

ESTUDO DO IMPACTO DA TECNOLOGIA NO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL DE MERCADORIAS

Ana Isabel Pereira

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico do Porto
Obtenção do Grau de Mestre em Logística

Orientadora: Professora Doutora Lia Oliveira

Coorientador: Professor Doutor Jorge Esparteiro Garcia

Porto, outubro de 2022

ESTUDO DO IMPACTO DA TECNOLOGIA NO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL DE MERCADORIAS

Ana Isabel Pereira

Orientadora: Professora Doutora Lia Oliveira

Coorientador: Professor Doutor Jorge Esparteiro Garcia

Porto, outubro de 2022

Resumo

O transporte de cargas e mercadorias é elemento vital na economia global. De forma inevitável, todos os setores económicos da atualidade apresentarão sempre uma dependência, em maior ou menor grau, do desempenho e eficiência do setor dos transportes.

Neste âmbito, o transporte de mercadorias em toda a Europa tem tido um papel predominante, sendo que o transporte rodoviário continua a ocupar um lugar de destaque, com 75.3% do transporte terrestre total de mercadorias e Portugal tem sido um dos países europeus que apresenta maior dependência deste tipo de transporte. Apesar da importância do setor, os transportes são responsáveis por grande parte das emissões de agentes poluentes e gases com efeito de estufa, inevitavelmente associados às alterações climáticas, representando assim um impacto muito negativo no ambiente e sendo também o setor que mais consome energia de origem petrolífera. É necessário reverter esta tendência de consumo exacerbado e direcionarmos para um caminho de sustentabilidade. Um dos grandes objetivos da UE é o de construir uma política energética ambiciosa, que garanta aprovisionamentos seguros, menor dependência de combustíveis fósseis e melhorias na eficiência energética, competitiva e a preços acessíveis e, neste sentido, obrigará a uma transformação profunda do sistema energético europeu. Neste sentido, a tecnologia e a inovação devem fazer parte dos objetivos das empresas, para promover um desenvolvimento sustentável e continuado.

Assim, e no âmbito do Mestrado em Logística surgiu o presente trabalho de dissertação cujo objetivo principal consistiu em responder à seguinte questão de investigação:

“As empresas de transporte rodoviário de mercadorias, em Portugal, recorrem às novas tecnologias para adotarem um comportamento ambiental mais sustentável?”

Após análise e discussão dos resultados obtidos, considerou-se que o objetivo foi alcançado e que, de facto, as empresas portuguesas conhecem e estão a apostar em inovações tecnológicas com vista ao transporte sustentável de mercadorias. Podemos afirmar que o transporte de mercadorias pode contribuir decisivamente para a redução da pegada ambiental, quer através de ações concretas operacionais, como o planeamento de rotas, a redução do consumo de energia, quer pela adoção de soluções de inovações tecnológicas.

Palavras-chave: Inovação, Sustentabilidade, Transporte Rodoviário, Energia

Resumen

El transporte de carga y carga es un elemento vital en la economía global. Inevitablemente, todos los sectores económicos actuales siempre serán dependientes, en mayor o menor medida, del desempeño y eficiencia del sector transporte.

En este contexto, el transporte de mercancías en toda Europa ha jugado un papel preponderante, ocupando un lugar destacado el transporte por carretera, con 75,3% del total del transporte terrestre de mercancías y Portugal ha sido uno de los países europeos con mayor dependencia de este tipo de transporte. A pesar de la importancia del sector, el transporte es responsable de gran parte de las emisiones de agentes contaminantes y gases de efecto invernadero, inevitablemente asociados al cambio climático, representando así un impacto muy negativo sobre el medio ambiente y siendo además el sector que más energía consume de origen petrolera. Es necesario revertir esta tendencia de consumo exacerbado y avanzar hacia un camino de sustentabilidad. Uno de los principales objetivos de la Unión Europea es construir una política energética ambiciosa, que garantice suministros seguros, menor dependencia de los combustibles fósiles y mejoras en la eficiencia energética, competitiva y a precios asequibles y, en este sentido, requerirá una profunda transformación del sistema energético europeo. En este sentido, la tecnología y la innovación deben formar parte de los objetivos de las empresas, para promover un desarrollo sostenible y continuado.

Así, y en el ámbito de la Maestría en Logística, se elaboró la presente tesis cuyo objetivo principal fue dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

“¿Utilizan las empresas de transporte por carretera en Portugal las nuevas tecnologías para adoptar un comportamiento medioambiental más sostenible?”

Después de analizar y discutir los resultados obtenidos, se consideró que se logró el objetivo principal y que, de hecho, las empresas portuguesas conocen y están invirtiendo en innovaciones tecnológicas con vistas al transporte sostenible de mercancías y podemos decir que el transporte de mercancías puede contribuir de forma decisiva a la reducción de la huella ambiental, ya sea mediante acciones operativas concretas, como la planificación de rutas, la reducción del consumo energético, o mediante la adopción de soluciones de innovación tecnológica.

Palabras-clave: Innovación, Sostenible, Transporte por Carretera, Energía

Abstract

Cargo and freight transport is a vital element in the global economy. Inevitably, all current economic sectors will always be dependent, to a greater or lesser extent, on the performance and efficiency of the transport sector. In this context, the transport of goods throughout Europe has played a predominant role within the European economy. Road transport continues to prove its prominence, consisting of 75.3% of the total land transport of goods; this is also true for Portugal as it is one of the European countries with the highest dependence on this type of transport.

Despite the importance of the sector, road freight is largely responsible for the emissions of polluting agents and greenhouse gases, inevitably associated with climate change. Being the sector that consumes the most energy from oil, it is necessary to reverse this trend of exacerbated consumption and move towards a path of sustainability. One of the main objectives of the European Union is to build an ambitious energy policy which guarantees secure supplies, less dependence on fossil fuels, improvements in energy efficiency, competitiveness and affordable prices. The objective will require a profound transformation of the European energy system to see plans come to fruition.

Technology and innovation must be part of the objectives of companies, to promote sustainable and continued development. Thus, and within the scope of the Master in Logistics, the present dissertation was created with the main objective of answering the following research question: “Do road haulage companies in Portugal use new technologies to adopt a more sustainable environmental behaviour?” After analysing and discussing the results obtained, it was considered that the main objective was achieved and that, in fact, Portuguese companies understand and are investing in technological innovations with an interest to the sustainable transport of goods. Changes in the transport of goods can contribute decisively to the reduction of the environmental footprint, either through concrete operational actions, such as route planning, the reduction of energy consumption, or through the adoption of technological innovation solutions.

Key words: Innovation, Sustainability, Road Freight, Energy

Agradecimentos

“Heal the world, make it a better place”

Michael Jackson

Desejo expressar os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que possibilitaram a elaboração desta dissertação.

Aos orientadores, a Professora Doutora Lia Oliveira e o Professor Doutor Jorge Esparteiro Garcia, pela disponibilidade de orientação, partilha de conhecimentos e constante incentivo, que foram fundamentais para ultrapassar todas as dificuldades e incertezas com quais me fui deparando.

A todas as empresas de transporte rodoviário de mercadorias que participaram neste estudo e contribuíram para que este trabalho fosse possível.

Aos meus pais e irmãos, por todo o esforço, dedicação e apoio incondicional.

Às Joanas, à Rita, ao João, ao Rui e à Sara e a todos os meus amigos que sempre me apoiaram, acreditaram em mim e nunca me deixaram desistir.

Por último, mas não menos importante, um agradecimento a todos os elementos do Agrupamento de Escuteiros 229 Rio Tinto, do qual orgulhosamente faço parte há 22 anos, por ser a escola de valores que é, por todas as *soft skills* que me permitiu desenvolver, e que em muito contribui para o que sou hoje.

Abreviaturas e siglas

AIE	Agência Internacional de Energia
APA	Associação Portuguesa do Ambiente
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão
CO ₂	Dióxido de Carbono
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases com efeito de estufa
H ₂	Hidrogénio (molecular)
IA	Inteligência Artificial
IMT	Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres
IoT	<i>Internet of Things</i>
METI	<i>Ministry of Economy, Trade and Industry</i>
O ₂	Oxigénio (molecular)
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima
RED II	Diretiva das Energias Renováveis
UE	União Europeia

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1. Introdução	2
1.1. Enquadramento teórico.....	2
1.2. Objetivos do estudo.....	6
1.3. Metodologia de investigação.....	6
1.4. Estrutura do trabalho.....	7
CAPÍTULO II.....	9
2. Revisão da literatura.....	10
2.1. Os Transportes e o setor dos transportes	10
2.1.1. Diferentes tipos de transporte e vantagens do rodoviário	12
2.1.2. Caracterização do transporte rodoviário.....	14
2.1.3. Impacto negativo.....	16
2.1.4. Dimensão social e económica	18
2.1.5. Dimensão ambiental	19
2.2. Sustentabilidade ambiental.....	21
2.2.1. Energia limpa.....	22
2.2.2. Descarbonização	24
2.2.3. Política energética.....	30
2.3. Inovação e tecnologias nos transportes	32
2.3.1. Fontes de energia nos transportes	33
2.3.2. Tendências tecnológicas	39
2.4. Conclusão	45
CAPÍTULO III.....	47
3. Metodologia	48
3.1. Instrumento de recolha de informação e análise de dados	50
3.2. Seleção da amostra	51
CAPÍTULO IV	53
4. Análise e discussão dos resultados.....	54
4.1. Caracterização da amostra.....	54
4.2. Sustentabilidade e preocupações ambientais.....	57
4.3. Tendências tecnológicas	60
CAPÍTULO V.....	66
5. Conclusões	67

5.1. Limitações e sugestões de investigação.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	70
ANEXO.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição do transporte terrestre de mercadorias (fonte: relatório APA 2019)	15
Figura 2: Evolução das emissões de CO ₂ na UE 1990-2019 (fonte: relatório APA 2022)	20
Figura 3: Distribuição das emissões por modo de transporte, em 2019 (fonte: APA 2022)	21
Figura 4: Triângulo da sustentabilidade (fonte: Marques da Costa 2007).....	22
Figura 5: Evolução das emissões nacionais de GEE (fonte: APA 2021)	27
Figura 6: Emissões setoriais de CO ₂ eq em Portugal, em 2019 (fonte: APA 2021).....	28
Figura 7: Classe de empresas de transporte rodoviário em Portugal (fonte: UE 2019)	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Localização geográfica das empresas	54
Gráfico 2: Tipo de serviço prestado por ano de início de atividade.....	55
Gráfico 3: Conceito de sustentabilidade ambiental nas ações e planos da empresa	58
Gráfico 4: Foco da adoção de medidas sustentáveis	58
Gráfico 5: Estratégias e preocupações ambientais	59
Gráfico 6: Tecnologia mais promissora, em alternativa aos combustíveis fósseis	62
Gráfico 7: Relação entre volume anual de negócios e investimento médio anual	63
Gráfico 8: Quando esperam alcançar a neutralidade carbónica (zero emissões).....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Relação entre dimensão das empresas e número de trabalhadores.....	55
Tabela 2: Volume de negócios anual.....	56
Tabela 3: Caracterização dos km percorridos por ano	56
Tabela 4: Relação entre km percorridos e volume de negócios anual.....	57
Tabela 5: Relação entre categoria e tipo de frota	57
Tabela 6: Categoria da frota por número de viaturas	57
Tabela 7: Fatores impulsionadores da adoção de medidas sustentáveis	59
Tabela 8: Principais obstáculos na adoção de medidas sustentáveis	60
Tabela 9: Importância das novas tecnologias para as empresas.....	61
Tabela 10: Último investimento em novas tecnologias.....	62
Tabela 11: Percentagem média anual de investimento em tecnologia	62
Tabela 12: Quais os resultados que esperam obter com os investimentos realizados	64

CAPÍTULO I

1. Introdução

Neste primeiro capítulo será apresentado o enquadramento teórico do tema, os objetivos do estudo, a metodologia de investigação que se pretende aplicar e, por fim, apresenta-se a estrutura do presente trabalho.

1.1. Enquadramento teórico

A revolução industrial ocorrida no final do século XIX transformou drasticamente a forma como o mundo funcionava, o que levou a muitas das conveniências e luxos que desfrutamos hoje.

Oliveira (2020) relata que o mundo após a 2ª Guerra Mundial, mais precisamente no início do ano 1950, experimentou uma expansão industrial nunca vista, com os países da América do Norte, Europa e Japão a atingir níveis notáveis de industrialização. Neste contexto, o transporte de mercadorias começou a ter maior relevância na economia mundial.

No final do século XX e início do século atual, a era da industrialização era substituída pela era da informação, a qual embora em constante evolução, destacou a importância e a dependência da inovação para encontrar mais eficiências nas operações, uma vez que o apertar da concorrência nos mercados competitivos se tem acentuado cada vez mais.

Neste sentido, a questão logística do transporte de mercadorias passou a ser uma componente diferencial das empresas para fidelizar e assegurar a satisfação do cliente. Os avanços tecnológicos do transporte e da comunicação, trouxeram-nos até um mercado global cada vez mais interligado, mais rápido e competitivo (A. Alam, 2015).

A globalização tem causado inúmeras mudanças na economia dos países, proporcionando a criação de um mundo baseado no conhecimento, com maior dimensão e com uma necessidade vital de se munir de soluções inovadoras nas empresas existentes (Carvalho, 2012).

Desta forma, a natureza dos negócios consiste em aumentar constantemente a eficiência e capitalizar as oportunidades. As tecnologias são inventadas para atender a uma necessidade ou simplificar / resolver um problema existente. Sendo a tecnologia vital nos dias de hoje, o seu impacto na logística e no mundo em geral é inegável (Ferreira, 2013).

O setor da logística enfrenta desafios de terceiros, alavancando a tecnologia para conquistar participação de mercado - os líderes que investem em tecnologias apropriadas podem ter enormes benefícios. Sendo uma indústria ampla, a logística é essencialmente o que faz o mundo girar. A indústria teve de evoluir a par da tecnologia para se manter competitiva (Carvalho, 2012).

O transporte de cargas e mercadorias é elemento vital na economia global. De forma inevitável, todos os setores económicos da atualidade apresentarão sempre uma dependência, em maior ou menor grau, do desempenho e eficiência do setor dos transportes. Este transporte envolve a grande maioria das cadeias de abastecimento, sendo crucial para as sociedades e fortemente ligado ao desenvolvimento económico.

O desempenho de uma cadeia de abastecimento depende da eficiência e qualidade da logística responsável pelo transporte, tornando as empresas, particularmente aquelas cujas operações estão geograficamente dispersas, altamente dependentes dos sistemas de transporte, mas também vulneráveis às suas fragilidades (Carvalho, 2012).

Neste âmbito, o transporte de mercadorias em toda a Europa tem tido um papel predominante, sendo que o transporte rodoviário continua a ocupar um lugar de destaque, com 75.3% do transporte terrestre total de mercadorias (Eurostat, 2018), e inserido no contexto, Portugal tem sido um dos países europeus que apresenta maior dependência deste tipo de transporte.

Embora seja o modo de transporte mais utilizado na Europa e em Portugal, o transporte rodoviário apresenta, por outro lado, um maior nível de impacto negativo, sendo aquele que mais contribui para as emissões de gases com efeito de estufa na atmosfera e, por consequência, para o aquecimento global acelerado. Desta forma, Ferreira (2013) refere que já existem orientações comunitárias que preconizam a urgência de alteração do modo de transporte das mercadorias em espaço europeu, estabelecendo ações que penalizam o transporte rodoviário, com o objetivo de desincentivar o mesmo, promovendo a ampliação da intermodalidade no transporte de mercadorias.

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), um maior investimento noutros meios de transporte, nomeadamente mais verdes, eficientes e sustentáveis, pode promover uma economia de mais de €60 triliões até ao ano de 2050.

Quando se considera o impacto ambiental do transporte de mercadorias, o modo rodoviário assume especial relevância em função das diferenças de desempenho ambiental, principalmente ao nível de consumo de recursos e das emissões de gases com efeito de estufa (GEE), para além de outros poluentes e ruídos.

Para tornar o transporte de mercadorias mais sustentável do ponto de vista ambiental, a Comissão Europeia do Ambiente tem como plano a Estratégia de Mobilidade Sustentável e Inteligente, a qual pretende reduzir em 60% as emissões nos transportes até 2050.

Assim sendo, coloca-se em questão as necessidades das empresas, as quais precisam reduzir custos e aumentar a sua eficiência, e por isso, cada vez mais adotarem tecnologias e medidas logísticas para melhorarem a sua sustentabilidade social e reduzir as emissões gasosas, já que as consequências num futuro próximo podem ser catastróficas e irreversíveis (Abreu, 2013).

O transporte sustentável pode atuar para promover o crescimento económico e melhorar a acessibilidade, respeitando o ambiente. Neste cenário, a sustentabilidade, na perspetiva ambiental, é palavra de ordem e tem-se tornado cada vez mais relevante na sociedade e nas empresas, quer seja por força de imposição legislativa, por questões económicas ou ainda como estratégia de marketing, para melhorar a imagem da empresa (Meyer, T., 2021).

A Sustentabilidade e a sua definição foram utilizadas de forma oficial pela primeira vez, na Assembleia Geral das Nações Unidas, no ano de 1979, tornando-se popular a partir do final da década de 1980, aquando da publicação do relatório “Nosso Futuro Comum” da Comissão Mundial do Ambiente e Desenvolvimento. Neste sentido, a definição de sustentabilidade pode ser expressa da seguinte forma:

“Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades”

(Leandro, 2013, p. 12)

A partir desta definição e da evolução do pensamento acerca do tema, percebe-se que o conceito atual de desenvolvimento sustentável preconiza o equilíbrio entre os aspetos ambientais, económicos e sociais para que estes, de forma concomitante, proporcionem o atendimento das necessidades das gerações atuais, sem prejudicar as gerações futuras, garantindo equidade intra geracional, bem-estar e emprego, num contexto de participação da sociedade.

Na sociedade europeia atual e no mundo, os meios de transporte têm um papel fundamental, uma vez que, a ampliação das trocas de mercadorias e a intensificação do comércio mundial, elevou as questões dos transportes e da mobilidade para um patamar cada vez mais relevante no quotidiano das pessoas, e para isso é necessária a existência de uma rede de transportes eficazes (Speranza, 2018).

Contudo, todo este contexto de deslocamento de pessoas e mercadorias tem um imenso custo em termos ambientais e, neste âmbito, é necessário reverter esta tendência de consumo exacerbado e direcionarmos para um caminho de sustentabilidade. Para isso, é necessária a adoção de medidas ambiciosas, que promovam e fomentem os meios de transporte mais sustentáveis em função de cada cenário.

Além disso, Zaharia (2018) refere que nunca se deu tanta importância às questões ambientais como nos últimos anos. Assim, a logística é um dos setores que mais contribuiu para o aquecimento global acelerado e destaca-se como um importante jogador neste tema.

Diante deste cenário, a política de transportes da União Europeia (UE) tem como objetivo promover a limpeza, segurança e eficiência que está na base do mercado de bens e este será, sem dúvida, um passo inevitável para diminuir e mitigar o impacto das mudanças climáticas (Eurostat, 2018).

Neste contexto, e no âmbito do Mestrado em Logística lecionado no Instituto Politécnico do Porto, surge o presente trabalho de dissertação cujo objetivo principal consiste em explorar e analisar o impacto das novas tecnologias no transporte sustentável de mercadorias, de forma orientada para a redução das emissões dos GEE, melhorando assim os aspetos relacionados com o ambiente.

1.2. Objetivos do estudo

Por novas tecnologias entendem-se os avanços tecnológicos, no âmbito da indústria automóvel, que podem englobar desde os veículos elétricos (VE), autónomos (VA), robótica, automação logística e inteligência artificial (IA). A ideia de inovação tecnológica está diretamente ligada ao movimento de transformação digital do setor.

Neste sentido, o desenvolvimento deste trabalho tem como objetivo perceber se as empresas de transporte rodoviário de mercadorias, em Portugal, recorrem às novas tecnologias para adotarem um comportamento ambiental mais sustentável.

Assim, foram formuladas as seguintes questões de investigação, analisadas neste estudo:

1. As empresas de transporte portuguesas têm conhecimento da existência de tecnologias que ajudam na redução da pegada ambiental e têm realizado investimentos nestas?
2. As empresas portuguesas não conhecem as vantagens e não têm realizado investimentos em tecnologia para reduzir a pegada ambiental e não estão sensibilizadas com a questão da sustentabilidade e os impactos ambientais que advém da atividade?
3. As empresas de transporte portuguesas têm conhecimento das vantagens e tecnologias que estão disponíveis, as quais podem contribuir para reduzir a pegada ambiental, mas não têm realizado investimentos?
4. As empresas de transporte portuguesas não têm conhecimento das vantagens e tecnologias que estão disponíveis e não estão sensibilizadas com a sustentabilidade ambiental?

Ainda dentro do âmbito de lacunas que este trabalho procura preencher, pretende-se perceber quais os tipos de investimentos que estão a ser realizados, entender quais as principais razões que levam as empresas a investir em tecnologia, e por fim compreender quais as principais dificuldades ligadas à adoção de medidas sustentáveis.

1.3. Metodologia de investigação

O desenvolvimento deste trabalho terá como foco o transporte rodoviário de mercadorias e assentará na análise e estudo das inovações tecnológicas e sustentáveis em adoção por empresas nacionais do respetivo setor, bem como o seu impacto real, seja ele social, ambiental ou económico.

Assim, como metodologia de investigação terá início com toda a revisão bibliográfica e, posteriormente, terá por base um método de pesquisa qualitativo e empírico que consiste na recolha de dados, a partir de eventos reais, com o intuito de explicar, explorar ou descrever fenómenos atuais, inseridos no seu próprio contexto (Yin, 2013).

Neste sentido será aplicado um questionário online, composto por questões dissertativas e de escolha múltipla, a um conjunto de médias e grandes empresas nacionais que prestem serviço de transporte de mercadorias, pertencentes a um universo de 103 empresas. Posteriormente será elaborada uma análise estatística dos recolhidos por forma a responder à questão de investigação inicial.

Partindo do pressuposto que, o questionário é um instrumento de pesquisa constituído por uma série de questões sobre um determinado tema (Fortin, 2009), a elaboração do questionário será realizada com o objetivo de captar e traduzir a informação desejada num conjunto de perguntas específicas. Assim, será elaborado de forma a minimizar os erros nas respostas e garantir a padronização e a comparação dos dados, aumentando a precisão dos registos e facilitando o tratamento e análise de dados.

1.4. Estrutura do trabalho

A presente dissertação está dividida em 5 capítulos.

No primeiro capítulo, é feita a introdução e enquadramento do tema, bem como apresentados os objetivos do trabalho e a sua estrutura.

No segundo capítulo, são apresentados e discutidos os fundamentos teóricos, contemplando um olhar mais amplo acerca de conceitos do setor dos transportes, do transporte rodoviário mais em detalhe, das suas vantagens e impactos ambientais. Aborda-se ainda as questões de sustentabilidade, legislação, tendências tecnológicas e exemplos inovadores.

O terceiro capítulo descreve a metodologia utilizada no trabalho, a explicitar os critérios para escolha e descrição da amostra, o processo de recolha e organização dos dados, através da aplicação dos questionários.

No capítulo quatro encontra-se a apresentação e análise dos resultados obtidos, os quais estão expostos em gráficos e tabelas que facilitam o entendimento e no âmbito deste, realizar-se-á uma ampla discussão dos dados levantados comparando-os com os dados de outros trabalhos, assim como as lacunas existentes nas infraestruturas nacionais que impedem a expansão da intermodalidade com a sua maior eficiência.

No capítulo cinco serão apresentadas as principais conclusões do estudo realizado, verificando se todas as lacunas propostas inicialmente no trabalho foram respondidas, assim como a sugestão de tópicos para futuras investigações.

CAPÍTULO II

2. Revisão da literatura

No presente capítulo desta dissertação é efetuada uma revisão da literatura existente relativamente ao setor dos transportes, com maior ênfase no transporte rodoviário, transporte sustentável e tendências tecnológicas no sector. Pretende-se, através da literatura, compreender os conceitos, métodos e práticas gerais e facilitar o enquadramento do leitor no tema.

2.1. Os Transportes e o setor dos transportes

Os transportes são essenciais para as sociedades pois proporcionam a mobilidade e por consequência viabilizam a economia. As estradas premeiam o desenvolvimento da humanidade desde os tempos da antiguidade, e neste contexto, temos aquela que se apresenta como registo da primeira via de transporte construída, a via Ápia na Roma Antiga (Carvalho, 2012).

Os primeiros registos de estradas e transporte na Europa tiveram assim origem com o Império Romano, que construiu uma rede de estradas que atravessavam grande parte do território europeu. Leandro (2013) relata que estas estradas tinham interligação com as vias marítimas do Mar Mediterrâneo e ainda pelos extensos rios do território europeu, com destaque para o Reno, Danúbio e o Elba, proporcionando assim o transporte de mercadorias e pessoas por todo o Império.

Com o início da Idade Média, o comércio e o transporte foram duramente atingidos pela divisão territorial. Contudo, a partir de meados do século XI, com o aparecimento das primeiras cooperativas de comerciantes, que mais tarde originaram a Liga Hanseática, criaram-se as condições para um novo impulso nos transportes e logística da Europa Ocidental.

Leandro (2013) relata que no período compreendido entre o século XIII e o século XIV, esta liga comercial que envolvia mais de 60 cidades no norte da Europa, promoveu uma revolução das estruturas de transporte e comércio, por meio de um sistema logístico que conectava as cidades por vias fluviais e marítimas. Entretanto, o autor também refere que no final do século XIV, com o declínio do sistema e o conseqüente surgimento dos estados, se verifica uma perda no poderio comercial da Liga Hanseática, que passou a ser menos relevante para a economia europeia.

Com o início dos séculos XVI e XVII, temos um outro avanço significativo nos transportes a nível europeu e mundial, com o surgimento das Grandes Navegações. Leandro

(2013) revela que este contexto só foi possível devido ao desenvolvimento de tecnologias e também à criação de um sistema financeiro que proporcionou o financiamento dos estados. Neste cenário, a Europa ampliou as suas fronteiras e transportou mercadorias de e para a Índia, foram descobertos novos territórios e continentes, onde Portugal desempenhou um papel fundamental nestas viagens, que na realidade, criaram as estruturas fundamentais de um sistema económico global, em que todos nós vivemos até aos dias de hoje.

As Grandes Navegações promoveram um crescimento substancial do número de mercados e de fontes de mercadorias, criando uma rede coesa de relações comerciais, dentre as quais podemos citar o comércio triangular entre a Europa, África e a América. Estas relações foram responsáveis pelo fortalecimento dos Estados nacionais e ainda pela adoção de uma série de medidas protecionistas.

Neste âmbito, temos na segunda metade do século XIX, o acontecimento da revolução industrial, a qual se afirmou como a grande revolução dos transportes e logística na Europa. Leandro e Ferreira (2013), referem que devido ao aumento da eficiência da máquina a vapor, tem-se uma revolução nos transportes, principalmente nos caminhos de ferro e no transporte marítimo, o que fundamentalmente contribui para uma expressiva redução dos custos deste modo de transporte e promoveu uma significativa expansão do comércio global, que se manteve no início do século XX e continuou a apresentar melhorias até à ocorrência da 1ª Guerra Mundial.

Contudo, Ferreira (2013) relata que, pelo final da 2ª Guerra Mundial e início da década de 1950, o mundo retoma o caminho do desenvolvimento e com isso, temos um crescimento jamais visto no comércio mundial, que representou grandes aumentos no setor dos transportes e uma ampliação dos vários modos de transporte.

Este contexto é favorecido quando, no início dos anos 70, surgem as ferramentas de tecnologias de informação que promovem uma revolução dos transportes e logística, atuando no sentido de organizar e sistematizar os princípios de gestão e promovendo o surgimento de novos conceitos logísticos. Taylor (2006) afirma que esta revolução provocou um aumento da influência do investimento estrangeiro em relação ao produto interno bruto (PIB) mundial, que nos anos 80 era de 25% e passou para 92% no final do século XX.

Atualmente o setor dos transportes assume-se como uma autêntica espinha-dorsal da economia global, com um papel crucial na integração dos mercados e desenvolvimento do comércio. Facilmente se percebe como, de uma forma direta ou indireta, todos os setores económicos acabam por depender dos transportes, sendo indispensáveis à livre circulação de pessoas, bens e serviços (Ferreira, 2013).

Dos diferentes modos de transporte, o transporte rodoviário desempenha um papel de liderança nas operações em todo o mundo (Tob-Ogu et al., 2018), já que é o único que assegura, de forma rápida e eficiente, a entrega dos produtos porta-a-porta, ligando a oferta e a procura de muitos setores industriais, a produção aos consumidores finais.

2.1.1. Diferentes tipos de transporte e vantagens do rodoviário

No transporte terrestre podemos identificar três modos de transporte diferentes, o transporte via condutas ou *pipeline*, o transporte rodoviário e ainda o ferroviário.

Abreu (2018) relata que o modo via pipeline é um meio de transporte menos conhecido, em função do facto de ser construído por mecanismos como tubos e condutas, os quais normalmente estão no subsolo ou no fundo do mar, o que leva a uma perda de visibilidade. No entanto, este meio de transporte tem vindo a ganhar relevância no cenário europeu e mundial nos últimos anos, por nele são transportados principalmente gás e petróleo, embora também possa ser utilizado para transportar água e algumas mercadorias a granel.

Este modo de transporte apresenta custos operacionais bastante reduzidos e tem uma capacidade de expedição de carga permanente, além de possibilitar o transporte de grandes quantidades em longas distâncias.

Como desvantagens, Carvalho (2012) revela que este meio exige um elevado custo de implementação, que varia em função da distância, da topografia, do material a ser transportado e a sua respetiva viscosidade, do diâmetro dos tubos e da necessidade de se instalarem estações de bombeamento. Aliado a isso, o transporte por conduta apresenta uma certa inflexibilidade que pode gerar problemas de expansão e adaptação quando se tem aumentos de procura.

Por outro lado, o meio de transporte rodoviário é o mais utilizado em todo o mundo, tanto para o transporte de carga quanto para pessoas, tendo como principal característica a sua flexibilidade, uma vez que é o único capaz de realizar entregas porta-a-porta (Abreu, 2018).

Neste âmbito, o autor refere que o transporte rodoviário apresenta vantagens relevantes em comparação com os outros meios de transporte. Ao enumerar as suas vantagens, tem-se inicialmente a tese dos custos de aquisição dos veículos, os quais são comparativamente bem mais pequenos em relação a outros meios. A questão da flexibilidade do destino é outra vantagem fundamental, pois a entrega customizada é, sem dúvida, um dos seus atributos mais importantes. Para além disso, existe ainda a visão da velocidade dos veículos, que também atua como um fator facilitador deste tipo de transporte. Por outro lado, Carvalho (2012) relata que o transporte rodoviário apresenta sérios problemas relacionados com meio ambiente e com a dificuldade de tráfego nas cidades. Este modo de transporte será o foco principal deste trabalho, e por isso será discutido com mais profundidade mais à frente neste estudo.

Para além dos modos de transporte abordados anteriormente, o transporte terrestre inclui ainda o modo ferroviário. Este é caracterizado pela sua capacidade de transportar passageiros e cargas em quantidades significativas e por grandes distâncias. Além disso, tem a vantagem de apresentar reduzidos impactos no meio ambiente, principalmente quando comparado com o meio rodoviário, proporcionando grandes economias de escala, com reduzido custo unitário e um excelente desempenho ambiental. (Abreu, 2018). O autor refere ainda que o meio ferroviário apresenta outra vantagem na velocidade do transporte, em comparação com camiões e os aviões, em relação a distâncias curtas e médias, já que, no continente europeu e asiático, temos veículos ferroviários que podem atingir uma velocidade superior a 450 km/h.

Por outro lado, Carvalho (2012) salienta que o transporte ferroviário exige a instalação de uma infraestrutura e ainda a dificuldade de superação de algumas barreiras topográficas que ocorrem em função de eventos naturais, as quais representam custos elevados de transposição. Outra questão relevante diz respeito à dificuldade de integração do transporte ferroviário entre países e regiões, o que leva à necessidade de transbordos, tanto para mercadorias como pessoas.

Como alternativa às lacunas que o transporte terrestre apresenta, surge o transporte aéreo, que se torna especialmente relevante quando se deseja deslocar mercadorias por grandes

distâncias num curto espaço de tempo, sendo fundamental para cadeias de abastecimento *Just-In-Time*.

Ferreira (2013) comenta que a principal vantagem deste tipo de transporte é a sua velocidade em comparação aos outros. Atua também no transporte de pequenas quantidades de mercadorias ou em produtos de alto valor, agregado com pequenas dimensões.

No entanto, Zaharia (2018) apresenta como desvantagem o alto custo, ocasionado não só pelos altos valores envolvidos na aquisição dos aviões e nos gastos com combustível, mas também porque exige extensas equipas de manutenção e operação para o seu perfeito funcionamento, o que não é necessário noutros meios de transporte.

Embora os meios de transporte rodoviário e aéreo sejam os mais utilizados, Carvalho (2012) afirma que o modo marítimo permite elevadas economias de escala, contudo em função da sua relativa morosidade, não é indicado para cadeias de abastecimento rápidas, sendo mais indicado para o transporte de grandes quantidades de mercadorias em longas distâncias.

Abreu (2013) apresenta como pontos negativos a necessidade de uma grande capacidade financeira para entrada e manutenção da atividade, em função dos custos altos envolvidos na aquisição e manutenção dos navios e taxas portuárias. Porém, após o estabelecimento da atividade, o modo marítimo apresenta custos operacionais relativamente baixos, que aliados ao baixo custo energético e de mão-de-obra e à capacidade de transporte de expressivas quantidades, torna este meio de transporte muito competitivo quando comparado com outros.

2.1.2. Caracterização do transporte rodoviário

De acordo com dados da Organização Mundial do Comércio, as grandes potências mundiais, em termos de força económica, nomeadamente Europa, Ásia e América do Norte, foram responsáveis em 2015 por cerca de 73% do fluxo de mercadorias a nível mundial. Só a Europa contribui em 50% para este fluxo, sendo que os movimentos de mercadorias dentro do continente europeu são responsáveis por 27% da comercialização de mercadorias de todo o mundo.

Neste sentido, dados do Eurostat (2015) revelam que em 2013 mais de 77% do transporte de mercadorias no interior da UE foi realizado por via rodoviária. Desta forma, em conjunto com as informações relatadas no parágrafo anterior, cerca de 22% de todas as mercadorias movimentadas no mundo eram deslocadas através de rodovias inseridas no continente europeu.

Segundo Carvalho (2012), com o desenvolvimento da UE e todo o contexto citado acima, ocorreu um aumento significativo da procura pelo transporte de mercadorias, o qual não foi suprido na mesma medida pelas ferrovias, uma vez que estas não têm capacidade de resposta em função da sua inflexibilidade física e operacional.

De acordo com Zaharia (2018), esta logística final é realizada atualmente na Europa, em grande medida, por milhares de micro ou pequenas empresas que se dedicam ao transporte de cargas isoladas e em pequenas distâncias, as quais precisam de ferramentas tecnológicas e de gestão, que melhorem a sua eficiência, lucratividade e sobretudo a sua permanência no mercado.

Segundo o Relatório de Estado do Ambiente, da Associação Portuguesa do Ambiente (APA), de 2021, também em Portugal, o transporte rodoviário domina o transporte terrestre de mercadorias com uma representação de 87% em 2019, bem acima do percentual verificado para toda a UE com 77%, conforme pode ser observado na **Figura 1**.

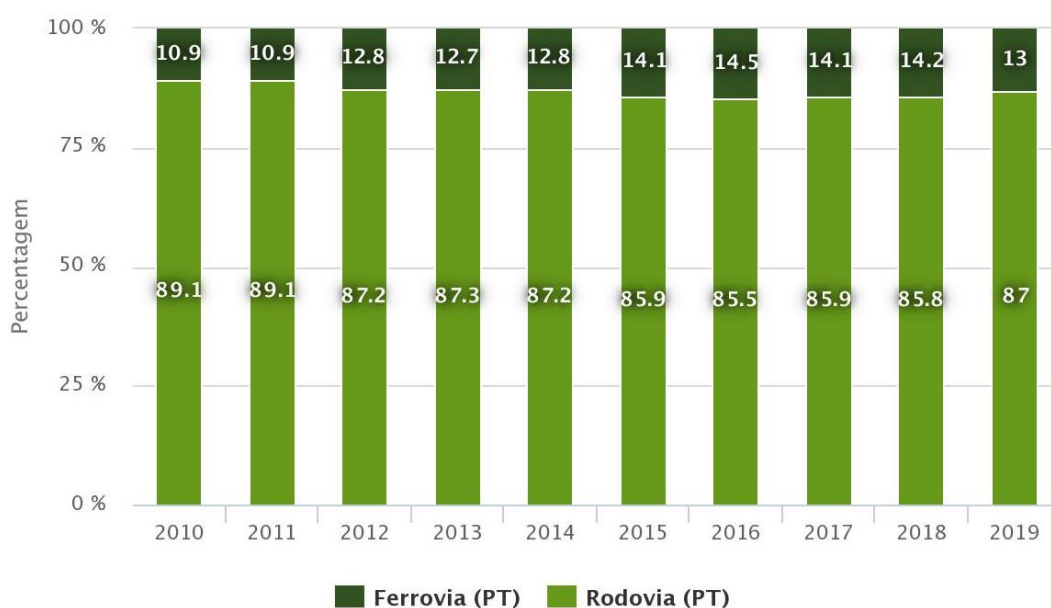


Figura 1: Distribuição do transporte terrestre de mercadorias (fonte: relatório APA 2019)

A partir da observação da representação gráfica acima, e considerando os dados do Eurostat, constata-se que o transporte ferroviário tem uma maior representação no contexto europeu, sendo responsáveis pelo transporte de 17,6% das mercadorias, enquanto Portugal transporta apenas 13%.

Segundo o Relatório de Estado do Ambiente (APA, 2021), o transporte rodoviário continuou a ser dominante em 2020 responsável pelo transporte de 131.5 milhões de toneladas de mercadorias, o que representa 24.4 mil milhões de toneladas por quilómetro. O mesmo relatório apontou que, em 2020, ocorreu uma taxa de variação negativa de 10,6% em relação às toneladas transportadas no ano de 2019, e que em 2019 já havia ocorrido uma redução de 8,4% em relação ao anterior.

O mesmo relatório apresenta ainda dados do movimento de mercadorias por transporte ferroviário, o qual totalizou 8,7 milhões de toneladas em 2020, o que significa uma queda de 10,6% em relação a 2019, sendo que em 2019 já havia ocorrido uma redução de 2,2% em relação ao ano anterior.

Consegue-se perceber assim que em 2020 ocorreu uma descida generalizada em todos os modos de transporte, na sequência da inesperada situação pandémica que avassalou o mundo. Mesmo assim, o transporte rodoviário continuou a ser dominante em comparação com os restantes.

2.1.3. Impacto negativo

Dos vários meios de transporte, o transporte rodoviário desempenha um papel de liderança nas operações em todo o mundo (Islam et al., 2013), já que é o único que assegura, de forma rápida e eficiente, a entrega dos produtos porta-a-porta, ligando a oferta e a procura de muitos setores industriais, a produção aos consumidores finais.

No entanto, este tipo de transporte utiliza fundamentalmente energia obtida a partir de combustíveis de origem fóssil, os quais sabidamente são finitos e causam um elevado impacto ambiental tanto no seu processo de produção, como no seu consumo (Zaharia, 2018).

Islam et al. (2013) relatam que os transportes rodoviários representam um elevado fardo na questão do consumo energético na Europa, sendo responsáveis por uma parcela relevante de custos ambientais, económicos e sociais. Todo este cenário promove uma grande pressão sobre o meio ambiente e a economia, tendo recebido cada vez mais, a atenção da sociedade, principalmente nas questões ligadas às alterações climáticas.

Embora seja um setor fundamental para a economia e para a sociedade, os transportes são os responsáveis por grande parte das emissões de agentes poluentes e GEE, os quais são indubitavelmente associados às alterações climáticas e ao aquecimento global acelerado. Para além disso, o transporte rodoviário também constitui o setor que mais consome energia oriunda de combustíveis fósseis (Zaharia, 2015).

Neste sentido, o relatório do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (2014) apela para a necessidade de as sociedades adotarem políticas e medidas que possibilitem a redução do consumo de energia, bem como da promoção de fontes de energias limpas e renováveis, uma vez que, este consumo tem alcançado níveis muito elevados.

Zaharia (2015) refere que o contexto energético do mundo se encontra em permanente mudança, em função dos aspetos relacionados à economia, ou ainda, devido ao cenário cada vez mais alarmante das alterações climáticas que obrigam a sociedade a adotar medidas urgentes para travar a escalada das emissões de GEE.

De acordo com o Relatório do *World Business Council on Sustainable Development* (2009) a gestão dos recursos de energia será um dos principais problemas que os países irão enfrentar em escala mundial. Por isso, os governos europeus, e a sociedade em geral, têm procurado de forma continuada a sustentabilidade, visando a redução de custos, principalmente por meio da mudança de modos de transporte ou ainda promovendo a complementaridade entre os vários modos (IMT, 2018).

No entanto, outras possibilidades mais sustentáveis de transporte que surgem, em oposição ao transporte rodoviário, carecem de pesadas e complexas infraestruturas, que tem como consequência inevitável os vultuosos investimentos, e a obrigatoriedade de condições mínimas de movimentação e tráfego para que seja assegurada a sua viabilidade económica.

Com o objetivo de reverter esta situação, a UE lançou um conjunto de metas e planos que procuram mitigar os efeitos negativos da mobilidade do transporte rodoviário sobre a saúde humana e o ambiente. Sendo uma das principais fontes de emissões de GEE, também provoca elevados níveis de poluição do ar bem como de ruído, que podem danificar gravemente a saúde humana e os ecossistemas (Relatório APA, 2021).

Neste sentido, foi divulgado em 2014, e revisto em 2015, o Plano Estratégico dos Transportes e Infraestruturas 2014-2020, o qual estabelece um conjunto de objetivos, dos quais se salienta como um dos mais ambiciosos, o aumento na ordem de 40% do número de toneladas por quilómetro transportadas no modo ferroviário. (IMT, 2018).

Simultaneamente a este documento, o Livro Branco dos Transportes, adotado pela Comissão Europeia em 2011, apresentava como proposta a transferência da carga transportada para outros tipos de transporte, estabelecendo como objetivo que até 2030 se tenha 30% do tráfego rodoviário de mercadorias em distâncias superiores a 300 km, e mais 50% até 2050, sendo realizado com a ajuda de corredores eficientes e ecológicos (IMT, 2018).

Ainda neste cenário, o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030), elaborado na sequência do Regulamento da UE 2018/2019, propõe como objetivo primordial, fomentar a produção e consumo de combustíveis renováveis alternativos, nomeadamente para o setor do transporte rodoviário de mercadorias de longa distância (IMT, 2018).

2.1.4. Dimensão social e económica

Todos os meios de transporte são importantes e têm como objetivo criar riqueza, reduzir a pobreza e manter o crescimento. Segundo dados estatísticos da UE, em 2018 o setor dos transportes representou cerca de 664M€ em valor acrescentado bruto, e emprega cerca de 11 milhões de pessoas. Só no transporte rodoviários são 3.07 milhões de funcionários, distribuídos por 571.046 empresas (Comissão Europeia, 2018). Por outro lado, corresponde ainda à segunda maior área de despesas dos agregados familiares da UE, o que pode representar uma influência direta no poder de compra das famílias (Naletina, 2018).

Os dados da Comissão Europeia (2018) afirmam que o transporte tem uma função muito importante no contexto do PIB a nível europeu, principalmente quando consideramos também o setor da logística, tendo uma participação de 14% do PIB.

Leandro (2013) salienta que a importância social dos transportes resulta não só do elevado número de pessoas que emprega, mas também da sua relevância para a mobilidade, que é um dos principais vetores do mundo global. Neste sentido, o autor refere também que na dimensão social dos transportes inclui-se a segurança operacional, a qualidade do serviço e condições de trabalho.

Neste contexto, a Estratégia de Mobilidade Sustentável e Inteligente da UE alerta destaca que o ativo mais valioso do setor é, de longe, constituído pelas pessoas que o compõe e a transição para uma mobilidade sustentável não será possível sem o apoio e envolvimento dos trabalhadores dos transportes. Assim, surge a necessidade de estabelecer medidas, nomeadamente legislativas, no que diz respeito às condições de trabalho, e que contribuam para tornar o setor mais atrativo (Comissão Europeia, 2018).

Tornar a mobilidade mais ecológica, baseada num sistema multimodal eficiente e interligado, tanto para passageiros como para mercadorias, pode ser não só uma transformação que oferece oportunidades para uma melhor qualidade de vida e modernização, mas que também passa por traçar um percurso credível, inteligente e justo para a transição que seja exequível.

Para que se consiga mitigar a poluição e as emissões gasosas importa implementar políticas de transporte sustentável, seja através de instrumentos económicos ou de recurso a tecnologias, sempre sem comprometer a mobilidade de pessoas e bens. Os instrumentos económicos podem considerar a produção e compra de veículos ecologicamente adequados ou incentivar ao consumo de combustíveis mais eficientes. Já o recurso às inovações tecnológicas tem um papel fundamental e prático na otimização de todo o processo de transporte (Naletina, 2018).

2.1.5. Dimensão ambiental

O futuro económico da Europa requer redes inteligentes, sustentáveis e perfeitamente interligadas no domínio dos transportes, da energia e da tecnologia digital. Estas redes são uma condição fundamental da realização do mercado único europeu, pois permitirão à UE atingir os objetivos em termos de crescimento sustentável (Relatório Transportes UE, 2020).

Neste sentido, o mesmo relatório recomenda que o setor dos transportes e infraestruturas devem ser planeadas de forma a maximizar os efeitos positivos sobre o crescimento económico e reduzir o máximo possível os impactos negativos sobre o ambiente.

Apesar da importância do setor, os transportes são responsáveis por grande parte das emissões de agentes poluentes e gases com efeito de estufa, inevitavelmente associados às

alterações climáticas, representando assim um impacto muito negativo no ambiente. Por outro lado, também é o setor que mais consome energia de origem petrolífera.

De acordo com o descrito acima, Lowitzscha (2019) relatou que os transportes consomem aproximadamente um terço de toda a energia final da UE, o que significa que os transportes são responsáveis por grande parte das emissões de GEE e consequentemente contribuem de forma negativa para o aquecimento global acelerado.

O mesmo autor revela que, enquanto a maioria dos outros setores económicos, nomeadamente o setor industrial e de produção de energia, reduziram as suas emissões desde 1990, o setor dos transportes aumentou, contribuindo atualmente para mais de 1/4 das emissões totais de GEE da UE. Neste contexto, a **Figura 2** apresenta esta evolução das emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) na UE, por setor, entre 1990 e 2019.

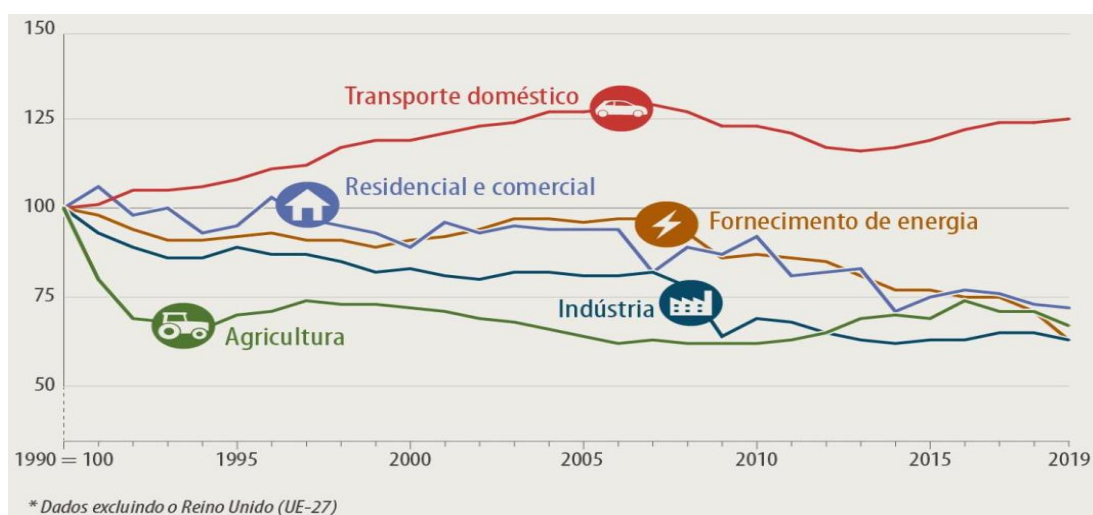


Figura 2: Evolução das emissões de CO₂ na UE 1990-2019 (fonte: relatório APA 2022)

Neste sentido, existe a necessidade de uma rede de base de infraestruturas composta por corredores, que permita transportar mercadorias e passageiros de forma muito eficaz e que produza poucas emissões, estabeleça as ligações que faltam, reduza os pontos de estrangulamento e utilize serviços mais eficazes no quadro de combinações multimodais, uma vez que as infraestruturas de transportes se desenvolveram de forma desigual de transportes no Leste e no Oeste da UE (Relatório Transportes UE, 2020).

Em 2016 o setor dos transportes representou uma quota de 26,7% das emissões gasosas, sendo o transporte rodoviário aquele que assume maior peso com 72%. (Comissão Europeia,

2018). Neste âmbito, a **Figura 3** apresenta a distribuição das emissões, até 2019, de GEE e de CO₂ por modo de transporte (Comissão Europeia, 2022).

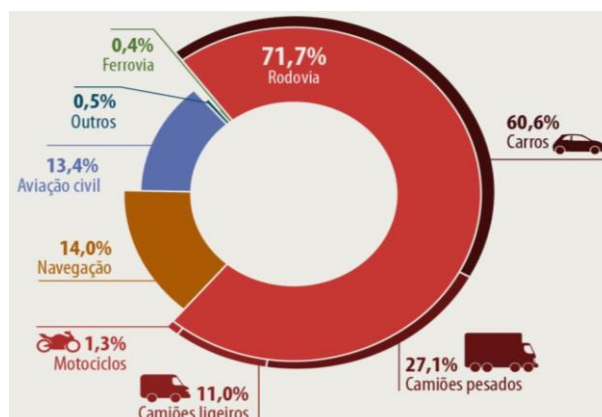


Figura 3: Distribuição das emissões por modo de transporte, em 2019 (fonte: APA 2022)

2.2. Sustentabilidade ambiental

A sustentabilidade está relacionada com o princípio da busca pelo equilíbrio entre a disponibilidade de recursos naturais e a sua exploração pela sociedade, com o objetivo de equilibrar a preservação do meio ambiente e o que ele pode oferecer em consonância com a qualidade de vida da população (Leandro, 2013).

A partir desta definição e da evolução do pensamento acerca do tema, percebe-se que o conceito atual de desenvolvimento sustentável preconiza o equilíbrio entre os aspetos ambientais, económicos e sociais, para que estes, de forma concomitante, proporcionem o atendimento das necessidades das gerações atuais, sem prejudicar as gerações futuras, garantindo equidade intra geracional, bem-estar e emprego num contexto de participação da sociedade, de valorização e internalização, conforme se demonstra na **Figura 4**.

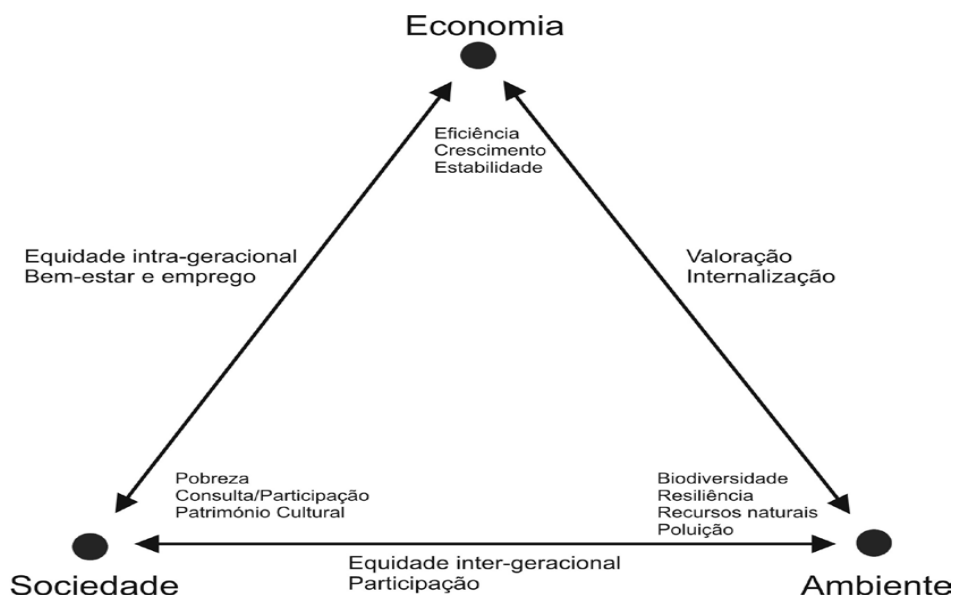


Figura 4: *Triângulo da sustentabilidade* (fonte: Marques da Costa 2007)

Nos países e nas sociedades atuais, os transportes têm um papel fundamental já que, com a intensificação do comércio mundial, a perda de relevância das fronteiras nacionais e o conseqüente aumento da mobilidade de pessoas e bens, conquistou um significado cada vez mais relevante no cotidiano das pessoas, e para isso é necessária a existência de uma rede de transportes eficazes (Speranza, 2018).

Contudo, conforme afirmado anteriormente, todo este contexto de mobilidade de pessoas e mercadorias tem um imenso custo em termos ambientais e, neste âmbito, é necessário reverter esta tendência de consumo exacerbado e direcionarmo-nos para um caminho de sustentabilidade. Para tal, é necessária a aplicação de medidas ambiciosas que promovam e fomentem meios de transporte mais sustentáveis.

Neste sentido, Speranza (2018) refere que devem ser tomadas medidas de internalização dos custos externos, o que é essencial para que se tenha a utilização equilibrada e sustentável dos meios de transporte, pela população e por parte dos diversos agentes económicos.

2.2.1. Energia limpa

Energia limpa, ou *clean energy*, pode ser definida como a energia proveniente de fontes renováveis, de emissões zero e que não poluem a atmosfera quando utilizadas, bem como a energia economizada por medidas de eficiência energética. O senso comum costuma confundir

os conceitos de energia limpa e fontes de energia verde ou renovável, mas todos significam exatamente a mesma coisa (Lowitzscha et al., 202).

A energia limpa é a energia obtida de fontes que libertam poluentes do ar, enquanto a energia verde é a energia derivada de fontes naturais. Há uma diferença sutil entre estes dois tipos de energia, embora muitas vezes sejam mencionados com o mesmo significado.

A energia renovável é a energia gerada a partir de fontes que são constantemente reabastecidas. Esses recursos de energia renovável não se esgotam, ao contrário dos combustíveis fósseis e do gás e incluem energia eólica e solar (Ramirez Camargo et al., 2019).

Embora a maioria das fontes de energia verde seja renovável, nem todas as fontes de energia renovável são vistas como verdes. Como exemplo podemos citar o caso da energia hidroelétrica, que é um recurso renovável, no entanto, existe o argumento de que a mesma não é verde pois a industrialização relacionada com a construção de barragens hidroelétricas podem prejudicar o meio ambiente. Desta forma, a combinação perfeita de energia limpa ocorre onde a energia verde encontra a energia renovável, como a energia solar e a energia eólica (Lowitzscha et al., 2020).

De acordo com Ramirez Camargo et al. (2019), a energia limpa funciona quando se produz energia sem causar impactos ambientais negativos, como a libertação de GEE, como o dióxido de carbono. Muita energia limpa também é renovável, incluindo a energia eólica, alguns recursos hídricos e a geração de energia solar.

Os mesmos autores referem ainda que o aspeto mais importante da energia limpa são os benefícios ambientais como parte de um futuro energético global. Com a diversificação de combustíveis, por meio de diferentes fontes de energia, é possível criar fontes de alimentação confiáveis para aumentar a segurança energética, garantindo que haja o suficiente para atender às necessidades globais.

Em junho de 2018, a UE discutiu e acordou uma estrutura legal como parte da reformulação da Diretiva de Energias Renováveis, intitulada RED II, pela qual todos os Estados-Membros da UE tiveram até junho de 2021 para adequá-la à legislação nacional, a partir desta data, os consumidores terão o direito de consumir, armazenar ou vender os recursos energéticos renováveis produzidos nas suas instalações, a partir das seguintes premissas:

- i) Individualmente, ou seja, famílias e pequenas e médias empresas não energéticas e coletivamente, por exemplo, em projetos de eletricidade de inquilinos, ou
- ii) Como parte das Comunidades de Energias Renováveis, organizadas como entidades jurídicas independentes.

A diretiva RED II integra o pacote Energia Limpa para todos os Europeus da UE e as suas regras estão incorporadas às da Diretiva do Mercado Interno de Eletricidade de 2019 e do Regulamento do Mercado Interno de Eletricidade, ambas alcançadas acordo por político nas negociações interinstitucionais de dezembro de 2018.

Neste conjunto de leis, o termo “comunidades de energia” é mencionado e definido tanto na Diretiva de Energias Renováveis, quanto na Diretiva do Mercado Interno de Eletricidade, assim como o conceito de “compartilhamento de energia”. Desta forma, a reformulação da diretiva de energias renováveis concentra-se na promoção de energia renováveis e, portanto, fala de “comunidades de energia renovável” como sendo uma alternativa de produção autónoma de energia, as quais devem ser fomentadas por toda a Europa, no sentido de apoiar especificamente a implantação de fontes de energia renovável para a produção de energia, incluindo eletricidade e promover a aceitação de energias renováveis entre os europeus.

2.2.2. Descarbonização

Segundo Lowitzscha (2019), a descarbonização consiste no processo de redução de emissões de carbono na atmosfera, especialmente de CO₂, sendo que estas emissões ocorrem quando o Homem queima combustíveis fósseis para o desenvolvimento da economia e conseqüentemente aumenta as concentrações na atmosfera, provocando efeito de estufa e, conseqüentemente, o aquecimento global e as alterações climáticas.

As preocupações ambientais entram na agenda política internacional, e ganham verdadeiro destaque após os anos 70, na sequência dos processos de globalização que também se acentuam neste período, e contribuem deste modo para a emergência de relações internacionais. (Domingos, 2007).

As emissões de GEE, principalmente de CO₂, provenientes de combustíveis fósseis, acumulam-se na atmosfera como resultado da ação humana, e contribuem assim para o aquecimento global acelerado.

Neste sentido, surge em 1997 o Protocolo de Kyoto, um tratado internacional que ampliou a Convenção das Nações Unidas de 1992, onde todos os países membros se comprometem a reduzir as emissões de GEE. Este protocolo baseava-se no princípio de responsabilidades comuns, mas diferenciadas, reconhecendo que os países têm capacidades diferentes no combate às alterações climáticas, devido ao desenvolvimento económico. Nesta altura, cerca de 10% das emissões derivadas dos transportes eram provenientes dos países mais ricos (Hensher e Button, 2003).

De acordo com Xu Tiana et al. (2018), nos últimos 20 anos, a distribuição das emissões gasosas mudou fruto do aumento de emissões proveniente de países em desenvolvimento e com economias em rápido crescimento. Em 2018, a pegada de carbono total da UE foi de 7,0 toneladas de CO₂ por pessoa.

Lopes (2016) refere que a descarbonização exige necessariamente um processo de transição energética, que realize uma mudança estrutural e elimine o carbono da geração de energia, de forma a eletrificar a economia somente com energias alternativas limpas que emitam somente aquilo que o planeta seja capaz de absorver.

Tal como já foi referido anteriormente, o setor dos transportes é aquele que mais contribui para as emissões de GEE, responsável por cerca de 27% do total de emissões. O transporte rodoviário representa cerca de 72% das emissões nos transportes.

Importa ainda referir que, em 2009, 98% do setor dos transportes ainda era dependente de combustíveis fósseis (Magueta et al., 2018).

Em Portugal, os transportes representaram 24% do total de emissões de CO₂ em 2015, um aumento de 61% em relação a 1990 (APA, 2017).

Atualmente as alterações climáticas são uma das mais importantes questões ambientais que a comunidade internacional enfrenta. A nível político estabelece-se em 2016 o Acordo de Paris, no qual os países intervenientes assumem um novo compromisso e estabelecem como metas manter o aquecimento global abaixo dos 2°C e, a longo prazo, atingir as zero emissões líquidas, o que poderia eliminar o recurso a combustíveis fósseis. (Santos, 2017)

O autor sublinha ainda que se a temperatura média global ultrapassar o limiar de segurança de 2°C, as consequências podem ser catastróficas para o nosso planeta.

As políticas ambientais da UE visam proteger o meio ambiente, e minimizar os riscos para o clima, a saúde humana e a biodiversidade. Neste sentido, em dezembro de 2019, a Comissão Europeia estabelece o Pacto Ecológico Europeu, como uma estrutura estratégica para um ambiente neutro, com o objetivo de, até 2050, reduzir em 60% as emissões de GEE do setor dos transportes, bem como a dependência do petróleo importado.

Desta forma são definidas como ações prioritárias o reforço do transporte modal, o apoio à implementação de uma mobilidade automatizada e conectada, e melhorar os custos externos com o aumento da produção e adoção de alternativas sustentáveis (Eurostat, 2020).

No âmbito do planeamento da redução de emissões de GEE, e com o objetivo de garantir o cumprimento dos compromissos firmados no contexto internacional, a UE criou o mecanismo do Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), que se constitui no primeiro instrumento de mercado intracomunitário de regulação das emissões de GEE.

No referido mecanismo, são contempladas instalações dos mais diversos sectores desde o energético ao industrial, dentre os quais se destacam os metalúrgicos, os cimentos, a refinaria, o químico, o cerâmico, o vidro, a pasta, o papel e o agroflorestal, sendo que desde 2010, o sector da aviação foi também incluído. A partir do contexto do pacote clima-energia para 2020, os sectores abrangidos pelo CELE, incluindo a aviação, encontraram-se obrigados a reduzir as suas emissões, em 2020, em 21% face aos níveis de 2005 (Relatório de Estado do Ambiente, APA, 2021).

De acordo com o Relatório da UE de 2020, as emissões de gases com efeito de estufa na UE-27 diminuíram 3,7 % numa base anual, enquanto o PIB cresceu 1,5%, conseguindo-se, desta forma, reduzir as emissões em 24 %, em comparação com os níveis de 1990.

Segundo o mesmo documento as emissões contempladas pelo CELE registaram uma maior redução em 2019, diminuindo em 9,1 %, o que significa aproximadamente 152 milhões de toneladas equivalentes de CO₂ (Mt eq CO₂), em comparação com 2018.

Os dados referem que o decréscimo foi impulsionado, principalmente, pelo setor energético, cujas emissões baixaram quase 15%, em função da substituição da produção de eletricidade a partir de carvão pela produção de eletricidade a partir de fontes de energia renovável e de gás.

Inserido neste contexto, Portugal estabelece o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2020/2030) que define como meta nacional para 2030 a redução em 26% das emissões dos transportes, e mantém-se comprometido com a neutralidade carbónica até 2050, delineando assim uma visão clara relativamente à descarbonização profunda da economia nacional, a qual foi descrita no PNEC 2030 (Daam, 2018). Este plano estabelece metas ambiciosas, para o horizonte 2030, as quais contemplam metas de redução de emissões de GEE (45% a 55%, em relação a 2005), de incorporação de energias renováveis (47%), de eficiência energética (35%) e de interligações (15%). Para além disso, o PNEC 2030 define metas setoriais de diminuição de emissões de gases com efeito de estufa.

A **Figura 5** que apresenta a evolução das emissões de GEE em Portugal nos últimos 30 anos. Esta vem refletindo, em grande medida, a evolução da economia portuguesa, caracterizada por um forte incremento da procura de energia e da mobilidade na década de 1990, a uma situação de estagnação e recessão entre 2011 e 2013, e uma posterior retoma de crescimento desde então.

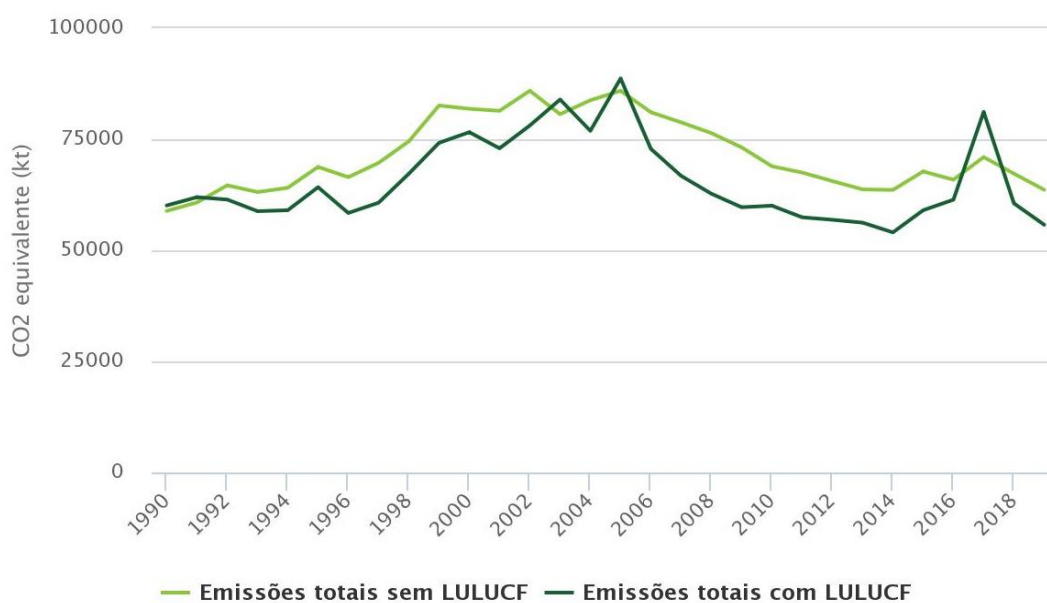


Figura 5: *Evolução das emissões nacionais de GEE (fonte: APA 2021)*

Inserido neste contexto de emissões e evolução das emissões de GEE em Portugal, a **Figura 6** que demonstra as emissões setoriais de CO₂ equivalente em Portugal, em 2019.

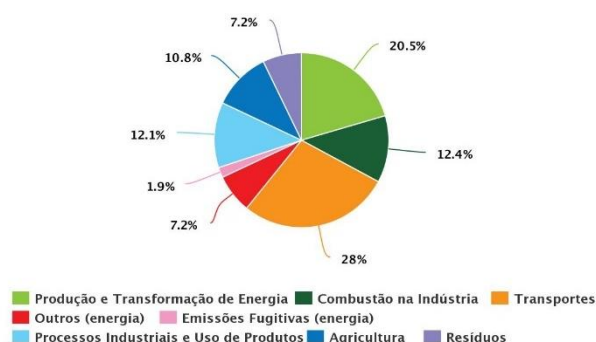


Figura 6: Emissões setoriais de CO₂ equivalente em Portugal, em 2019 (fonte: APA 2021)

A análise da **Figura 6**, permite-nos concluir que o setor da energia, inclusivamente o setor dos transportes, é o principal responsável pelas emissões de GEE, perfazendo um total de 69,9% das emissões nacionais em 2019.

Neste setor, observa-se que a produção de energia e os transportes são as fontes de emissão mais relevantes, contribuindo no ano de 2019, com aproximadamente 20,5% e 28,0% do total das emissões nacionais, respetivamente.

Para além disso, observa-se ainda que, em 2019 ocorreu uma queda significativa das emissões das “indústrias de energia” em relação a 2018, consequência de uma maior proporção de energia renovável utilizada na produção elétrica nacional, a qual está diretamente associada à substituição do carvão pelo gás natural na produção elétrica de origem térmica.

Verifica-se ainda que o setor dos transportes, o qual é em grande parte dominado pelo tráfego rodoviário, apresentou um crescimento de 64% nas emissões no período 1990-2019. É interessante notar a oscilação deste poluente, que apresentou um crescimento constante até ao início dos anos 2000, para em seguida apresentar um período de decréscimo após 2005. Contudo, nos anos mais recentes, regista-se uma inversão desta tendência, com um incremento de 12% das emissões dos transportes entre 2013 e 2019.

Apesar das políticas que têm vindo a ser implementadas, no sentido de diminuir estas emissões, o setor dos transportes é o único em que as emissões aumentaram desde 1990. Zhang et al. (2018), salienta que à medida que os níveis globais de urbanização e mobilidade aumentam, a tendência será as emissões do setor também aumentarem.

Lah (2015) refere o setor dos transportes não só como o mais difícil de descarbonizar, como também o mais desafiante, uma vez que exige medidas transformacionais para atingir todo o seu potencial de redução de emissões.

Gota (2018) salienta que é necessário transformar os compromissos estabelecidos em medidas concretas, de médio e longo prazo, entre países e empresas, como a aposta em inovações tecnológicas mais eficazes na produção de resultados, bem como acelerar a implementação de medidas de curto prazo, como a tributação do carbono.

Georgatzi (2009), destaca os transportes como parte de um sistema sociotécnico em transição para a sustentabilidade e que são necessárias mudanças fundamentais, seja por meio de novas tecnologias, seja por novos modelos de negócio.

Jin e Cols (2012), defendem que esta transição para um transporte sustentável e de baixo carbono pode envolver quatro campos principais sendo eles, político, estrutural, da eficiência e tecnológico.

Para que se consiga mitigar a poluição e as emissões gasosas importa implementar políticas de transporte sustentável, seja através de instrumentos económicos ou de recurso a tecnologias, sempre sem comprometer a mobilidade de pessoas e bens. Os instrumentos económicos podem considerar a produção e compra de veículos ecologicamente adequados ou incentivar ao consumo de combustíveis mais eficientes. Já o recurso às inovações tecnológicas tem um papel fundamental e prático na otimização de todo o processo de transporte (Naletina, 2018).

De acordo com Meyer T. (2021), uma indústria orientada pelos custos, como a logística dos transportes e a gestão das cadeias de abastecimento, as preocupações ambientais desempenham, muitas vezes, um papel secundário na tomada de decisões.

Neste sentido, o transporte sustentável envolve não só a acessibilidade a recursos e mercados, mas também a custos eficazes e equitativos, implicando um equilíbrio entre as três dimensões referidas anteriormente, social, económica e ambiental. A relação custo-benefício continua a ser uma questão importante para determinar a velocidade com que os setores individuais podem descarbonizar.

Outro estudo, de Nunes et al. (2019), refere que medidas que limitem a venda de viaturas a combustíveis fósseis e que limitem a circulação nas cidades, são vistas como a forma mais eficaz de reduzir o consumo de energia e as emissões gasosas.

Haasz et al. (2018) aponta três medidas-base para descarbonizar o setor dos transportes:

- Melhorar a eficiência do combustível (melhorias no motor, materiais, design, consumo, etc.);
- Combustíveis neutros em carbono, como o biodiesel;
- Recurso a energias limpas com emissões zero, como os VE e a energia solar.

Georgatzi (2019), por outro lado, salienta a importância de uma melhor utilização das redes e operações, através de sistemas de informação e comunicação integrados, que conferem visibilidade desempenham um papel fundamental no apoio à tomada de decisão.

Lorenzi et Batista (2018), mostram que, pelo menos na próxima década e meia, o setor dos transportes em Portugal continuará a ser dominado pelos combustíveis fósseis, mas esta tendência pode ser limitada pela aplicação de incentivos a tecnologias alternativas como os VE.

Daam (2018), defende que o “custo da inação será superior a qualquer investimento na mitigação e adaptação às alterações climáticas”.

Neste contexto da descarbonização do setor dos transportes, nomeadamente do transporte rodoviário, em toda a literatura consultada é consensual a urgência em substituir os combustíveis fósseis por energias renováveis, usando produções mais eficientes e pelo recurso a inovações tecnológicas, que serão abordadas com maior detalhe no subcapítulo 2.3.

2.2.3. Política energética

A energia é um serviço de natureza transversal, imprescindível a todos os setores de atividade, e está na base do funcionamento de qualquer setor económico. Na última década foi promovido o uso de alternativas de energia renovável para conter as emissões de GEE e poluentes locais, produzidos pelo setor dos transportes. A urgência de substituir os combustíveis fósseis por biocombustíveis, ou alternativas renováveis levantou questões técnicas, logísticas e ambientais (Lorenzi et Batista, 2018).

Atualmente, um dos grandes objetivos da UE é o de construir uma política energética ambiciosa, que garanta aprovisionamentos seguros, menor dependência de combustíveis fósseis e melhorias na eficiência energética, competitiva e a preços acessíveis e, neste sentido, obrigará a uma transformação profunda do sistema energético europeu (Eurostat, 2018).

O Acordo de Paris estabelece como prioridade a criação de uma União da Energia, um sistema energético integrado, no qual a energia possa circular livremente entre fronteiras, assumindo liderança na produção de energias renováveis, que contribua para tornar a Europa numa economia sustentável, hipocarbónica e que respeite o meio ambiente (Gil, 2021).

Em dezembro de 2018, entrou em vigor a RED II, no âmbito do pacote “Energias limpas para todos os europeus”, inserido no contexto de atendimento às metas do Acordo de Paris, porém de forma concomitante, ao desenvolvimento económico e a criação de emprego. Esta diretiva estabelece uma nova meta vinculativa de eficiência energética para a UE até 2030, de pelo menos 32% do consumo final de energia ser proveniente de energias renováveis, e 14% para a quota de combustíveis renováveis nos transportes (Comissão Europeia, 2020).

De acordo com os autores, há uma ampla gama de possibilidades para enfrentar o desafio de reduzir o impacto ambiental dos transportes.

Gota (2018) afirma que se todos os subsectores do transporte rodoviário fossem eletrificados até 2050, e combinados com uma rede descarbonizada, seria possível cumprir o objetivo de manter o aquecimento global abaixo dos 2°C.

Lorenzi et Batista (2018) consideram que a alternativa mais disruptiva em termos de mudança é representada pelo desenvolvimento de VE, a zero emissões. A eletricidade pode ser usada como um combustível e, desta forma, a penetração dos VE está intimamente relacionada com o futuro do armazenamento da energia. Por outro lado, apesar de os VE serem uma energia limpa, de emissões nulas, devem ser tidos em conta os efeitos indiretos associados à fabricação dos veículos, nomeadamente das baterias (Navas-Anguila et al., 2019).

Wagh e Sane (2016) defendem uma alternativa aos combustíveis líquidos, o gás natural, usado sobretudo no transporte pesado de passageiros, considerado um biocombustível quando

obtido de tratamento de biomassa, ou seja, sem origem fóssil. De acordo com os autores, em alguns segmentos do transporte estão em discussão poucas alternativas, uma vez que a eletrificação ainda manifesta obstáculos tecnológicos e sobretudo por representarem altos encargos económicos.

Neste contexto, Gil (2021) salienta que para a concretização destas políticas é crucial atrair investimentos, com vista à modernização de toda a economia, investir em tecnologias não prejudiciais para o ambiente, apoiar a inovação industrial, e implementar formas de transporte público e privado mais limpas, mais económicas e mais saudáveis.

2.3. Inovação e tecnologias nos transportes

Desde sempre, o desenvolvimento económico tem sido baseado no conhecimento, o qual se relaciona, cada vez mais, nos dias atuais à capacidade tecnológica de um país ou de uma empresa. Neste âmbito, a tecnologia e a inovação devem fazer parte dos objetivos das empresas, para promover um desenvolvimento sustentável e continuado (Lee et al., 2021).

Os mesmos autores referem que as disparidades de renda e crescimento económico entre os países tem estreita relação com a questão do desenvolvimento tecnológico, e afirmam que os países em desenvolvimento, os quais de forma geral, são atrasados na fronteira tecnológica, imitam ou seguem tecnologias recém-inventadas por outros países tecnologicamente avançados e inovadores, pois imitar ou adaptar novas tecnologias é menos caro e arriscado do que desenvolver.

A tecnologia pode ser difundida além-fronteiras por meio, por exemplo, de contratos de transferência de tecnologia, investimento estrangeiro direto, migração de mão de obra qualificada e imitação. O comércio de tecnologia é um canal importante para tal difusão entre os países. Portanto, as empresas atrasadas no desenvolvimento tecnológico podem crescer de forma sustentável através da tecnologia de negociação. Além disso, as repercussões transfronteiriças em tecnologia permitem que as empresas desenvolvam produtos mais ecológicos, o que pode contribuir substancialmente para aumentar seu valor de mercado. (WIPO, 2017).

Inserido neste contexto, o setor de transportes também se encontra em permanente evolução tecnológica, com as empresas e as universidades a desenvolver soluções conjuntas para a melhoria dos aspetos relacionados à economia e ao meio ambiente. (Lee et al, 2021).

Khair Jadaan et al. (2017) relatam que as inovações tecnológicas estão presentes em grande parte dos veículos utilizados atualmente, tornando o transporte muito mais prático e eficiente. Desta forma, as empresas tornam os seus processos mais produtivos, melhorando a gestão da logística, promovendo uma melhor relação custo-benefício de seus recursos e proporcionando uma maior segurança aos *stakeholders*.

De acordo com Khair Jadaan et al. (2017), uma transformação do setor de transporte logístico está em curso e o futuro terá soluções inteligentes e alternativas sustentáveis. Esta transformação passa pela necessidade de as empresas se manterem competitivas, agregando novas tecnologias para melhoria da gestão dos centros de distribuição, armazéns, embarques e transporte.

Ao contrário de outros tempos no passado, quando as inovações em mobilidade eram impulsionadas por mudanças nas tecnologias ou na infraestrutura veicular, atualmente as fontes de transmutação são novas tendências sociais e os progressos digitais, especialmente no campo das tecnologias da informação e comunicação e automatização.

Dentre as tecnologias mais relevantes que se apresentam para um futuro próximo, as quais serão adaptadas ou utilizadas para o setor de transportes, os autores relatam: o hidrogénio verde (H₂), a cadeia de blocos (*Block Chain*), IoT (*Internet of Things*), a Inteligência Artificial (IA), o *Machine Learning*, a Condução Autónoma e a Abordagem Verde.

2.3.1. Fontes de energia nos transportes

De acordo com Abreu (2018), no que diz respeito a tecnologias nas quais os veículos não emitem GEE, destacam-se em alternativa aos combustíveis fósseis três tendências atuais, os VE, a energia solar e o H₂.

Khair Jadaan et al. (2017) referem que os veículos elétricos dominam os demais, tanto nos requisitos de eficiências energética, térmica e viabilidade económica. Os veículos elétricos podem ser divididos entre:

- i) Veículos elétricos (VE), impulsionados somente por motores elétricos, cuja energia é armazenada em baterias, sendo esta oriunda da rede de abastecimento de energia elétrica;

- ii) Veículos Híbridos (VEH), os quais podem apresentar motores a combustão destinados a apenas carregar as baterias ou a ser responsáveis pela tração dos veículos, dividindo a tarefa de impulsioná-los com os motores elétricos, sendo, responsável, simultaneamente, por carregar as baterias;
- iii) Veículos híbridos do tipo plug-in (VEHP), os quais se caracterizam por além de possuírem motores a combustão, também podem ser ligados à rede elétrica para a recarga das baterias, podendo assim prescindir, dependendo do uso, do acionamento do motor a combustão, pelo menos em pequenos trajetos.

A partir do contexto descrito, percebe-se que, tanto nos veículos híbridos, quanto nos elétricos, a bateria possui uma função primordial, pois estas passaram agora a ter outras funções, nomeadamente como o próprio funcionamento do motor, neste sentido, a necessidade de energia é cada vez maior.

Entre os principais tipos de baterias utilizadas para os veículos elétricos, híbridos e *plug-in*, encontram-se as baterias PbA, as baterias NiMH, a Zebra e a de íon-Lítio.

Castro et al. (2018) argumentam que as baterias PbA podem ser utilizadas em veículos híbridos de menor porte, no entanto são necessárias tecnologias mais avançadas, o que também acontece com os híbridos médios. Afirmam ainda que veículos híbridos e elétricos puros tendem a utilizar outras tecnologias, como a NiMH, a Zebra e a de íon-lítio, com as baterias NiMH a liderar o mercado, equipando a maior parte dos veículos híbridos.

Neste âmbito, as baterias NiMH apresentam um custo inferior ao das baterias de íon-lítio, embora este sofra uma relativa pressão em função das oscilações no preço do níquel. Além disso, as baterias NiMH apresentam como limitação o facto de não poderem ser descarregadas por completo, o que prejudica sua aplicação em VE puros (Speranza, 2018).

Dentre as vantagens das baterias NiMH podemos citar o facto de que já é uma tecnologia provada e utilizada em grande escala, o que pode ser comprovado pelo seu maior cliente, a fabricante japonesa Toyota, que é a líder mundial em vendas de veículos híbridos.

As baterias do tipo *Zeolite Battery Research Africa Project* (Zebra), também conhecidas como baterias de Sódio ou de sal fundido, possuem esta denominação pois utilizam um sal fundido

como eletrólito. Estas baterias operam em altas temperaturas, geralmente na ordem dos 270°C, o que ocorre com o objetivo de manter o sal na fase líquida.

As baterias de íon-Lítio, por sua vez, são atualmente a maior aposta para equipar os VE e híbridos. Contudo, não são formadas por um tipo único, mas sim por um conjunto de baterias que contém o lítio como elemento do cátodo.

Castro et al. (2018) relatam que algumas questões relevantes para o funcionamento e avaliação dos VE ainda não foram bem discutidas pela literatura, especialmente em relação à segurança das baterias. Os autores comentam ainda que foram detetados muitos eventos perigosos com este equipamento, nomeadamente incêndios de veículos, como os ocorridos nos veículos Chevrolet, Fisker e Mitsubishi, dos quais muitos aconteceram em um passado recente e ainda não foram totalmente explicados e remediados.

Speranza (2018) argumenta ainda sobre a importância da longevidade das baterias, uma vez que, como o seu fabrico é muito intenso em carbono, em caso de necessidade de substituição durante a vida útil dos veículos, podem ocorrer fortes modificações nos resultados de viabilidade económica dos automóveis. O autor refere ainda a importância da forma de condução, assim como da maneira de carregá-los, salientando a necessidade do uso racional da rede.

Segundo Khair Jadaan et al. (2017), a tecnologia ainda tem vários desafios a ultrapassar, tais como: o custo das baterias, a sua vida útil e os seus impactos sobre a rede elétrica, bem como o facto de a viabilidade económica e ambiental depender da tecnologia e dos custos de geração de energia elétrica, bem como de seus preços relativos, em especial em relação à gasolina. Neste contexto, os autores afirmam que fica clara a necessidade de melhorias na tecnologia das baterias, pesadas, caras, de relativamente baixa densidade energética – quando comparadas à gasolina – e de durabilidade e segurança incertas.

Desta forma, conclui-se que a viabilidade de VEHP está estreitamente relacionada à análise caso a caso da geração de eletricidade regional para se verificar a relação custo-benefício destes veículos, em termos financeiros e ambientais. Pois não importa verificar somente o quão limpa e sustentável é a matriz energética, mas também avaliar o quanto a geração incremental

de energia é efetivamente limpa, sob pena de se trocar um tipo de poluição por outro a custo financeiro elevado.

No entanto, Khair Jadaan et al. (2017) afirmam que os híbridos apresentam, indiscutivelmente, um grande potencial de formar a próxima geração de veículos, a qual será responsável pela transição entre os modelos dependentes de combustíveis fósseis e os modelos puramente elétricos, assim que as tecnologias de baterias e a de geração de energia permitirem.

Outra tendência que suscita cada vez mais interesse é a energia solar, também considerada uma fonte de energia renovável, sustentável e infinita de energia, porém pouco utilizada por ter um alto custo para sua conversão e ser mais difícil de armazenar. Em comparação com outras fontes de energia, ela pode ser captada por painéis solares, os quais são formados por células fotovoltaicas e transformada em energia elétrica, sendo possível ser gerada e utilizada em lugares remotos e de difícil acesso, pois a sua instalação em pequena escala não obriga a grandes investimentos em linhas de transmissão.

A energia solar pode ser transformada em energia elétrica através de efeitos causados em determinados tipos de materiais, tais como as placas fotovoltaicas. A energia solar fotovoltaica, que, por sua vez, é definida como a energia produzida por meio da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto é possível, por meio de um dispositivo reconhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (Castro, 2019).

No âmbito da energia solar e dos painéis fotovoltaicos aplicados ao transporte, alguns projetos que envolvem veículos a energia solar têm vindo a ser desenvolvidos na Europa e no Estados Unidos da América (EUA), com start-ups e gigantes da indústria automóvel a equipar os carros elétricos também com painéis solares.

Entre as gigantes do setor automobilístico, várias empresas têm previsão de lançamento de modelos equipados com painéis solares nos próximos meses. O modelo Prius da Toyota já oferece painéis como opção no seu primeiro carro 100% elétrico. A Tesla também tem previsão de lançamento para 2023, assim como a alemã Mercedes, que já instalou células fotovoltaicas no tejadilho do seu luxuoso protótipo EQXX.

Entre as start-ups, destaca-se a empresa holandesa LightYear, que colocou no mercado um modelo que produz energia suficiente para 70 km por dia, a partir de uma área de cinco metros quadrados de painéis solares que cobrem o capô da frente e o tejadilho.

Embora todo o desenvolvimento que se tem procurado alcançar com os VE e a energia solar, outros autores defendem que o Hidrogénio verde será a próxima realidade, sobretudo no que diz respeito ao transporte rodoviário pesado de mercadorias.

O Hidrogénio foi identificado pela 1ª vez no séc. XVIII pelo químico inglês Henry Cavendish. Ao longo dos séculos tem tido várias aplicações, dentre as quais os *zepepins* do início do séc. XX, que ficavam sustentados no ar, pois o Hidrogénio é 14 vezes mais leve do que o ar. O Hidrogénio em estado puro e à temperatura ambiente é um gás, sendo o mais abundante em todo o Universo (estima-se que 75% da massa do Universo seja em átomos Hidrogénio).

Apesar da abundância no Universo e também na Terra, as moléculas de H₂ dificilmente são encontradas isoladas ou em estado livre na natureza. Para obtê-lo, é necessário separá-lo de outros elementos, recorrendo a substâncias e materiais onde o Hidrogénio está presente. A separação pode ser feita através de vários métodos, embora sejam utilizados predominantemente duas técnicas, e é neste contexto que surge a terminologia de “Hidrogénio verde”.

Dentre as metodologias utilizadas para separar Hidrogénio, existe:

- i) Reformação: na qual o Hidrogénio é obtido a partir da exposição de um hidrocarboneto (gás natural, diesel ou carvão) a altas temperaturas. Nesta reação, o combustível com o vapor de água vai produzir H₂. Este é o processo mais utilizado e estimativas indicam que 95% de todo o H₂ produzido atualmente seja feito com recurso ao gás natural. O H₂ obtido neste processo denomina-se “Hidrogénio cinzento”, uma vez que o processo de produção emite CO₂ (Khair Jadaan et al. 2017);
- ii) Eletrólise da água: neste processo ocorre a separação direta do H₂ e do Oxigénio (O₂) a partir da água (H₂O), que é realizado através da aplicação de uma corrente elétrica para estimular a divisão das moléculas. Se a energia elétrica usada no processo tiver origem em fontes renováveis, então o H₂ produzido chama-se “Hidrogénio verde”, já que durante o processo de produção não foi emitido CO₂ (French, 2021).

De acordo com Agência Internacional de Energia (AIE, 2021), a produção de H₂ a partir da metodologia descrita acima poderia poupar 830 milhões de toneladas anuais de CO₂ que se originam quando este gás é produzido por combustíveis fósseis. A AIE revela também que se substituirmos todo o H₂ mundial ter-se-ia um montante de 3.000 TWh renováveis adicionais por ano, o que se aproxima da necessidade elétrica atual na Europa.

No entanto, é importante ressaltar que existem ainda algumas questões acerca da viabilidade económica do hidrogénio verde, em virtude do seu alto custo de produção. Embora já se perceba que a tecnologia tem avançado bastante e que a descarbonização do planeta está a tornar-se, cada vez mais, uma realidade mais barata para a geração de energia renovável.

French (2021) relata que o mercado de Hidrogénio deve crescer, uma vez que o seu custo de produção tem diminuído de um patamar de 6 \$/kg em 2015, prevendo-se que chegue a um nível abaixo de 2 \$/kg até 2025.

Neste âmbito, a autora refere que o preço de 2 \$/kg é considerado um potencial ponto de inflexão que tornará o Hidrogénio verde competitivo em relação a outras fontes de combustível. No contexto de desenvolvimento tecnológico, várias empresas dentre elas a Siemens, já construíram turbinas eólicas marítimas que são equipadas para produção combinada de Hidrogénio e, conseqüentemente, ajudam a aumentar a produção de Hidrogénio verde.

No que concerne à sua utilização nos transportes, Khair Jadaan et al. (2017) referem que o Hidrogénio pode ser usado como combustível para células de combustível ou motores de combustão interna. Os autores salientam também que os veículos movidos a Hidrogénio não se limitam aos automóveis, mas os autocarros e camiões também estão a ser projetados para funcionar com Hidrogénio verde.

Wood (2022) confirma esta tendência e relata que no ano de 2020, as principais empresas europeias anunciaram planos para alterar as suas frotas de camiões para energia de Hidrogénio. Aliado a isso, a Airbus já anunciou que aeronaves movidas a Hidrogénio estão a ser projetadas, com lançamento previsto para 2035.

A UE publicou a sua estratégia de Hidrogénio em 2020, reconhecendo-o como uma tecnologia-chave para alcançar objetivos políticos como o Pacto Verde Europeu. Neste âmbito, a estratégia do bloco está fortemente focada no Hidrogénio verde livre de emissões, com o

objetivo de instalar 40 gigawatts de capacidade de eletrolisador de hidrogénio renovável até 2030. No entanto, a capacidade de Hidrogénio verde da Europa definida para 2025 é de atingir apenas 2,7 gigawatts, por isso alcançar uma meta tão ambiciosa será um desafio.

Embora apresente inúmeras vantagens, nomeadamente do ponto de vista do baixo nível de emissão de gases responsáveis pelo efeito de estufa, o H₂ também demonstra alguns entraves relativamente à sua implementação a um nível mais abrangente, uma vez que se constitui uma alternativa ainda cara, pois não se encontra isolado na natureza; apresenta a necessidade de utilização de metais nobres para o fabrico das células, dentre os quais a Platina, que é um dos metais mais caros e raros no planeta; além de implicar em custos relativos a infraestruturas, principalmente de transporte e distribuição (Wood, 2022).

2.3.2. Tendências tecnológicas

O transporte tem também procurado utilizar avanços tecnológicos recentes para promover uma logística cada vez mais precisa e de baixo custo.

Bergenheim et al. (2012) afirmam que de forma contrária ao que ocorreu no passado, quando se tinha um contexto de mudança na mobilidade causado principalmente por transformações a nível de infraestrutura veicular. Nos dias de hoje, as mudanças no transporte ocorrerão em função da automatização e das tecnologias da informação e da comunicação.

Internet das coisas (IoT)

Inserido no contexto referido, a Internet das coisas (IoT) tem surgido como um dos principais motores desta mudança. Atuando como um ecossistema de dispositivos inteligentes conectados à Internet com processadores, sensores e hardware de comunicação, a IoT irá atuar coletando e armazenando dados, que podem alertar os carros e camiões sobre riscos potenciais (METI, 2022).

O mesmo relatório afirma que camiões equipados com IoT terão dados de condução, mapeamento e vídeo em tempo real serão capazes de detetar curvas e curvas cegas a uma certa distância, identificar peões, ciclistas e outros perigos na estrada.

Bergenheim et al. (2012) corroboram esta narrativa e relatam que os motoristas que utilizarem a tecnologia IoT poderão monitorar o desempenho do combustível, a travagem e a

velocidade e sinalizar segurança para os motoristas. Aliado a isso, com geolocalização e logística, os gestores de transporte também poderão determinar se as encomendas estão no trajeto certo ou não.

Os autores afirmam que a IoT irá transformar o setor de transporte pela recolha de dados e informações importantes de tendências de negócios e tecnologia relacionadas à análise de dados e automação de mobilidade. A comunicação e a compreensão da distribuição de dados com comboios, camiões, navios e aviões serão aprimoradas, além de reduzir os acidentes em 80% e melhorar a visibilidade das redes globais de fabricação.

Inteligência Artificial (IA)

A IA é outra ferramenta tecnológica que irá atuar no âmbito da melhoria significativa dos transportes. A IA permite às máquinas executar tarefas complexas associadas a seres inteligentes, sendo que o seu principal objetivo é de executar funções de modo autónomo.

A IA é o amplo conceito que recebe inúmeras definições e significados. Os sistemas de IA possuem como características básicas a capacidade de raciocínio, o que significa aplicar regras lógicas a um conjunto de dados disponíveis para chegar a uma conclusão, além disso apresentam habilidade da aprendizagem, ou seja, aprender com os erros e corrigir para que no futuro possa agir de maneira mais eficaz e ainda reconhece padrões, tanto visuais e sensoriais, como também padrões de comportamento (Bergenheim et al., 2012).

Estudos realizados no Japão, relatam que o armazenamento e a interpretação de dados que a IA permite pode aumentar a segurança dos passageiros, ajudar a reduzir o congestionamento do tráfego e os acidentes, além de diminuir as emissões de GEE, minimizando os custos financeiros gerais (METI, 2022).

Entre os instrumentos de IA que podem ser usados nos transportes Khair Jadaan et al. (2017) salientam que os sistemas baseados em conhecimento são mecanismos de grande utilidade pois permitem a inferência de determinadas conclusões baseadas em regras e tendências, o que significa a capacidade de conseguir aplicar o raciocínio nas situações do nosso quotidiano. (METI, 2022).

Outra ferramenta relevante da IA são as redes neurais (RN) ou sistemas neurais artificiais, que são modelos computacionais inspirados pelo sistema nervoso central de um animal (em particular o cérebro) que são capazes de realizar a aprendizagem de máquina bem como o reconhecimento de padrões. Estas redes são apresentadas geralmente como sistemas de “neurónios interconectados, que podem computar valores de entradas”, simulando o comportamento de RN biológicas.

De forma semelhante a outros sistemas que aprendem a partir dos dados, as RN têm sido usadas para resolver uma grande variedade de tarefas difíceis de resolver utilizando programação baseada em regras comuns, incluindo visão computacional e reconhecimento de voz.

Desta forma, os benefícios produzidos pela aplicação da IA nos sistemas de transporte perpassam desde o monitoramento de tráfego, a identificação de áreas de condução perigosas, o planeamento de atividades de construção e o agendamento de manutenção.

Veículos Autónomos (VA)

O aparecimento de Sistemas Inteligentes de Transporte, proporcionaram uma nova perspectiva para caminhos inovadores na eficiência, segurança, operação e impacto ambiental das redes de transporte (Noah et al., 2012).

Os veículos autónomos são uma iniciativa inovadora que surgem como a próxima onda de tecnologia, que apresenta entre outros benefícios, fornecer uma maior capacidade das redes de transporte existentes, além de aumentar a segurança nas estradas para os motoristas através do desenvolvimento de um Sistema de Transporte Inteligente global.

Esta tecnologia teve início nos anos 2000, com o Departamento de Transportes dos EUA a desenvolver a Integração Veículo-Infraestrutura como parte de seu Programa Sistema de Transporte Inteligente (ITS). Neste contexto, o objetivo principal do Veículo-Infraestrutura foi o desenvolvimento de comunicação sem fios V2V e V2I para melhorar significativamente a segurança e a mobilidade nas estradas (Jin e Orosz, 2014).

A premissa fundamental do ambiente de VA está no poder da conectividade sem fios entre os veículos (V2V) e entre veículos e infraestrutura (V2I) para a prevenção de acidentes, o que tem como finalidade melhorar a mobilidade e a sustentabilidade ambiental. Desta forma,

um carro conectado pode ser definido como “a presença de dispositivos num automóvel que conectam com dispositivos, redes e serviços exteriores, incluindo outros carros, casa, escritório ou infraestrutura” (Khair Jadaan et al., 2017).

Nos dias de hoje, Khair Jadaan et al. (2017) referem que existem duas abordagens sobre o futuro dos veículos conectados: a abordagem da Google, na qual os veículos conectados são vistos como totalmente automatizados, também chamados de veículos autónomos (VA) utilizando conectividade para dirigir sozinhos e, a abordagem dos fabricantes de veículos nos EUA, onde os veículos conectados ainda possuem controlo enquanto utilizam a conectividade contínua em tempo real entre veículos e infraestrutura.

As comunicações V2V compreendem uma rede sem fios, onde os automóveis enviam mensagens entre si com informações sobre o que estão a fazer. Esses dados incluem velocidade, localização, direção de deslocamento, perda de estabilidade sendo que o alcance é de até 300 metros ou cerca de 10 segundos em velocidades de estrada, podendo então, ser referido como um método de comunicação preciso e confiável. (Jin e Orosz, 2014).

Todo este contexto tecnológico está em permanente evolução e os sistemas de transporte de VA estarão na ordem do dia, caminhando para os drones e camiões de entrega independentes e tem como principal benefício as implicações para a segurança rodoviária, as entregas pontuais e a redução de acidentes de carro (Khair Jadaan et al., 2017).

Neste âmbito, os mesmos autores relatam ainda que a Mercedes-Benz tem o lançamento de um protótipo de camião semiautónomo planeado para 2025. Além disso, a Tesla está a desenvolver um software, denominado software FSD Beta, o qual permite ao condutor introduzir uma localização no sistema de navegação e o veículo dirigir-se-á até ao local com supervisão constante do motorista, que permanece responsável e precisa estar sempre pronto para assumir o controlo.

Estes VA possuem uma variedade de sensores que observam os seus arredores, tais como câmaras termográficas, radar, lidar, sonar, GPS, odometria e unidades de medição inercial. Concomitantemente, outros sistemas de controle avançados interpretam estas informações sensoriais e identificam os trajetos de navegação adequados, assim como os obstáculos e a sinalização relevante. Prevê-se ainda, como tecnologia futura que estes veículos tenham um

impacto abrangente na indústria automobilística, saúde, bem-estar, planejamento urbano, tráfego, seguros, mercado de trabalho e outros campos (Jin e Orosz, 2014).

Khair Jadaan et al. (2017) mencionam que a autonomia destes veículos é frequentemente categorizada em seis níveis, de acordo com um sistema desenvolvido pela *Society of Automotive Engineers International*, revisto periodicamente. Os níveis SAE podem ser entendidos de forma geral como:

- Nível 0: sem automação;
- Nível 1: controlo prático / compartilhado;
- Nível 2: mãos livres;
- Nível 3: olhos desligados;
- Nível 4: mente / atenção desligadas;
- Nível 5: volante opcional.

Bergenheim et al. (2012) comentam que neste contexto de veículos automatizados a circular em estradas, também conhecido como sistema rodoviário automatizado (AHS), ou estrada inteligente, é uma tecnologia de sistema de transporte inteligente proposta, projetada para fornecer carros sem motorista em vias específicas. É mais frequentemente recomendado como meio de alívio de congestionamento de tráfego, pois reduziria drasticamente as distâncias de seguimento e o avanço, permitindo assim que um determinado trecho da estrada transportasse mais carros.

Dentro deste conceito, surge o *platooning* (navegação por pelotões), que se tem configurado num método em que um grupo de veículos trafega junto pelas estradas, o qual é destinado a aumentar a capacidade das estradas através de um sistema rodoviário automatizado.

Neste âmbito, os *platoons* (pelotões) diminuem as distâncias entre carros ou camiões usando acoplamento eletrónico e possivelmente mecânico. Essa capacidade permitiria que muitos carros ou camiões acelerassem ou reduzissem simultaneamente. Este sistema também permite um avanço mais próximo entre os veículos, eliminando a distância de reação necessária para a reação humana (Bergenheim et al., 2012).

Entre as principais vantagens deste sistema temos uma maior economia de combustível, que ocorre em função da redução da resistência do ar e da necessidade de aceleração,

desaceleração e paragem para manter o fluxo de tráfego. Além disso, o *platooning* promove uma diminuição nos congestionamentos, permite deslocamentos substancialmente mais curtos durante os períodos de pico e ainda menos colisões no trânsito (Bergnhem et al., 2012).

Entretanto, um relatório produzido pelo Ministério da Economia, Indústria e Comércio do Japão (METI, 2022) relata que este sistema pode apresentar algumas falhas de tráfego, nomeadamente pela invasão por computadores remotos. O relatório também ressalva que estes sistemas devem ser implementados de forma gradual, pois os motoristas podem estar menos atentos e não serem capazes de reagir a situações adversas se o *software* ou *hardware* falhar.

Machine Learning e Big Data

O *Big Data* e o *Machine Learning* tornaram-se a razão por trás do sucesso de vários setores. Ambas as tecnologias estão a tornar-se populares dia-a-dia entre todos os cientistas de dados e profissionais (Bergnhem et al, 2012).

O *Big Data* é um termo usado para descrever imensos volumes de dados, que são de difícil gestão, os quais podem ser em alguns casos estruturados ou não estruturados. Considerando que, o *machine learning* é um subcampo da IA que permite que as máquinas aprendam e melhorem automaticamente a partir da experiência/dados passados, o *Big Data* e o *machine learning* podem atuar no sistema de transporte prevenindo falhas e promovendo uma otimização na manutenção de equipamentos, que poderá ser, muitas vezes, uma manutenção preditiva do sistema (METI, 2022).

Khair Jadaan et al. (2017) referem que o *Big Data* e o *machine learning* estão a revolucionar muitas indústrias e análises de logística. Com a ajuda destas ferramentas, o trajeto pode ser otimizado e toda a cadeia de abastecimento passa a ser transparente, beneficiando tanto as empresas de logística, quanto as de transporte.

As empresas de logística e transporte beneficiam de um nível mais alto de confiabilidade por meio do *Big Data*, e a entrega de bens e serviços fornece dados críticos com relatórios, análises em tempo real, processos aprimorados e maior visibilidade.

A gestão de dados por *Big Data* e o *machine learning* permite armazenar e analisar informações de tráfego e dados meteorológicos de sensores, monitores e sistemas de previsão.

Possibilita ainda a realização de um diagnóstico apurado do veículo, em conjunto com a avaliação dos padrões de condução do motorista, além da localização do veículo em tempo real.

Naquilo que tange aos agentes externos o *Big Data* e o *machine learning* possibilitam a gestão de dados de média social e de navegação do site, constituindo também uma ferramenta de relacionamento com os clientes.

2.4. Conclusão

É possível compreender a dimensão de todo o impacto negativo a nível ambiental derivado do transporte rodoviário de mercadorias. As empresas que se comprometem com as suas responsabilidades sociais e dos seus parceiros de negócio, devem conduzir as estratégias e ações apropriadas de forma a serem as mais competitivas e adversas ao risco.

No cenário atual, de constante mudança, a tendência geral é facilmente identificável com pesquisas adequadas, mas é tarefa difícil ser preciso e identificar corretamente as tecnologias e plataformas que serão cruciais amanhã.

Embora as mudanças estejam a acontecer a um ritmo alucinante, ainda é prudente que as empresas sejam sábias e cuidadosas com os seus investimentos. O veredicto é claro sobre os tipos de ações necessárias para aumentar ainda mais a produtividade e combater as alterações climáticas. No entanto, há ainda uma falta de clareza governamental que podem estar a comprometer grandes investimentos em tecnologias únicas e é neste sentido que surge este trabalho de investigação.

CAPÍTULO III

3. Metodologia

A partir desta etapa, realizar-se-á a proposição dos procedimentos metodológicos que possibilitarão concretizar esta investigação. Inteiramente em consonância com Hadji, que nos informa que:

Só há boa metodologia quando adaptada aos seus objetivos. O essencial é, pois, se pretendemos conferir credibilidade à avaliação, precisar com o que é que se joga, tanto no que respeita às intenções que presidem à sua realização, como em relação ao uso que será feito socialmente dos seus resultados.

(Hadji, 1993:51)

Neste contexto, Hadji (1993) refere a importância desta fase em toda a dissertação, pois é nesta etapa que se deve operacionalizar o estudo, de forma a delinear de maneira precisa o tipo de estudo, estabelecer as definições operacionais das variáveis, escolher o meio e a população onde irão se desenrolar o estudo. O mesmo autor relata que:

A metodologia consiste no “conjunto dos métodos e das técnicas que guiam a elaboração do processo de investigação científica”, ou seja, “é um plano criado pelo investigador com vista a obter respostas válidas às questões de investigação colocadas ou às hipóteses formuladas”.

(Hadji, 1993:38)

Desta forma, é essencial entender que a metodologia e as técnicas utilizadas para estudar uma determinada questão, irão depender sempre do tipo de investigação que se pretende realizar.

Azevedo (2008) refere ainda a importância da metodologia pois esta serve de guia para a investigação, para além disso evidencia que os métodos utilizados devem justificar as “metodologias que vão ser utilizadas e os participantes ou informantes, que formam a amostra da população a investigar”.

Fortin (2009) refere que é na fase da Metodologia que se deve operacionalizar o estudo, ou seja: precisar o tipo de estudo, as definições operacionais das variáveis, o meio onde se desenrola o estudo e a população deste mesmo estudo.

Como explica Fortin (2009, p.72), a metodologia consiste no “conjunto dos métodos e das técnicas que guiam a elaboração do processo de investigação científica”, acrescentando ainda que, “é um plano criado pelo investigador com vista a obter respostas válidas às questões de investigação colocadas ou às hipóteses formuladas”.

Assim sendo, a metodologia, bem como as técnicas utilizadas para estudar uma determinada questão, irão sempre submeter-se ao tipo de investigação que se planeia realizar.

Em consonância com esta ideia, Bell (1997) assegura que uma investigação deve ser conduzida sempre com o objetivo de resolver problemas e alargar os conhecimentos acerca de um determinado tema, sendo, portanto, um processo que tem como objetivo enriquecer o conhecimento já existente.

Neste cenário, Bell (1997) relata que existem sempre questões epistemológicas acopladas à investigação, nomeadamente:

- i) **O quê:** natureza do objeto da investigação;
- ii) **O como:** questões sobre a relação investigador/objeto de pesquisa;
- iii) **O porquê:** finalidade da atividade científica e aspetos inovadores da investigação.

Em função do objetivo principal da investigação consistir em avaliar se as empresas portuguesas conhecem e estão a apostar em inovações tecnológicas com vista à sustentabilidade ambiental e à redução das emissões de gases com efeito de estufa.

Nesse sentido, foram formuladas as seguintes questões de investigação a serem estudadas:

1. As empresas portuguesas têm conhecimento das vantagens e tecnologias que estão disponíveis, e têm realizado investimentos em tecnologia para reduzir a pegada ambiental?
2. As empresas portuguesas não conhecem as vantagens e não têm realizado investimentos em tecnologia para reduzir a pegada ambiental e não estão sensibilizadas com a questão da sustentabilidade e os impactos ambientais que advém da atividade?
3. As empresas portuguesas têm conhecimento das vantagens e tecnologias que estão disponíveis, as quais podem contribuir para reduzir a pegada ambiental, mas não têm realizado investimentos?
4. As empresas portuguesas não têm conhecimento das vantagens e tecnologias que estão disponíveis e não estão sensibilizadas com a sustentabilidade ambiental?

3.1. Instrumento de recolha de informação e análise de dados

Iniciou-se este trabalho com uma extensa revisão da literatura disponível sobre o tema, incluindo diversos artigos e estudos científicos, manuais e relatórios.

Seguidamente, elaborou-se um questionário, com recurso à plataforma *Google Forms*, com perguntas fechadas e abertas, direcionadas a responder à pergunta de partida e a testar as hipóteses apresentadas anteriormente.

Antes de aplicar o questionário às empresas, foi efetuado um estudo piloto, onde se procurou testar a aplicabilidade do mesmo, verificar a existência de falhas ou possíveis problemas de interpretação.

O questionário foi enviado via email à população de empresas selecionadas, e a fase de investigação decorreu durante um período de quatro meses. Esta listagem de empresas a contactar teve por base o Ranking de empresas de transporte rodoviário de mercadorias, de 2019 (disponível em <https://ranking-empresas.dinheirovivo.pt/sector-H49410>) e todos os contactos foram extraídos através dos *websites* institucionais de cada empresa.

Posteriormente ao período de recolha de dados, procedeu-se ao tratamento estatístico dos dados obtidos com recurso à ferramenta Excel do *software* Microsoft Office 2019®, e a validação dos parâmetros de pesquisa foi feita com base na ferramenta online de cálculo por amostra (disponível em <https://comentto.com/calculadora-amostrai/>).

O questionário foi estruturado essencialmente em quatro grupos, um primeiro onde se pretende obter a identificação de quem está a responder ao questionário, o segundo grupo onde pretende obter a caracterização das empresas, o terceiro grupo onde se abordam questões relativas a estratégias e adoção de medidas e práticas sustentáveis e, por fim, no último grupo de questões tenta-se compreender o posicionamento das empresas face às inovações tecnológicas disponíveis. O questionário encontra-se disponível para consulta nos anexos deste trabalho.

3.2. Seleção da amostra

De acordo com dados da UE de 2019, existem cerca de 7853 empresas de transporte rodoviário de mercadorias em Portugal, distribuídas de acordo com a **Figura 7**.

Portugal	
■ Small enterprises	98.7 %
■ Medium enterprises	1.1 %
■ Large enterprises	0.2 %

Figura 7: *Classe de empresas de transporte rodoviário em Portugal (fonte: UE 2019)*

Foram seleccionadas para este estudo apenas as grandes e médias empresas (1,3%) por serem, à partida, aquelas que apresentam maior capacidade económica e que se podem posicionar melhor a nível de investimentos expressivos, correspondendo assim a uma população de 103 empresas, às quais foi enviado via email o questionário desenvolvido.

Durante o período de investigação e recolha de respostas, que decorreu entre maio e setembro, foram obtidas respostas de 12 empresas, representando um total de 12% da população, definindo assim a amostra final a analisar.

Com base nos parâmetros de pesquisa apresentados, obteve-se para um nível de confiança de 90% uma margem de erro de 19%, o que nos permite afirmar que o estudo é fiável e significativo.

CAPÍTULO IV

4. Análise e discussão dos resultados

Neste capítulo será feita a apresentação e discussão dos resultados obtidos, começando pela caracterização da amostra, e todos os resultados obtidos nas questões elaboradas. Não é objetivo deste trabalho, efetuar relações dos dados com as várias empresas em questão, daí que os dados são apresentados de um modo global e não de forma individualizada.

4.1. Caracterização da amostra

A primeira parte do questionário centra-se na caracterização da amostra, na qual foi recolhida informação relativa à localização, início de atividade da empresa, tipo de serviços, dimensão, volume de negócios e caracterização da frota.

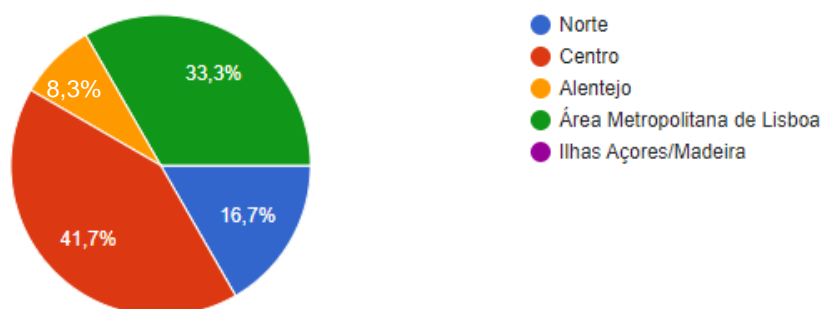


Gráfico 1: *Localização geográfica das empresas*

Relativamente à localização geográfica das empresas, é possível verificar no **Gráfico 1** que a amostra é diversa. Foram obtidas respostas de todas as regiões, exceto das ilhas Açores e Madeira, sendo que a maioria se situa no centro do país e as restantes entre a área metropolitana de Lisboa, Norte e Alentejo (8,3%).



Gráfico 2: Tipo de serviço prestado por ano de início de atividade

No que diz respeito ao tipo de serviço prestado, apenas uma das empresas desempenha serviço nacional com início de atividade em 2014, sendo que as restantes 11 desenvolvem o seu negócio quer a nível nacional, quer internacional, todas estas com data de início anterior ao ano 2000, de acordo com o **Gráfico 2**, o que demonstra serem empresas com um vasto período de experiência no setor de atividade.

Tabela 1: Relação entre dimensão das empresas e número de trabalhadores

Dimensão	Número	Percentagem
Média (50-250)	7	58%
Grande (+ 250)	5	42%
Total	12	100%

Na **Tabela 1** é possível ver a dimensão das empresas, a nível de trabalhadores, onde se conseguiu obter uma amostra equilibrada na população entre grandes e médias empresas, já que se obteve um resultado de 58% de médias empresas, (50 a 250 trabalhadores), e de 42% de grandes empresas.

Já no que refere ao volume de negócios, a maioria das empresas analisadas (58%) apresentam um volume anual de negócios entre os 10 e 20M€, sendo que apenas uma empresa compreende um volume anual superior a 50M€, conforme a **Tabela 2**.

Tabela 2: *Volume de negócios anual*

Volume de negócios anual	Número	Percentagem
Até 10M€	1	8,33%
Entre 10M€ - 20M€	7	58,33%
Entre 20M€ - 50M€	3	25,00%
Mais de 50M€	1	8,33%
Total	12	100%

Quanto à caracterização da frota de veículos das empresas, procurou-se analisar diferentes indicadores, como os quilómetros percorridos anualmente (**Tabela 3**). Ao serem cruzados os dados referentes ao volume de negócios anual com os quilómetros anuais percorridos, percebe-se que ambas as variáveis se relacionam diretamente uma com a outra: para 58% das empresas o intervalo de volume de negócios corresponde ao mesmo intervalo de quilómetros (**Tabela 4**). Quanto ao tipo de frota (própria, subcontratada ou ambas) e categorias (**Tabela 5**) a amostra aparece mais dividida, entre a frota própria e a subcontratada. Na **Tabela 6** podem-se observar os resultados obtidos relativamente ao tamanho da frota, sendo que 6 das empresas referem entre 100 e 250 viaturas pesadas de mercadorias e 4 referem mais de 250 viaturas, o que demonstra, uma vez, a dimensão e capacidade das empresas analisadas.

Tabela 3: *Caracterização dos km percorridos por ano*

Distância anual percorrida	Número	Percentagem
Até 10 Mkm	1	8%
Entre 10 Mkm e 20 Mkm	8	67%
Entre 20 Mkm e 50 Mkm	2	17%
Mais de 50 Mkm	1	8%
Total	12	100%

Tabela 4: *Relação entre km percorridos e volume de negócios anual*

km / ano	Volume de negócios anual				Total
	10 - 20 M€	20 - 50 M€	Até 10M€	+ 50M€	
Até 10 Mkm	0%	0%	8%	0%	8%
10 Mkm - 20 Mkm	42%	25%	0%	0%	67%
20 Mkm - 50 Mkm	17%	0%	0%	0%	17%
Mais de 50 Mkm	0%	0%	0%	8%	8%
Total	58%	25%	8%	8%	100%

Tabela 5: *Relação entre categoria e tipo de frota*

Categoria	Própria	Subcontrato	Ambas	
Apenas Pesados de mercadorias	4	1	3	
Ligeiros e pesados	2	0	2	
Total	6	1	5	12

Tabela 6: *Categoria da frota por número de viaturas*

Categoria / número de viaturas	< 100	100-250	+ 250	
Apenas Pesados de mercadorias	0	6	2	
Ligeiros e pesados	2	0	2	
Total	2	6	4	12

4.2. Sustentabilidade e preocupações ambientais

Numa segunda parte, foram abordadas questões relativas às práticas de sustentabilidade ambiental, de forma a compreender a preocupação das empresas e as suas estratégias de atuação, nas quais se obtiveram os resultados que seguem.

De acordo com o **Gráfico 3**, são 75% das empresas analisadas que referem já ter implementado nas ações e planos da empresa o conceito de sustentabilidade ambiental, sendo que os restantes 25% referem que se encontram em fase de implementação.

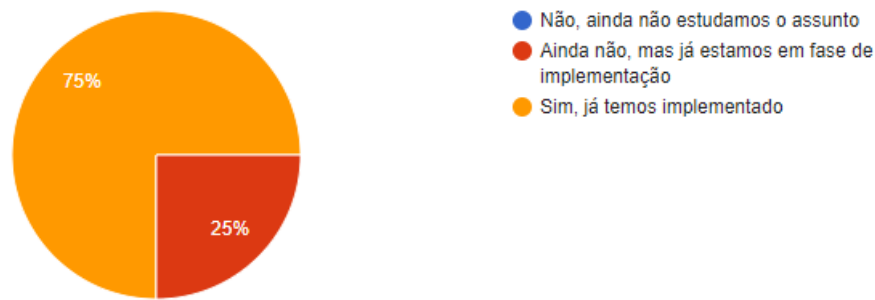


Gráfico 3: *Conceito de sustentabilidade ambiental nas ações e planos da empresa*

A nível de adoção de medidas sustentáveis, os resultados apresentados no **Gráfico 4** demonstram que o foco das empresas se centra essencialmente na redução do consumo de energia bem como na redução das emissões de gases com efeito de estufa. Com este dado pretende-se demonstrar a importância e relevo que as políticas ambientais estão a ganhar dentro das empresas.

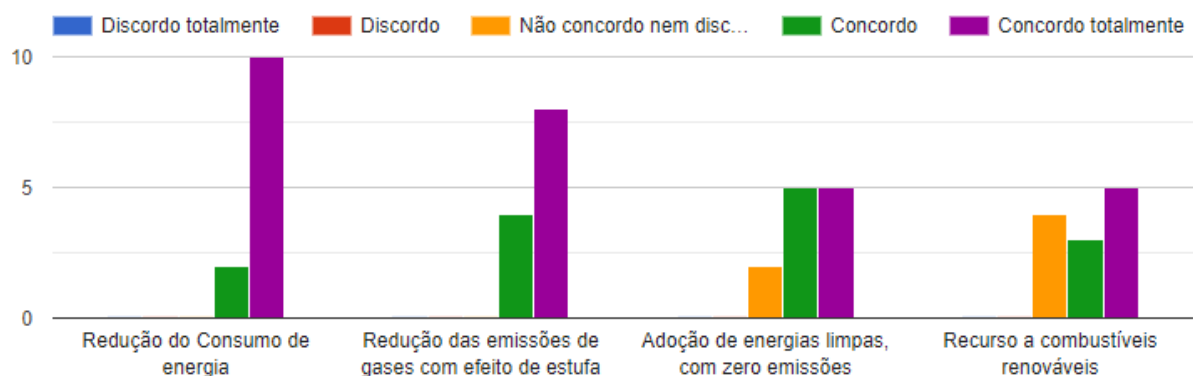


Gráfico 4: *Foco da adoção de medidas sustentáveis*

Também a nível de estratégias, a maioria das empresas reflete as suas preocupações ambientais no planeamento de consolidação de cargas e gestão de rotas de transporte, aparecendo em terceiro lugar o uso de combustíveis renováveis, conforme podemos verificar no **Gráfico 5**. Importa salientar que estas alternativas são possíveis atualmente pela evolução tecnológica, de desenvolvimento de softwares e disponibilidade de soluções informáticas que contribuem para uma melhoria das práticas ambientais e da competitividade das empresas.

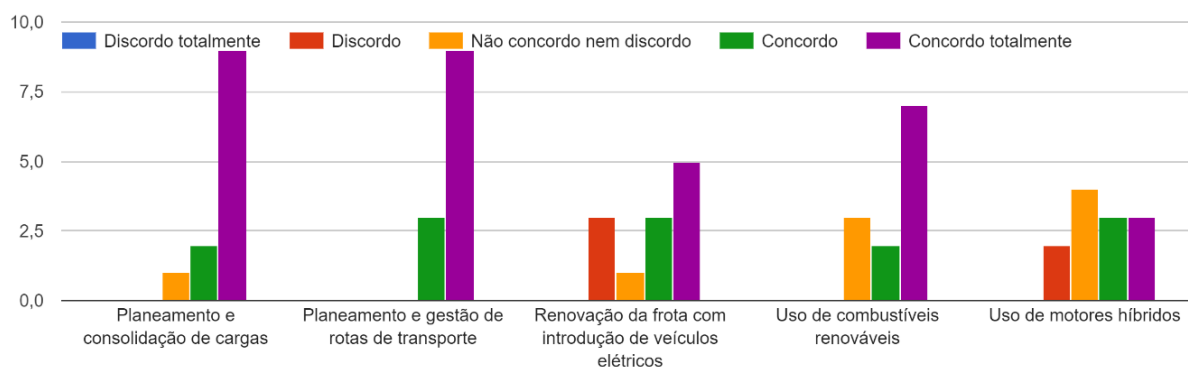


Gráfico 5: *Estratégias e preocupações ambientais*

Nesta mesma parte do questionário foram ainda abordados quais os principais fatores impulsionadores, bem como os principais obstáculos sentidos pelas empresas no que diz respeito à implementação de políticas sustentáveis.

Na **Tabela 7** podemos verificar que as empresas destacam, como fatores impulsionadores mais importantes, por um lado as exigências e objetivos definidos pela gestão de topo e por outro os apoios financeiros e governamentais. No entanto, este ponto parece ser ambíguo entre as respostas obtidas, já que os resultados se dividem entre 4 empresas a indicar como muito importante, e 6 empresas a considerar pouco importante. Como ponto pouco ou nada importante destaca-se a necessidade de demonstração social da empresa.

Tabela 7: *Fatores impulsionadores da adoção de medidas sustentáveis*

	Muito importante	Importante	Indiferente	Pouco importante	Nada importante
Exigências e objetivos definidos pela administração	6	-	2	2	2
Demonstração de responsabilidade social	-	2	2	5	3
Regulamentação governamental	1	3	5	3	-
Contribuir para a redução do aquecimento global	1	7	2	1	1
Apoios financeiros e subsídios governamentais	4	1	1	6	-

Quanto aos principais obstáculos na adoção de medidas sustentáveis, descritos na **Tabela 8**, as empresas destacam como mais importante os custos financeiros iniciais elevados e a falta

de garantias nas alternativas disponíveis. Como pouco ou nada importante sobressaem a falta de recursos humanos apropriados e a complexidade das medidas adotadas. A maioria das empresas selecionou ainda como indiferente a falta de conhecimento e informação das opções disponíveis.

Tabela 8: *Principais obstáculos na adoção de medidas sustentáveis*

	Muito importante	Importante	Indiferente	Pouco importante	Nada importante
Custos financeiros iniciais elevados	8	2	-	-	2
Falta de recursos humanos apropriados	-	3	3	4	2
Falta de conhecimento e informação de opções	-	1	9	2	-
Complexidade das medidas implementadas	1	5	2	4	-
Falta de apoio da Gestão de Topo	-	1	-	-	3
Alternativas sem qualidade / falta de garantias	5	2		3	2
Resistência à mudança	1			2	2

Após a análise dos dados obtidos neste grupo de questões, podemos retirar que as empresas portuguesas demonstram estar sensibilizadas com a problemática da sustentabilidade ambiental e os impactos negativos que advém da atividade e incluem nas suas estratégias medidas que minimizem esses efeitos negativos. Neste sentido podemos responder de forma negativa às questões de investigação n.º 2 e n.º 4, apresentadas no primeiro capítulo.

4.3. Tendências tecnológicas

Na última parte do questionário foram desenvolvidas algumas questões que permitissem perceber a importância e o impacto das opções tecnológicas disponíveis nas empresas.

Na **Tabela 9** podemos verificar que a maioria das empresas estão de acordo com a maioria dos pontos apresentados, salientando o conhecimento das diferentes opções que contribuem para a descarbonização do setor e que os fatores ambientais, sociais e políticos desempenham um papel importante quando ponderam adotar novas tecnologias. Por outro

lado, verifica-se uma maior discordância quando questionadas se renovaram ou planeiam renovar a frota recorrendo a VE.

De notar ainda que metade das empresas se mostra indiferente quando questionadas se recorrem a um plano operacional de investimentos.

Tabela 9: *Importância das novas tecnologias para as empresas*

	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
A administração da empresa conhece e está atualizada com as diferentes opções tecnológicas que contribuem para a descarbonização do transporte rodoviário e procura aplicá-las.	-	-	-	3	9
Os fatores ambientais, sociais e políticos desempenham um papel importante quando pensam em adotar tecnologias inovadoras	-	-	2	9	1
O resultado final é o mais importante ao adotar tecnologias inovadoras	-	-	3	4	5
As melhorias nos resultados obtidos, pela implementação de tecnologia são um fator de peso para determinar os investimentos em operações	-	-	2	4	6
A empresa investiu ou pensa investir em inovações tecnológicas como forma de reduzir a pegada carbónica	-	-	1	7	4
A empresa renovou ou planeia renovar a frota de veículos e recorreu a veículos elétricos	1	3	2	3	3
A empresa elabora e recorre a um plano operacional de investimento em tecnologias de transporte	-	-	6	5	1

Quando questionadas sobre quais as tecnologias que seriam mais promissoras a opção que mais se destaca são sem dúvida as células de H₂ e o gás natural, seguido dos veículos híbridos, ficando por fim com apenas uma resposta os VE, sendo que, nesta questão, podiam ser selecionadas no máximo duas opções. Estes dados remetem-nos para a abordagem teórica

que foi anteriormente contextualizada, onde a maioria dos autores defende que as células de H₂ estão a ganhar destaque nas empresas, face às limitações que os VE ainda apresentam. Os resultados obtidos podem ser observados no **Gráfico 6**.

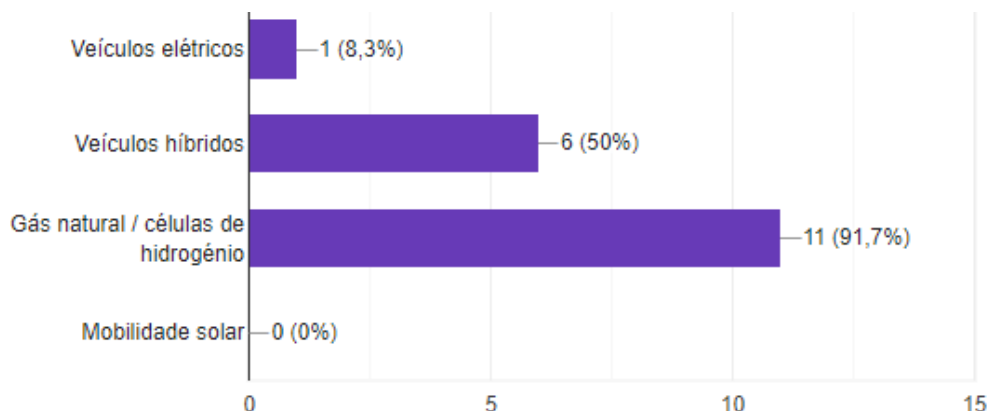


Gráfico 6: Tecnologia mais promissora, em alternativa aos combustíveis fósseis

Na pergunta seguinte, procurou-se perceber quando foi o último investimento tecnológico em transportes levado a cabo pelas empresas, sendo que todas as respostas compreendem os últimos dois anos e por isso bastante recentes, conforme a **Tabela 10**.

Tabela 10: Último investimento em novas tecnologias

Ano do último investimento tecnológico em transportes	Número de respostas
2021	5
2022	7

Também se procurou apurar qual o valor médio anual despendido em tecnologias de transportes. Os dados apresentados na **Tabela 11** demonstram que 42% das empresas refere investimentos entre os 100K e 200K €, sendo que 17% referem investimentos anuais superiores a 1M€, e 33% das empresas analisadas optaram por não responder a esta questão.

Tabela 11: Percentagem média anual de investimento em tecnologia

Percentagem média anual de investimento em tecnologia	
100 - 200 k€	42%
200 k€ - 1 M€	8%
≥ 1M€	17%
Não respondeu	33%

Cruzaram-se os dados obtidos na tabela anterior com os dados relativos ao volume de negócios anual, de forma a tentar perceber que relação poderia haver entre ambas as variáveis e as empresas que mais investem em tecnologia são as que apresentam maior volume de negócios, no entanto, tal não foi possível apurar já que as empresas com maior volume de negócios foram as que optaram por não indicar o valor de investimento.

Os resultados obtidos encontram-se representados no **Gráfico 7**.

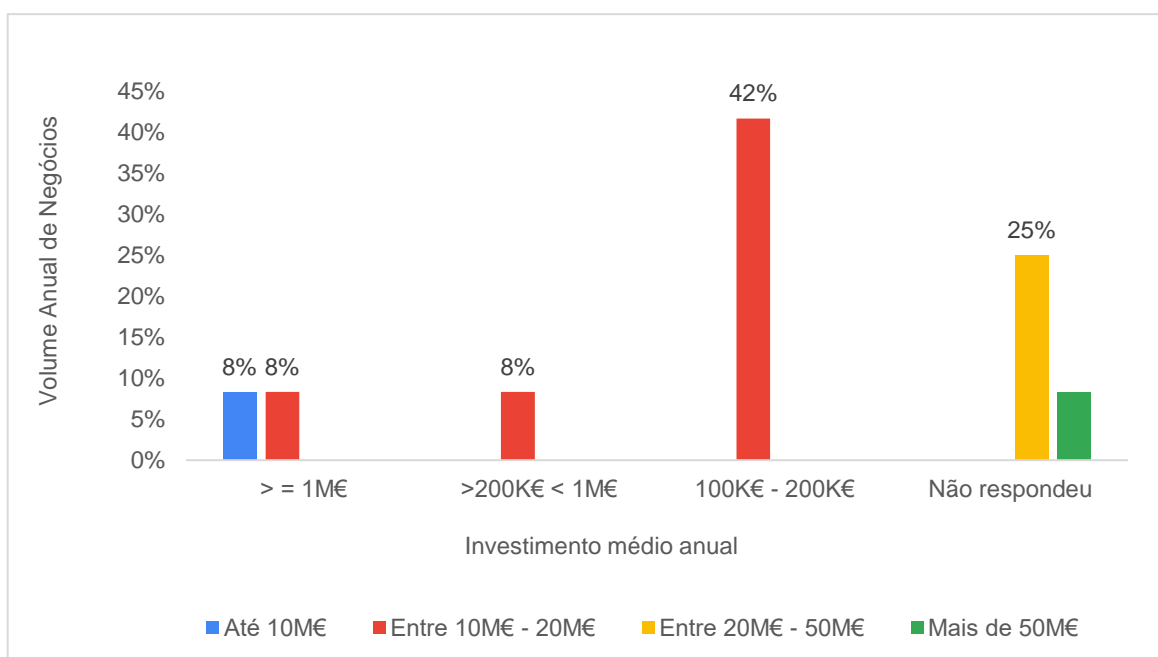


Gráfico 7: *Relação entre volume anual de negócios e investimento médio anual*

Neste sentido, procurou-se perceber quais os resultados que as empresas esperam obter com os seus investimentos, cujos resultados se encontram descritos na **Tabela 12**.

Tabela 12: *Quais os resultados que esperam obter com os investimentos realizados*

	Muito importante	Importante	Indiferente	Pouco importante	Nada importante
Redução e controlo de custos	7	2	2	-	-
Demonstração pública do compromisso social	-	-	2	6	3
Melhoria do desempenho ambiental	3	6	1	2	-
Satisfação de critérios de investimento	1	1	2	1	2
Manutenção da competitividade no mercado global	1	2	4	2	-
Melhoria da imagem da empresa	1	1		6	-

Como resultados mais importantes destaca-se a redução e controlo de custos, uma vez mais ao encontro das referências bibliográficas abordadas, e a melhoria no desempenho ambiental. Com menor importância a nível de resultados esperados destacam-se a demonstração pública de compromisso social e a melhoria da imagem da empresa.

Por fim, colocou-se a questão relativamente à previsão das empresas conseguirem alcançar a neutralidade carbónica com zero emissões e as respostas foram divididas. Conforme o **Gráfico 8** verificamos que 66,7% prevê que tal aconteça em 2040, 25% em 2050 o que demonstra alguma confiança e otimismo por parte das empresas, enquanto apenas 8,3% prevê alcançar a neutralidade carbónica em 2030.

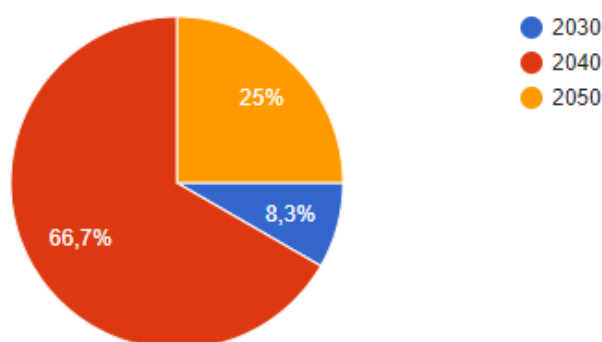


Gráfico 8: *Quando esperam alcançar a neutralidade carbónica (zero emissões)*

Com a análise destes dados, podemos afirmar que as empresas nacionais têm realizado investimentos em tecnologia, com vista à sustentabilidade ambiental e à redução das emissões de GEE e, neste sentido, pode-se responder negativamente à questão de investigação n.º 3 e destaca-se com resposta positiva neste estudo a questão de investigação n.º 1 – As empresas portuguesas têm conhecimento das vantagens e tecnologias que estão disponíveis, e têm realizado investimentos em tecnologia para reduzir a pegada ambiental?

CAPÍTULO V

5. Conclusões

Este trabalho de dissertação, foi desenvolvido com o intuito de tentar responder à questão de partida: “As empresas de transporte rodoviário de mercadorias, em Portugal, recorrem às novas tecnologias para adotarem um comportamento ambiental mais sustentável?”, tendo por foco as grandes e médias empresas. Para se ver respondida à pergunta inicial foi, em primeiro lugar, desenvolvida toda a base bibliográfica fazendo o enquadramento do estudo, e numa segunda fase, com recurso ao questionário desenvolvido, foi recolhida a informação de médias e grandes empresas nacionais de transporte de mercadorias.

No seguimento da análise e discussão dos resultados obtidos, apresentados no capítulo anterior, considera-se que o objetivo principal foi alcançado podendo então concluir-se positivamente, ou seja, que de facto as grandes e médias empresas portuguesas conhecem e estão a apostar em inovações tecnológicas com vista ao transporte sustentável de mercadorias.

Relativamente às outras questões, podemos concluir que a maioria das empresas em estudo compreende a importância de incluir estas práticas na definição das suas estratégias, sobretudo na gestão de rotas e planeamento e consolidação de cargas, o que vai ao encontro de alguns autores referenciados na fundamentação teórica deste estudo.

Também relativamente à importância de políticas e apoios governamentais, as empresas analisadas consideram-nas como críticas e fundamentais para alcançar as metas europeias, destacando como principais obstáculos os custos financeiros elevados e a falta de garantias das alternativas disponíveis.

As empresas analisadas revelam ainda que investem em opções tecnológicas de forma a reduzir as suas emissões de gases com efeito de estufa sendo que, as razões que levam as empresas a investir são: a melhoria no desempenho ambiental, o controlo de custos e a consequente obtenção de vantagens competitivas.

Quanto às inovações tecnológicas disponíveis atualmente, o H₂ ganha uma posição de destaque e poderá ter um papel chave para a transição energética pois possui capacidade de armazenamento e flexibilidade de poder ser usado não só no transporte rodoviário como em diversos setores da economia, sendo visto como a melhor solução para os veículos pesados.

Claramente, o setor dos transportes terá de fazer grandes mudanças num curto espaço de tempo. O setor empresarial tem um papel crucial a desempenhar na criação de produtos e inovações que possam ajudar a cumprir as metas da UE para 2050 de atingir a neutralidade carbónica. A descarbonização tem sido um grande desafio para a indústria automóvel e a previsão é que este efeito negativo deve piorar com o aumento da frota global de veículos, proveniente do aumento da população global.

Abraçar a tecnologia de forma a tirar o melhor partido e beneficiar com as melhores soluções tecnológicas é indispensável para um setor que se quer competitivo, moderno e capaz de responder a desafios de uma economia cada vez mais globalizada. Neste sentido as empresas devem garantir que as infraestruturas assentem em soluções tecnológicas de execução ágil, dimensionável e interligada.

Nos últimos anos tem-se assistido a um incremento na abordagem dos assuntos relacionados com a sustentabilidade ambiental e a redução da pegada carbónica, o que ficou a dever-se não só a uma maior consciencialização ambiental e social do utilizador, mas também a uma tomada de consciência das empresas quanto às enormes potencialidades e oportunidades que o ajustamento a um novo paradigma pode trazer globalmente às empresas. Também o surgimento da responsabilidade social de uma empresa é um dos conceitos que assenta no compromisso das empresas para com a sociedade, e que hoje tem um lugar de destaque na agenda mundial.

As inovações tecnológicas desafiarão cada vez mais o paradigma da mobilidade baseada em motores de combustão interna, uma vez que não é possível aumentar a sua eficiência para atingir os requisitos de emissões. No entanto, devido às várias incertezas políticas está longe de ser claro quão rápido e radical será a penetração no mercado destes veículos de energia alternativa, embora a maioria das previsões lhes dê um papel preponderante até 2050.

Neste contexto, o armazenamento de energia é visto como o gargalo da evolução técnica dos veículos de emissão zero já que a maior limitação é a baixa autonomia das baterias aliada ao elevado tempo de carga, no entanto, já se começam a dar passo importantes para contornar estas limitações, surgindo como opção alternativa, especialmente para o transporte pesado de mercadorias, as células de combustível de H₂, cujo único subproduto é a água.

Não restam dúvidas que o desenvolvimento tecnológico é necessário e inerente à redução da pegada ambiental e, apesar da resistência das empresas estas estão a procurar adaptar-se às exigências da sociedade na resolução das alterações climáticas, dos mercados e ao cumprimento das medidas legislativas pois embora impliquem importantes investimentos, estas reportam, a médio e longo prazo, vantagens competitivas e benefícios económicos. As tecnologias já se encontram disponíveis, a questão temporal prende-se com a aceitação e os apoios às empresas.

Por fim, podemos afirmar que o transporte de mercadorias pode contribuir decisivamente para a redução da pegada ambiental, quer através de ações concretas operacionais, como o planeamento de rotas, a redução do consumo de energia, quer pela adoção de soluções tecnológicas.

Desta forma se concluí este trabalho, com o sentimento de que tudo foi feito para cumprir os objetivos inicialmente propostos, apesar de não ter sido possível obter o número de respostas desejado.

Este trabalho fica à disposição da comunidade académica para servir como base de comparação, de evolução ou adaptação a prisms diferentes, assim como para poder ser daqui retirada informação útil para novos estudos.

5.1. Limitações e sugestões de investigação

A principal limitação ao longo deste trabalho foi a fraca adesão das empresas ao questionário divulgado, resultando num número de respostas inferior ao previsto, face ao universo de médias e grandes empresas em Portugal. Assim, como sugestões de futuras linhas de investigação propõe-se um estudo mais abrangente, recorrendo a entrevistas ao invés do questionário, que permita uma análise de empresas nacionais e internacionais, observando as semelhanças e diferenças nos resultados obtidos.

BIBLIOGRAFIA

A. Alam, B. Besselink, V. Turri, J. Mårtensson and K. H. Johansson, "Heavy-Duty Vehicle Platooning for Sustainable Freight Transportation: A Cooperative Method to Enhance Safety and Efficiency," in *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 35, no. 6, pp. 34-56, Dec. 2015, doi: 10.1109/MCS.2015.2471046.

Abreu, V. A. M. C. (2018). *Análise ao Setor de Transporte Rodoviário em Portugal. Dissertação de Mestrado em Ciências Empresariais – Ramo da Gestão Logística*. Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Ciências Empresariais

Agência Portuguesa do Ambiente – APA. (2021) *Relatório de Estado do Ambiente*. Disponível em: <https://rea.apambiente.pt/content/ultimaedicao?language=pt-pt> . Acesso em 2/04/2022

Bell, J. (1997). *Como realizar um projeto de investigação: um guia para a pesquisa em ciências sociais e da educação*. ISBN:972-662-524-6. Disponível em: <https://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/8169>. Acessado em 12/4/2018

Bergenheim, C., Pettersson, H., Coelingh, E., Englund, C. Steven Shladover, Sadayuki Tsugawa, "Overview of Platooning Systems", ITS World Congress, Vienna, 22–26 October 2012

Carvalho, J. C. (2012). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Edições Sílabo.

Carvalho, J. M. C (2017) *Logística e Gestão na cadeia de Abastecimentos* -Edições Sílabo. Lisboa, ISBN9789726185987

CASTRO, Laira Augusta Freitas. *Análise de veículos elétricos no setor de logística em centros urbanos*. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Nove de Julho, São Paulo

Castro, B. H. R.; Barros, D. C.; Veiga, S. G. (2018). *Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global*. BNDES Setorial 37, p. 443-496

Comissão Europeia. (2010). *Orientações para a política de segurança rodoviária 2011-2020*

Comissão Europeia. (2018). *União Europeia, Mercado Único*

Comissão Europeia. (2020). *Estratégia de Mobilidade Sustentável e Inteligente*

Daam, A. (2018), *Alterações Climáticas e os Transportes* – Agência Portuguesa do Ambiente

Domingos, N. (2007), "O protocolo de Kyoto: a União Europeia na Liderança do Regime de Mudanças Climáticas", Dissertação de Mestrado em Relações Internacionais, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

- Eurostat (2020) “Energy, transport and environment statistics”, <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11478276/KS-DK-20-001-EN-N.pdf/06ddaf8d-1745-76b5-838e-013524781340?t=1605526083000>
- Ferreira, V. H. M. (2013). *O Setor dos Transportes de Mercadorias em Portugal: A intermodalidade enquanto fator dinamizador das empresas exportadoras*. Dissertação de Mestrado em Economia. Faculdade de Economia da Universidade do Porto
- Fortin, M.-F. (2009). *Fundamentos e Etapas no Processo de Investigação*. Lusodidacta.
- French, Marie J. (2021). *Hydrogen heats up in New York*. Politico PRO. Consultado em 20 de setembro de 2022
- Gil, L. (2021) Política Energética no Contexto da União Europeia, *Ingenium* pág 94-98.
- Gota, S., Huizenga, C., Peet, K. et al. *Decarbonising transport to achieve Paris Agreement targets*. *Energy Efficiency* **12**, 363–386 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9671-3>
- Guido Lorenzi, Patrícia Baptista, *Promotion of renewable energy sources in the Portuguese transport sector: A scenario analysis*, *Journal of Cleaner Production*, Volume 186,2018, Pages 918-932, I SSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.057>.
- Guo, J., Zhang, Y. J., & Zhang, K. B. (2018). *The key sectors for energy conservation and carbon emissions reduction in China: evidence from the input-output method*. *Journal of Cleaner Production*, *179*, 180-190.
- Greene, S., Façanha, C. *Carbon offsets for freight transport decarbonization*. *Nat Sustain* **2**, 994–996 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0413-0>
- Grencser, Y., Akkucuk, U. (2020) *Sustainable Supply Chain Management for the Global Economy*, IGI Global
- Hensher, D.A., Button, K.J., 2003. *Handbook of transport and the environment*.
- HADJI, C. (1993). *Évaluation, règles du jeu*. Paris: ESF
- IMT, (2018), *Tráfego internacional de mercadorias - importação*. Obtido em 29 de Março de 2018, de IMT: http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Observatorio/Estatisticas/Mercadorias/Documents/2017/Trafego_internacional_Import.pdf
- Islam, D. M., Meier, J. F., Aditjandra, P. T., Zunder, T. H., & Pace, G. (2013). *Logistics and supply chain management*. *Research in Transportation Economics*, 3-16.
- Jin, F., Ding, J., Wang, J. et al. *Transportation development transition in China*. *Chin. Geogr. Sci.* **22**, 319–333 (2012). <https://doi.org/10.1007/s11769-012-0538-9>
- Jin, G I. and G. Orosz, *Dynamics of connected vehicle systems with delayed acceleration feedback*, *Transportation Research Part C* **46** (2014) 46–64.

Khair Jadaan, Sana Zeater, Yazan Abukhalil, *Connected Vehicles: An Innovativ Transport Technology*, Procedia Engineering, Volume 187, 2017, Pages 641-648, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.425>.

Lah, O. (2015). *The barriers to low-carbon land-transport and policies to overcome them*. *European Transport Research Review*, 7(1), 1-11.

Leandro, H. J. C. (2013). *Políticas Sustentáveis para o Transporte de Mercadorias na União Europeia, o Papel da Ferrovia nessas Políticas: O Caso de Portugal*. Mestrado em Políticas Europeias. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Universidade de Lisboa.

Lee, H.; Lee, K.; Lee, J.H. *The Various Effects of Technology Trade on the Sustainable Market Value of Firms in OECD Countries*. *Sustainability* 2021, 13, 12671. <https://doi.org/10.3390/su132212671>

Lopes, B. M. D. S. (2016). *Soluções tecnológicas para o transporte urbano visando a descarbonização do setor* (Doctoral dissertation).

Lowitzscha, J.; Hoickab, C. E.; Van Tuldera, F. J. (2020) *Renewable energy communities under the 2019 European Clean Energy Package – Governance model for the energy clusters of the future?* Volume 122, April 2020, 109489. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109489>

Magueta, D., Madaleno, M., Ferreira Dias, M., & Meireles, M. (2018). *New cars and emissions: Effects of policies, macroeconomic impacts and cities characteristics in Portugal*. *Journal of Cleaner Production*, 181, 178–191. doi:10.1016/j.jclepro.2017.11.243

METI (Ministry of Economy, Trade and Industry). 2022. *Successful Autonomous Driving Technology Tests for Truck Platooning*.

Meyer, T., von der Gracht, H. A., & Hartmann, E. (2021). *Technology foresight for sustainable road freight transportation: Insights from a global real-time Delphi study*. *Futures & Foresight Science*, e2101. <https://doi.org/10.1002/ffo2.101>

Mostafa Mirhedayatian, S., Yan, S., (2018) *A framework to evaluate policy options for supporting electric vehicles in urban freight transport*, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 58, Pages 22-38, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.11.007>.

Muñoz-Villamizar, A., Santos, J., Montoya-Torres, J., Velázquez-Martínez, J., (2020), *Measuring environmental performance of urban freight transport systems: A case study*, *Sustainable Cities and Society*, Volume 52, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101844>.

Muñoz-Villamizar, A., Quintero-Araújo, C., Montoya-Torres, J. & Faulin, J. (2019) *Short- and mid-term evaluation of the use of electric vehicles in urban freight transport collaborative networks: a case study*, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22:3, 229-252, DOI: [10.1080/13675567.2018.1513467](https://doi.org/10.1080/13675567.2018.1513467)

Naletina, D. (2018, November). *Road freight market in the European Union*. In *Proceedings of the International Scientific Conference, Zagreb, Croatia* (pp. 241-252).

Nunes, P., Pinheiro, F., & Brito, M. C. (2019). *The effects of environmental transport policies on the environment, economy and employment in Portugal*. *Journal of Cleaner Production*, 213, 428–439. doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.166

Noah, B. Smith, B. Park, *Traffic Signal Control with Connected Vehicles*, Paper submitted to TRB Annual Meeting 2013, November 15, 2012

Oliveira, D., (2020) *Para entender a Segunda Guerra Mundial – Síntese Histórica*, Editora Juruá.

Ramirez Camargo, L.; Gruber, K.; Nitsch, F.; Dorner, W. (2019) *Hybrid renewable energy systems to supply electricity self-sufficient residential buildings in Central Europe*. *Energy Procedia*, 158 (2019), pp. 321-326, 10.1016/j.egypro.2019.01.096

Santos, G. (2017), *Road transport and CO2 emissions: What are the challenges?*, *Transport Policy*, Volume 59, Pages 71-74, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.06.007>.

Speranza, M. G. (2018). *Trends in transportation and logistics*. *European Journal of Operational Research*, 830-836

Srivastava A., Dubey V., Hazela B. (2021) *Delivering Green Supply Chain Using Blockchain Technology for Sustainable Environment: A Survey*. In: Hassanien A.E., Bhattacharyya S., Chakrabati S., Bhattacharya A., Dutta S. (eds) *Emerging Technologies in Data Mining and Information Security*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1286. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9927-9_74

Taylor, G. D. (2007). *Logistics engineering handbook*. CRC press.

Tob-Ogu, A., Kumar, N., Cullen, J., & Ballantyne, E. (2018). *Sustainability Intervention Mechanisms for Managing Road Freight Transport Externalities: A Systematic Literature Review*. *Sustainability*, 10(6), 1923. doi:10.3390/su10061923

Thomas Haasz, Jonatan J. Gómez Vilchez, Robert Kunze, Paul Deane, David Fraboulet, Ulrich Fahl, Eamonn Mulholland, *Perspectives on decarbonizing the transport sector in the EU-28*, *Energy Strategy Reviews*, Volume 20, 2018, Pages 124-132, ISSN 2211-467X, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.12.007>

Vasiliki V. Georgatzi, Yeoryios Stamboulis, Apostolos Vetsikas, *Examining the determinants of CO2 emissions caused by the transport sector: Empirical evidence from 12 European countries*, *Economic Analysis and Policy*, Volume 65, 2020, Pages 11-20, ISSN 0313-5926, <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.11.003>.

Wagh, RV, Sane, N., 2016. *Eletrificação de veículos pesados e off-road, em: 2015*, Conferência Internacional de Eletrificação de Transporte IEEE, ITEC-Índia 2015. pp. 3–5. <https://doi.org/10.1109/ITEC-India.2015.7386907>

Wood, J. (2022). *Shaping the Future of Energy, Materials and Infrastructure*. Report of World Economic Forum. Geneva, 2022.

World Intellectual Property Organization (WIPO). *World Intellectual Property Report 2017: Intangible Capital in Global Value Chains*; WIPO: Geneva, Switzerland, 2017; Available online: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4225> (Acessado em 20 setembro 2022).

Xu Tian, Yong Geng, Shaozhuo Zhong, Jeffrey Wilson, Cuixia Gao, Wei Chen, Zhongjue Yu, Han Hao, *A bibliometric analysis on trends and characters of carbon emissions from transport sector*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 59, 2018, Pages 1-10, ISSN 1361-9209, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.009>.

Yin, R. K. (2013). *Validity and generalization in future case study evaluations*. Evaluation, 19(3), 321–332. <https://doi.org/10.1177/1356389013497081>

Zaira Navas-Angueta, Diego García-Gusano, Diego Iribarren, *A review of techno-economic data for road transportation fuels*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 112, 2019, Pages 11-26, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.041>.

Zaharia, A. (2015). *EU's road transport sector in the context of green economy*. Competitiveness of Agro-Food and Environmental Economy, 177-185.

ANEXO

Questionário

No âmbito da minha dissertação do Mestrado em Logística, do Instituto Superior de Contabilidade do Porto, em parceria com a APNOR, subordinada ao tema “Estudo do Impacto da Tecnologia no Transporte Sustentável de Mercadorias”, solicito a sua colaboração para responder a este inquérito que procura analisar o nível de comprometimento das empresas nacionais deste setor com a redução da pegada ambiental, pela implementação de políticas sustentáveis e qual o impacto da tecnologia neste processo de transição. Toda a informação recolhida neste inquérito é estritamente confidencial, sendo importante que responda com o máximo de rigor e sinceridade.

Este inquérito terá a duração de aproximadamente 10 minutos.

Grupo I – Identificação

1. Email
2. Sexo
 - a) Masculino
 - b) Feminino
3. Idade
 - a) 21-30 anos
 - b) 31-40 anos
 - c) 41-50 anos
 - d) 51-60 anos
 - e) mais de 60 anos
4. Cargo que desempenha na empresa
 - a) Direção
 - b) Gestor
 - c) Técnico
 - d) Outro (Qual? _____)

Grupo II – Identificação da Empresa

5. Localização

Norte

Centro

Alentejo

Área Metropolitana de Lisboa

Ilhas Açores / Madeira

6. Ano de início da atividade? _____

7. Tipo de serviço?

- Nacional

- Internacional

- Nacional e internacional

8. Dimensão da empresa (n.º trabalhadores)? _____

9. Volume anual de negócios da empresa? _____

10. Distância (km) anuais percorridos? _____

11. Tipo de frota utilizada pela empresa:

- Frota Própria

- Frota subcontratada

- Ambas as opções

12. Categoria da frota:

- Ligeiros de mercadorias

- Pesados de mercadorias

- Ambas as opções

13. Tamanho da frota (n.º de viaturas)? _____

14. Idade média da frota (anos)? _____

Grupo III – Sustentabilidade Ambiental

15. Sustentabilidade ambiental é um conceito já implementado nas ações e planos da empresa, bem como transversal a todos os intervenientes (desde a gestão de topo aos colaboradores).

- Não, ainda não estudamos o assunto
- Não, mas já estamos em fase de implementação
- Sim, já temos implementado

16. A empresa onde se insere adotou/planeia adotar medidas sustentáveis com vista a *(Classificar as seguintes afirmações de acordo com a escala 1 – discordo totalmente / 5 – concordo totalmente)*:

- Redução do consumo de energia
- Redução das emissões de gases com efeito de estufa
- Adoção de energias limpas com zero emissões?
- Recurso a combustíveis renováveis

17. A empresa reflete as suas preocupações ambientais nas estratégias de *(classificar as seguintes afirmações de acordo com a escala 1 – discordo totalmente / 5 – concordo totalmente)*:

- Planeamento e consolidação de cargas
- Planeamento de rotas
- Renovação da frota com introdução de veículos elétricos
- Uso de combustíveis renováveis
- Uso de motores híbridos

18. Usando uma escala de 1 a 5 classifique os seguintes fatores *(do mais importante, 1, para o menos importante, 5)*, enquanto fatores impulsionadores da adoção de políticas sustentáveis:

- Exigências e objetivos definidos pela administração
- Necessidade de demonstração de responsabilidade social da empresa
- Regulamentação governamental
- Contribuir para a redução do impacto negativo no aquecimento global

- Apoios financeiros e subsídios governamentais

19. Quais os principais obstáculos a serem ultrapassados na implementação de políticas sustentáveis (1 – *Mais importante* / 5 – *menos importante*)?

- Custos financeiros iniciais elevados
- Falta de recursos humanos apropriados
- Falta de conhecimento/informação das opções disponíveis
- Complexidade das medidas
- Falta de apoio da gestão de topo
- Alternativas sem qualidade / falta de garantias
- Resistência à mudança

Grupo IV – Tendências Tecnológicas

20. (Classificar as afirmações de acordo com a escala 1 – *discordo totalmente* / 5 – *concordo totalmente*)

- A empresa conhece/está atualizada com as diferentes opções tecnológicas que contribuem para a descarbonização do transporte rodoviário e procura aplicá-las
- Os fatores ambientais, sociais e políticos desempenham um papel importante quando pensam em adotar tecnologias inovadoras
- O resultado é o fator mais importante ao adotar por tecnologias inovadoras
- As melhorias nos resultados obtidos, pela implementação de tecnologias inovadoras são um fator de peso para determinar os investimentos em operações
- Investiu recentemente ou pensa investir em inovações tecnológicas, como forma de reduzir a pegada carbónica
- Renovou ou planeia renovar em breve a frota de veículos e recorrer a veículos elétricos
- Elabora / recorre a um plano operacional de investimentos em tecnologias

21. Ao procurar alternativas aos combustíveis fósseis, qual das seguintes tecnologias seria mais promissora para a sua empresa (*pode selecionar no máximo duas opções*)?

- Veículos elétricos
- Veículos híbridos
- Gás Natural / células de Hidrogénio
- Mobilidade solar

22. Quando foi o último investimento tecnológico em transportes levado a cabo pela empresa? _____

23. Qual o valor médio anual dos investimentos realizados em tecnologias de transporte?

24. Que resultados espera obter com os investimentos realizados em tecnologias (*classificar as seguintes afirmações de acordo com a escala 1 – discordo totalmente / 5 – concordo totalmente*)?

- Redução / controlo de custos
- Demonstração pública do compromisso social
- Melhoria do desempenho ambiental
- Satisfação de critérios de investimento
- Manter-se competitiva no mercado global
- Melhorar a imagem da empresa

25. Quando esperam conseguir alcançar a neutralidade carbónica (emissões zero)?

- 2030
- 2040
- 2050