	Discos+pastilhas eixo traseiro	9	1	1	7
AA11	26/10	26/10	Pastilhas eixo dianteiro	2	0.8	1	0.2
AA12	16/6	17/6	Discos+pastilhas eixo dianteiro	26	1	1	24
AA12	4/10	31/10	Valvula EGR	655			
AA13	2/4	2/4	Troca de pneus (x4)	2	1	1	0
AA13	3/4	10/4	Pastilhas ambos os eixos	168	2.5	1	164.5
AA13	17/6	27/6	Valvula EGR	267			
AA13	18/7	7/8	Revisão completa + distribuição	480	8	1	471
AA13	9/9	22/9	Valvula EGR	317			
AA13	23/9	4/10	Discos+pastilhas eixo traseiro	262	1	1	260
AA14	10/5	17/5	Revisão completa	178	2.5	1	174.5
AA14	20/6	31/6	Discos + pastilhas eixo traseiro	248	1	1	246
AA15	30/4	11/6	Valvula EGR	1104			
AA15	18/6	27/6	Revisão completa	212	2.5	1	208.5
AA15	30/6	2/7	Valvula EGR	39			
AA15	14/7	3/9	Reparação da caixa de velocidades	1432			
AA15	6/9	20/9	Discos+pastilhas ambos os eixos	338	2	1	335
AA16	8/7	14/7	Discos+pastilhas eixo dianteiro	144	1	1	142
AA16	5/8	17/10	Reparação da caixa de velocidades	1582			
AA17	16/4	6/5	Discos + pastilhas ambos os eixos	480	2	1	477
AA17	9/6	17/6	Revisão completa	200	2.5	1	196.5
AA18	5/4	5/4	Troca de pneus (x2)	2	1	1	0
AA18	5/4	15/4	Revisão completa	240	2.5	1	236.5
AA18	1/10	19/10	Revisão completa + distribuição	442	8	1	433

AA19	14/5	25/5	Discos + pastilhas ambos os eixos	272	2	1	269
AA19	9/6	17/6	Revisão completa	200	2.5	1	196.5
AA20	6/8	31/10	Valvula EGR	2064			
BB1	4/4	4/4	Troca de pneus (x4)	2	1	1	0
BB1	4/5	11/5	Revisão completa	176	2.5	1	172.5
BB1	31/5	5/6	Discos + pastilhas ambos os eixos	126	2	1	123
BB2	11/6	15/6	Sensor NOX	101			
BB2	20/6	29/8	Sensor NOX	2101			
BB2	12/9	20/9	Revisão completa	192	2.5	1	188.5
BB3	4/7	6/7	Revisão completa	24	2.5	1	20.5
BB3	7/7	8/7	Troca de pneus (x4)	24	2	1	21
BB4	12/4	30/4	Revisão completa	432	2.5	1	428.5
BB4	1/5	14/5	Discos + pastilhas eixo dianteiro + pastilhas eixo traseiro	312	1.8	1	309.2
BB4	18/8	20/8	Troca de pneus (x4)	48	1	1	46
BB4	24/10	24/10	Revisão completa	4	2.5	1	0.5
BB5	15/4	22/4	Pastilhas ambos os eixos	172	1.6	1	169.4
BB5	12/6	21/6	Revisão completa	224	2.5	1	220.5
BB6	19/6	2/7	Valvula EGR	322			
BB6	5/8	12/8	Discos + pastilhas eixo traseiro	168	1	1	166
BB6	18/10	18/10	Revisão completa	4	2.5	1	0.5
BB7	12/4	12/4	Revisão completa	4	2.5	1	0.5
BB7	12/4	12/4	Pastilhas ambos os eixos	3	1.6	1	0.4
BB7	16/4	16/4	Troca de pneus (x4)	2	1	1	0
BB8	23/4	2/5	Revisão completa	216	2.5	1	212.5
BB8	24/6	1/7	Pastilhas ambos os eixos	160	1.6	1	157.4
BB9	6/6	8/6	Revisão completa	48	2.5	1	44.5
BB9	8/6	9/6	Discos + pastilhas eixo dianteiro	32	1	1	30
BB9	7/10	10/10	Troca de pneus (x2)	32	1	1	30
BB10	3/4	3/4	Troca de pneus (x4)	2	1	1	0
BB10	10/4	18/4	Pastilhas em ambos os eixo	168	1.6	1	165.4
BB10	17/7	26/7	Revisão completa	226	2.5	1	222.5

BB11	1/4	9/4	Revisão completa	192	2.5	1	188.5
BB11	10/4	10/4	Troca de pneus (x4)	2	1	1	0
BB11	8/7	15/7	Revisão completa	160	2.5	1	156.5
BB12	10/5	15/5	Revisão completa	186	2.5	1	182.5
BB12	15/5	7/6	Sensor NOX	552			
BB12	3/8	4/8	Pastilhas ambos os eixos	36	1.6	1	33.4
BB13	15/7	20/7	Revisão completa	125	2.5	1	121.5
BB14	1/5	6/6	Sensor NOX	864			
BB14	7/6	14/6	Revisão completa	168	2.5	1	164.5
BB15	9/4	15/4	Filtro de particulas	144			
BB15	15/4	17/4	Revisão completa	48	2.5	1	44.5
BB15	17/4	19/4	Discos + pastilhas ambos os eixos	55	2	1	52
BB15	8/5	15/5	Troca de pneus (x4)	178	1	1	176
BB15	23/6	30/6	Reparação caixa de velocidades	168			
BB16	10/4	10/4	Troca de pneus (x4)	2	1	1	0
BB16	12/4	18/4	Revisão completa	144	2.5	1	140.5
BB16	18/4	21/4	Pastilhas ambos os eixos	72	2	1	69
BB17	1/4	20/4	Discos + pastilhas ambos os eixos	456	2	1	453
BB17	9/7	22/7	Reparação da caixa de velocidade	321			
BB17	12/8	31/8	Revisão completa + distribuição	465	8	1	456
BB18	12/4	12/4	Revisão completa	9	2.5	1	5.5
BB19	9/7	16/7	Revisão completa	168	2.5	1	164.5
BB19	1/8	5/8	Discos+pastilhas eixo dianteiro	96	1	1	94
BB20	26/4	6/5	Discos + pastilhas ambos os eixos	250	2	1	247
BB20	17/5	21/5	Revisão completa	105	2.5	1	101.5