

MESTRADO
ECONOMIA E GESTÃO DA INOVAÇÃO

**Sistema tecnológico de inovação e a
difusão do *Biodiesel* em Portugal:
Incertezas, oportunidades e desafios**

Pedro Filipe Prazeres de Babo

M

2022



SISTEMA TECNOLÓGICO DE INOVAÇÃO E A DIFUSÃO DO *BIODIESEL* EM
PORTUGAL: INCERTEZAS, OPORTUNIDADES E DESAFIOS

Pedro Filipe Prazeres de Babo

Dissertação

Mestrado em Economia e Gestão da Inovação

Orientado por

Professor Doutor José Coelho Rodrigues

2022

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste percurso não seria possível sem o contributo e apoio de várias pessoas.

Em primeiro lugar, o meu sincero agradecimento e gratidão ao Dr. José Pedro Rodrigues, pela supervisão e disponibilidade na realização deste estudo. Os seus comentários e sugestões foram cruciais à conclusão deste relatório, bem como toda a sua compreensão e apreço durante vários meses, o que se mostrou decisivo numa fase frenética da minha vida.

Em segundo lugar, agradeço a todos os que, embora não possa mencionar individualmente para respeitar o anonimato, aceitaram partilhar comigo o seu conhecimento, experiência e *insights*, sem os quais este estudo não teria sido possível.

De seguida, agradeço à minha família que sempre foi o meu alicerce e a quem dedico esta conquista. Aos meus pais e irmã, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem em mim. À minha namorada, por todo o carinho e dedicação. À minha tia, pelo conselho valioso. Aos meus avós que sempre vibraram com os meus sucessos. E a todos os que sempre estiveram ao meu lado.

Por fim, o meu reconhecimento à Faculdade de Economia da Universidade do Porto, corpo docente e alunos, por me presentarem com uma educação de excelência, a ambição por querer ir mais além, e pelos melhores anos da minha vida.

Resumo

A transição energética europeia tem privilegiado a descarbonização do setor dos transportes, no qual o *biodiesel* se tem mostrado preponderante para o cumprimento das metas estabelecidas. A tecnologia já tem alguma maturidade, porém a aposta assertiva da UE na sustentabilidade e utilização de matérias-primas residuais tem sido disruptiva para o mercado dos biocombustíveis. Em particular, o mercado português conseguiu recentemente posicionar-se de forma diferenciada no que diz respeito à bioenergia avançada. Não obstante disso, a incerteza acerca da evolução das políticas públicas e da regulamentação do setor, a disponibilidade limitada das matérias-primas e a falta de consenso quanto aos critérios de sustentabilidade constituem obstáculos à difusão do biodiesel.

Observada a natureza sistémica da difusão desta tecnologia, o objetivo do estudo consiste em analisar o mercado do *biodiesel* em Portugal, os seus atores e o funcionamento do seu Sistema Tecnológico de Inovação (STI ou TIS). Com recurso a uma análise funcional, identificam-se os vários desafios e *drivers* ao desenvolvimento deste mercado, as relações entre os vários atores, bem como sugestões de política a adotar. Este objetivo é atingido por via de um estudo qualitativo com recurso a entrevistas semiestruturadas a atores relevantes do setor.

Os resultados mostram que a tecnologia se encontra sedimentada no mercado, sendo a maior incógnita a evolução das metas ambientais e dos apoios ao setor. A legitimidade é a função mais relevante do TIS e reforçou-se nos últimos anos, muito devido à certificação da sustentabilidade da cadeia de valor do *biodiesel*. A manutenção dos incentivos à bioenergia avançada, o avanço para misturas mais ricas (B10), a monitorização da sustentabilidade de toda a cadeia de valor e a promoção de uma cultura de neutralidade tecnológica são algumas medidas a considerar para este setor.

Códigos JEL: O33, Q57

Palavras-chave: Sistema Tecnológico de Inovação, *Biodiesel*, Bioeconomia, Biocombustíveis avançados.

Abstract

Energy transition in UE has focused on the decarbonization of the transport sector, on which biodiesel has been very prominent for the fulfillment of the foreseen goals. The technology itself is already mature, nevertheless an assertive EU commitment to sustainability and the use of residual raw materials has disrupted the biodiesel market. In particular, the Portuguese market has recently managed to get a differentiated position, and prospects of upcoming competitive advantages, in regard to advanced biofuels. However, the uncertainty about public policies, regulation, limited availability of raw materials, as well as about sustainability criteria could be obstacles for the diffusion of biodiesel.

Given the systematic nature of diffusion of this technology in energy markets, the objective of this study is to analyze the biodiesel market in Portugal, its actors and the functioning of its Technological Innovation System (TIS). Using a functional analysis, it was possible to identify various challenges and drivers of the development of this market, as well as the relationships between actors and policy suggestions to be adopted. This objective is achieved through a qualitative study using semi-structured interviews with relevant people in the sector.

The results show that the technology is well established in the market, and that the greatest issue is related to uncertainty about the evolution of environmental goals and subsidies. Legitimation is the most relevant function of this TIS in the past years, largely due to the increase monitoring of biodiesel value-chain sustainability. Maintaining incentives for advanced biofuels, deciding to move towards richer blends (B10), continuing efforts on monitoring the sustainability of the value chain and promoting a culture of technology neutrality are some of the recommendations to consider for this sector.

JEL-Code: O33, Q57

Keywords: Technological Innovation System, Biodiesel, Bioeconomy, Advanced biofuels.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Nomenclatura.....	viii
1. Introdução.....	1
1.1. A procura por tecnologias de baixo carbono	1
1.2. Descarbonização dos transportes.....	1
1.3. Objetivo da investigação.....	3
1.4. Organização da dissertação	4
2. Revisão de literatura.....	5
2.1. Definição das tecnologias em estudo.....	5
2.1.1. Características e aplicabilidade do <i>biodiesel</i>	7
2.1.2. Tecnologias de produção de <i>biodiesel</i>	9
2.2. Modelos teóricos de inovação.....	11
2.2.1. Difusão de inovação.....	11
2.2.2. Sistemas de inovação (SI).....	13
2.2.3. Sistemas tecnológicos de inovação (STI, ou TIS).....	14
2.2.4. Funções do TIS	15
2.3. Estudos empíricos	19
3. Metodologia	23
3.1. Método de análise	23
3.2. Recolha dos dados	24
3.3. Unidade de análise	25
3.4. Análise dos dados	26
4. Resultados e discussão.....	28
4.1. O desenvolvimento do setor dos biocombustíveis em Portugal.....	28
4.2. Definição do TIS	30
4.3. Oportunidades e <i>drivers</i> do mercado português.....	32
4.4. Barreiras e desafios à difusão da tecnologia.....	34
4.5. Funções do TIS.....	36
4.5.1. F1: Desenvolvimento e difusão de conhecimento	36

4.5.2.	F2: Orientação da pesquisa	37
4.5.3.	F3: Atividades empreendedoras	39
4.5.4.	F4: Formação de mercado	40
4.5.5.	F5: Legitimidade	41
4.5.6.	F6: Mobilização de recursos	43
4.5.7.	F7: Externalidades positivas	44
4.6.	Discussão dos resultados.....	45
5.1.	Conclusões.....	48
5.2.	Limitações.....	49
5.3.	Sugestões de pesquisa futura.....	50
	Referências.....	51
	Anexos	58
	Anexo A: Guião de entrevista.....	58

Índice de Figuras

Figura 1. Finalidade dos biocombustíveis	2
Figura 2. Caracterização dos biocombustíveis com base na matéria-prima. Baseado em RED II (2018) e ABA (2022), elaboração própria.....	6
Figura 3. Processo de produção de <i>biodiesel</i> , através de esterificação ácida e de transesterificação catalítica.	10
Figura 4. <i>Framework</i> do TIS. Adaptado de Bergek et al. (2008a)	15
Figura 5. Método de análise dos dados adotado	26
Figura 6. Evolução do mercado de <i>biodiesel</i> em Portugal. Adaptado de ABA (2021)	28
Figura 7. Esquema TIS do mercado de <i>biodiesel</i> em Portugal, elaboração própria.....	30

Índice de Tabelas

Tabela 1. Determinantes da adoção de inovações. Adaptado de Fenton e Kanda (2016) ...	12
Tabela 2. Caracterização das entrevistas.....	25

Nomenclatura

ABA	Associação de Bioenergia Avançada
APETRO	Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas
APOREB	Associação Portuguesa de Operadores de Resíduos para as Bioenergias
APPB	Associação Portuguesa de Produtores de Biocombustíveis
COP26	Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
DN	<i>Delivery Note</i>
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EBB	<i>European Biodiesel Board</i>
ECS	Entidade Coordenadora do Cumprimento dos Critérios de Sustentabilidade dos Biocombustíveis e Biolíquidos
ENSE	Entidade Nacional para o Setor Energético E.P.E.
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
EV	<i>Electric Vehicle</i> (para designar veículos elétricos)
EWABA	<i>European Wasted-based and Advanced Biofuels Association</i>
FAME	<i>Fatty Acid Methyl Esters</i>
FFA	<i>Free Fat Acids</i>
GEE	Gases de efeito de estufa
ICE	<i>Internal Combustion Engine</i> (para designar veículos a combustão).
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
MP	Matérias-Primas
MPR	Matérias-Primas residuais
MPRA	Matérias-Primas residuais avançadas
OAU	Óleos alimentares usados
OVV	Óleos vegetais virgens
POS	<i>Proof of sustainability</i>
STI	Sistemas tecnológicos de inovação
TdB	Título de <i>biodiesel</i>
TIS	<i>Technological Innovation System</i>

1. Introdução

1.1. A procura por tecnologias de baixo carbono

O impacto das alterações climáticas tem marcado a atualidade. Em 2019, quinze catástrofes naturais em todo o mundo causaram mais de 100 milhões de dólares em prejuízos materiais e um elevado número de vítimas (Harvey, 2019). A procura pela descarbonização tem acelerado, mas em 2019 cerca de 84% de todo o consumo primário de energia ainda proveio de combustíveis fósseis (Our World In Data, 2019). O consumo de combustíveis fósseis triplicou nos últimos 50 anos (Our World In Data, 2019), reflexo de uma sociedade que alicerçou durante décadas o seu desenvolvimento económico na relativa abundância e comodidade da utilização de petróleo, gás e carvão, tratando-se, portanto, de um problema estrutural e bastante complexo.

A transição energética tem sido propulsionada por alguns fatores, dos quais se destacam a redução do preço das energias renováveis, o reforço das metas governamentais para a redução de emissões, o foco dos governos em diversificar o seu *mix* energético e a inovação tecnológica com o desenvolvimento de combustíveis alternativos (Van de Graaf et al., 2019).

Este contexto redefine desde logo as perspetivas futuras da indústria petrolífera (Asmelash & Gorini, 2021), pois coloca forte pressão no decisor político. Este deverá definir a sua estratégia energética e de sustentabilidade ambiental, não descorando as implicações geopolíticas e de dependência para com os produtores de petróleo que lhe estão associadas. Na UE, a COP26 (Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima) reforçou esse empenho e do cumprimento dos Acordos de Paris, para assim atingir reduções drásticas na emissão de CO_2 até 2030, e a neutralidade carbónica até 2050 (European Commission, 2021).

1.2. Descarbonização dos transportes

O setor dos transportes representa 24% das emissões diretas mundiais de CO_2 (IEA, 2020), o que conjugado com a sua relativa flexibilidade face a outros setores (como a indústria química), torna-o um setor estratégico para uma rápida descarbonização. O atual regime assente na utilização de petróleo é estável e sofre de um forte efeito de *lock-in* (Verbong & Geels, 2010), pelo que a difusão de novas tecnologias dependerá do nível da força de pressões externas para a mudança, o grau de desenvolvimento de tecnologias de nicho e do seu grau de disrupção. Todavia, várias alternativas energéticas têm surgido recentemente.

A estratégia europeia tem promovido fortemente a eletrificação dos transportes e a difusão dos veículos elétricos (EV) em detrimento dos veículos a combustão (ICE), com vista a uma solução de longo prazo para a sustentabilidade dos transportes (Biresselioglu et al., 2018). Não obstante dos avanços registados ao nível das capacidades, autonomia e infraestruturas conexas dos EV, não é ainda consensual que esta solução seja mais sustentável que os ICE quando considerado todo o ciclo de vida (Kumar & Alok, 2020). A sua taxa de adoção é também limitada por um conjunto de barreiras, como o sistema de incentivos ou preferências dos consumidores (Kumar & Alok, 2020), e a *share* dos EV nas novas aquisições de viaturas situa-se ainda em cerca de 11%, o que atrasará a renovação do parque automóvel europeu (EEA, 2021). Por estes motivos, e pelas dificuldades mundiais em responder de forma sustentável à crescente procura energética, será precoce considerar-se já o fim dos ICE (Kalghatgi, 2018), o que abre espaço para explorar novos tipos de combustíveis que possam acelerar a transição energética, complementar as debilidades da eletrificação e permitir alternativas para os decisores políticos cumprirem as metas para a redução de emissão de gases de efeito de estufa (GEE) (Wilson & Styring, 2017).

Os biocombustíveis, tais como o *biodiesel*, o *bioetanol* ou o HVO, são combustíveis alternativos feitos a partir de biomassa, Matérias-Primas residuais (MPR) ou de Matérias-Primas residuais avançadas (MPRA), e que têm tido impactos significativos no cumprimento das metas ambientais da UE. A revisão da Diretiva (UE) 2018/2001 (RED II, 2018), no Artigo 25º, determina as regras para a descarbonização da mobilidade e estipula que até 2030 pelo menos 14% de energia renovável seja incorporada nos transportes, dos quais 3,5% devem ser provenientes de combustíveis feitos a partir de MPRA. Cada tipo de biocombustível tem uma determinada finalidade, conforme representado na **Figura 1**.

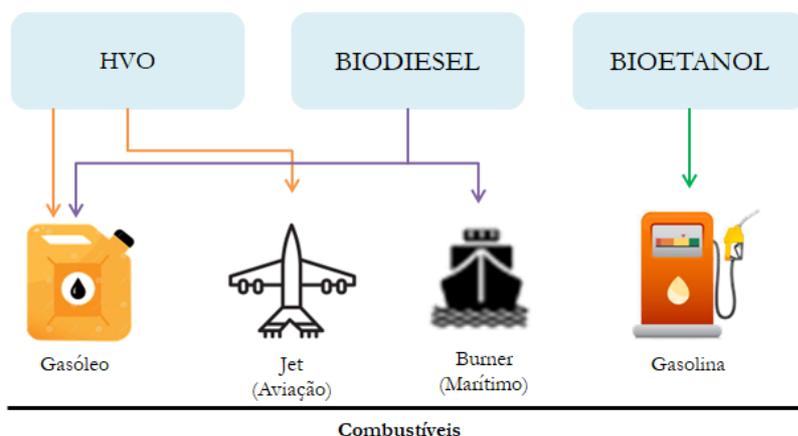


Figura 1. Finalidade dos biocombustíveis

A *share* dos veículos a gasóleo nos transportes de passageiros da UE apresentou tendência crescente nos últimos anos, ultrapassando já 50% em muitos países (EEA, 2019), daí a importância do fomento de substitutos diretos de gasóleo, tais como o *biodiesel* e o HVO.

No mercado português, a produção de biocombustíveis é maioritariamente de *biodiesel*, tendo este representado cerca de 96% da produção total em 2021. O restante é produção de HVO, e não existem unidades dedicadas ao *bioetanol* (ABA, 2022). A recente promoção de incentivos fiscais associados à utilização de MPRA (CIEC, 2020) tornou mais vantajosa a aposta nos resíduos, em especial, na bioenergia avançada. Em 2020 iniciou-se verdadeiramente a produção de biocombustíveis avançados com uma produção de 9 mil m³ e uma redução de cerca de 25 mil toneladas de emissões de CO₂ (ABA, 2021). No ano seguinte, a incorporação de biocombustíveis avançados foi três vezes superior à submeta de 0,5% que tinha sido definida, atingindo 1,7% (ENSE, 2022), algo disruptivo a nível europeu. O mercado nacional está a posicionar-se como um vetor estratégico para a descarbonização.

1.3. Objetivo da investigação

As tecnologias associadas ao *biodiesel* já se encontram algo amadurecidas, por toda a experimentação e comercialização feita nos biocombustíveis de primeira geração (Fivga et al., 2019), no entanto reconhece-se que a cadeia de valor deste setor é bastante complexa, com *stakeholders* com interesses distintos, muitos deles ligados à indústria petrolífera, e portanto com um sistema de inovação complexo (IRENA, 2019). A tecnologia está também intrinsecamente ligada à MP que é utilizada, e que é limitada em qualidade e quantidade, pelo que se torna vital apostar na diversificação e realizar-se uma análise tecnoeconómica adequada para a adoção de um novo tipo de biocombustível (Fivga et al., 2019).

Os recentes debates promovidos pelo setor, em especial entre as associações de empresas e o Estado, nem sempre se têm mostrado profícuos ou coerentes. O mesmo se pode dizer dos relatórios publicados por vários atores deste setor que carecem de uma análise imparcial e multidimensional. Identifica-se assim um *gap* na literatura para o mercado de *biodiesel*.

A análise dos sistemas de inovação é frequentemente apontada pela literatura como adequada ao estudo dos determinantes da inovação, e ao desenvolvimento, difusão e utilização de novas tecnologias (Edquist, 2004). Em particular, o conceito de sistema tecnológico de inovação, ou *Technological Innovation System* (TIS), surgiu na literatura da inovação como uma tentativa de explicar a forma e ritmo das transições energéticas,

(Carlsson & Stankiewicz, 1991). Modelos posteriores, como o de Hekkert et al. (2007) ou o de Bergek et al. (2008a), têm sido recorrentemente utilizados em estudos empíricos sobre a difusão de tecnologias relacionadas com combustíveis alternativos, sejam eles *biodiesel*, HVO, biogás, hidrogénio, ou outros, e como tal mostra-se adequado a esta investigação.

O objetivo deste estudo passa assim por analisar o mercado do *biodiesel* em Portugal, os seus atores e o funcionamento do TIS nesse contexto. Através de uma análise funcional do TIS, pretende-se identificar os desafios e *drivers* ao desenvolvimento deste mercado, identificar as relações entre os vários atores e funções, bem como obter sugestões de política para a difusão desta tecnologia.

O estudo qualitativo foi o método escolhido por se considerar o método que garantia informação mais privilegiada e de maior qualidade. Os dados foram obtidos por análise de literatura aprofundada conjugados com o método de entrevistas, semiestruturadas, a vários atores do sistema de inovação, de forma a garantir imparcialidade da informação recolhida. Esses dados foram analisados à luz da metodologia de Bergek et al. (2008a), apresentando assim as funções do sistema tecnológico de inovação.

1.4. Organização da dissertação

Esta dissertação é dividida em cinco capítulos.

No presente capítulo efetua-se uma breve contextualização do problema e a motivação para o objetivo de investigação.

No segundo capítulo será apresentada revisão de literatura relevante. Apresentam-se inicialmente os conceitos-chave sobre a tecnologia em estudo. De seguida, exploram-se os conceitos de difusão de inovação, sistemas de inovação, a metodologia do TIS e respetiva abordagem funcional, e exploram-se alguns estudos empíricos que abordaram sistemas tecnológicos de inovação em mercados ligados à transição energética.

No terceiro capítulo descreve-se o método de análise selecionado e dados recolhidos.

No quarto capítulo, são apresentados e discutidos os resultados empíricos obtidos. Inicia-se com uma breve caracterização do mercado do *biodiesel* português, dos principais atores e do respetivo esquema do TIS. De seguida, enumeram-se os principais *drivers* do mercado, barreiras e obstáculos, seguidos da análise funcional desse sistema de inovação.

No quinto capítulo, apresentam-se as conclusões e sugestões para investigação futura.

2. Revisão de literatura

2.1. Definição das tecnologias em estudo

Os combustíveis alternativos podem variar na origem das suas matérias-primas e respetivo processo produtivo, todavia todos partilham a ambição de serem produtos oriundos de processos limpos e sustentáveis, com foco na redução das emissões de **CO₂** (Stančín et al., 2020). A maioria das soluções alternativas ao petróleo (hidrogénio, amónia, metanol, etc.), encontram-se ainda em fase de desenvolvimento no mercado (com limitações ao nível dos respetivos processos produtivos, tecnologia e custo energético elevado ao longo de todo o ciclo de vida do produto), pelo que são os biocombustíveis que nos últimos anos tem se mostrado preponderantes na descarbonização do setor dos transportes, e cujo consumo tenderá a crescer (Stančín et al., 2020).

A definição de biocombustíveis é proposta pela RED II (2018) como sendo um “combustível líquido produzido a partir da biomassa”, e tem sofrido alterações ao longo do tempo nas revisões desta diretiva, nomeadamente com a inclusão de critérios de sustentabilidade (European Commission, 2022a). O produto final é regulado, uma vez que todo o produto comercializado deve respeitar um conjunto de especificações técnicas, e sua categorização é feita com base nas matérias-primas que lhe deram origem, e é relevante para a contabilização das metas, acompanhamento do mercado e atribuição de benefícios fiscais.

Geralmente, podemos distinguir três gerações de biocombustíveis (Oumer et al., 2018).

Consideram-se biocombustíveis de primeira-geração (ou convencionais) aqueles que são produzidos a partir de culturas alimentares tais como o trigo, milho, colza, soja ou outros. Apesar de possuírem uma densidade energética mais elevada de até **48 MJ/kg**, estes estão muitas vezes associados ao uso intensivo da terra, de recursos hídricos, de fertilizantes, e à desflorestação e perturbação do setor alimentar, pelo que são considerados menos sustentáveis (Puricelli et al., 2021). Por essa razão, a RED II (2018) pretende promover o seu *fasing out* progressivo até 2030.

Os biocombustíveis de segunda-geração, por outro lado, privilegiam o uso de resíduos, sejam estes provenientes da indústria alimentar e óleos usados (biocombustíveis residuais), ou de outros resíduos industriais (biocombustíveis avançados), sendo esta a geração onde se têm verificado maior desenvolvimento no passado recente.

Por fim, a terceira geração remete para o uso de algas e outros microrganismos. Em particular, o recurso a algas encontra-se estagnado há vários anos devido aos baixos resultados alcançados e a valorização das algas nos mercados farmacêutico e da cosmética. Apesar da sua elevada densidade energética (até 123 **MJ/kg**), esta tecnologia ainda se encontra numa fase pioneira, e carece de desenvolvimentos para ganhar escalabilidade e viabilidade económica (Oumer et al., 2018).

A **Figura 2** representa a atual caracterização dos biocombustíveis, com base na matéria-prima que lhe deu origem, tal como é promovida pela RED II (2018), onde, note-se, é omitida a terceira geração. O foco recai em desincentivar a produção dos biocombustíveis residuais e privilegiar os biocombustíveis avançados, de acordo com as metas para 2030.

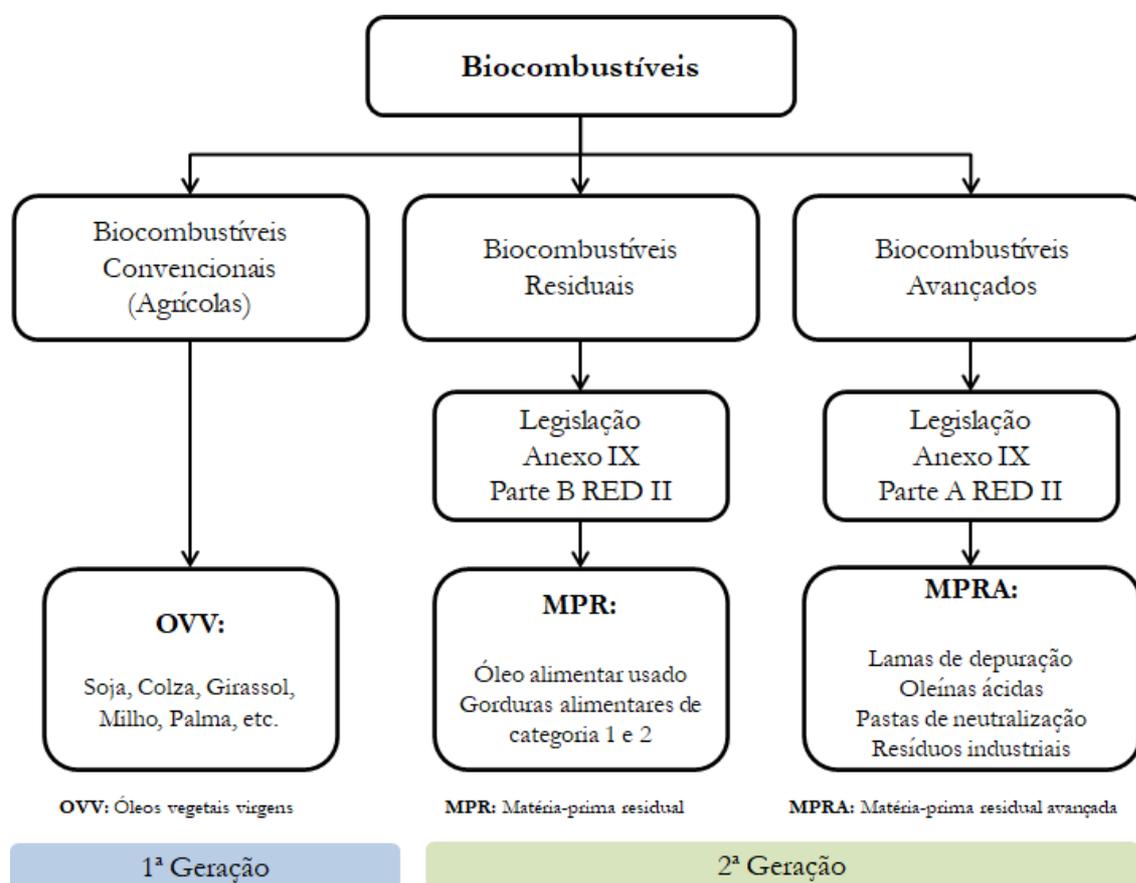


Figura 2. Caracterização dos biocombustíveis com base na matéria-prima. Baseado em RED II (2018) e ABA (2022), elaboração própria.

Esta classificação tem sido criticada porque a legislação não prevê uma definição oficial para os biocombustíveis avançados (e respetivo método de produção). Essa omissão não permite distinguir de forma direta produtores que possuam processos produtivos tecnologicamente mais evoluídos, e que possam por sua vez trabalhar com matérias-primas mais degradadas e apresentar um maior contributo para a sustentabilidade e economia circular (Cadillo-Benalcazar et al., 2021). Por outro lado, é também criticada a heterogeneidade de critérios usada na classificação de MP (alguma permissibilidade com MP cuja utilização possa ser estratégica em algumas economias), nos critérios de sustentabilidade (cálculo das emissões de GEE para certas MP não é consensual), e as constantes alterações à diretiva, o que acabam por criar um ambiente de incerteza que retira o foco do papel real dos biocombustíveis na descarbonização (Cadillo-Benalcazar et al., 2021).

2.1.1. Características e aplicabilidade do *biodiesel*

O *biodiesel* é um tipo de biocombustível líquido renovável feito a partir de fontes renováveis de triglicéridos (ácidos gordos) de matéria-prima vegetal presente na natureza (colza, soja, girassol ou outros), ou de resíduos, à semelhança do referido na **Figura 4**. O *biodiesel* é frequentemente designado por FAME (*Fatty Acid Methyl Esters*) por ser composto por ésteres metílicos provenientes desses mesmos ácidos gordos (Oumer et al., 2018).

Enquanto combustível alternativo, o *biodiesel* é um produto mais heterogéneo em comparação ao *diesel* comum, por ser fabricado a partir de diversas MP, sendo que a sua classificação, características, potencial energético e grau de sustentabilidade estão intrínsecas à MP utilizada na sua produção (Oumer et al., 2018). Não obstante, como se trata de um produto regulado por um *standard* europeu previsto na DIN EN 14214 (2019), o mercado do *biodiesel* consegue garantir a uniformização necessária à sua comercialização, apresentar-se como uma alternativa comparável ao *diesel* e, portanto, ter uma aplicação de bastante sucesso no setor dos transportes (Stančín et al., 2020).

A utilização de *biodiesel* é feita por via da sua incorporação (ou mistura) no *diesel* rodoviário sendo as misturas oscilam entre os 5% (B5) e os 30% (B30), dependendo das imposições legais em vigor, e as condições de utilização e ambientais esperadas. O B30 tem sido uma recomendação das marcas em muitos veículos lançados recentemente. A sua utilização direta (B100) também é possível, embora seja um mercado de nicho e obrigue à utilização de *biodiesel* com parâmetros de qualidade bastante mais apertados (Moreira, 2009).

O processo de mistura é relativamente simples, podendo ser feito através de quatro métodos (Nair et al., 2013): i) mistura prévia em tanques, antes de se iniciar o transporte; ii) mistura através de borrafo de diferentes quantidades de *biodiesel* e *diesel* para o caminhão-cisterna; iii) mistura simultânea de *biodiesel* e *diesel* no caminhão-cisterna; ou iv) mistura instantânea efetuada diretamente no ato de abastecimento na bomba de combustível. Por ser utilizado em conjunto com *diesel* rodoviário, tal passa despercebida do utilizador comum.

A principal vantagem do *biodiesel* é a de permitir uma redução efetiva da poluição. Alguns estudos relatam que a maior utilização de *biodiesel* está associada à redução de emissões não só de **CO₂**, como também de **CO** (monóxido de carbono), **PM** (emissão de partículas), e da cor e odor das emissões, e a um ligeiro aumento da emissão de **NO_x** (óxidos de nitrogénio), sendo o biodiesel feito a partir de óleo alimentar usado (OAU) mais poluente (Ogunkunle & Ahmed, 2021). Não obstante, o que deve ser considerado não são as emissões diretas à saída do escape, mas sim as emissões ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Nessa medida, a RED II (2018) estipula no Anexo V as regras para o cálculo da redução de GEE por tipo de MP face ao *diesel*, e prevê que o *biodiesel* convencional possa permitir reduções nas emissões de cerca de 55%, enquanto que o *biodiesel* feito a partir de OAU pode permitir uma poupança até 88%.

Por outro lado, este combustível alternativo pode ser utilizado em qualquer ICE movido a *diesel*, sem qualquer necessidade de adaptação, e até ao nível de mistura recomendado pelo fabricante. Tal é extensível mesmo a veículos mais antigos por estes serem particularmente permissivos ao seu uso. Esta flexibilidade, combinada com a utilização das infraestruturas existentes, facilita a rápida adoção desta solução energética (Othman et al., 2017).

A sua maior sustentabilidade (redução das emissões tanto em quantidade como toxicidade) é acompanhada por uma elevada *performance*. Uma mistura B20 permite um maior nível de octanas e maior lubrificação do motor, mantendo com isso gastos e *performance* similares à contrapartida do *diesel*, ao mesmo tempo que ajuda a prolongar a vida do motor e a reduzir a necessidade de manutenções (Doble & Kruthiventi, 2007).

As desvantagens do *biodiesel* usualmente prendem-se com o seu custo, por este ser mais caro do que o gasóleo convencional. Por outro lado, a sua maior viscosidade e densidade, podem provocar problemas ao nível do sistema de injeção, que serão tanto maiores quanto o seu nível de incorporação no gasóleo, e o seu uso também não é recomendado para ambientes com temperaturas muito baixas (Othman et al., 2017).

2.1.2. Tecnologias de produção de *biodiesel*

O *biodiesel* é usualmente produzido através de um processo de transesterificação com um catalisador básico. Este método de produção utiliza triglicéridos presentes na matéria-prima e um álcool (geralmente metanol), sendo que a reação química entre ambos é acelerada por via de um catalisador básico (usualmente hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio). Dessa reação química, resulta uma mistura de ésteres de ácidos gordos (*biodiesel* ou FAME), e um subproduto de valor acrescentado que é a glicerina (Fivga et al., 2019). A utilização de reagentes, tais como o ácido clorídrico, permitem com que as reações químicas ocorram.

Mais detalhadamente, pode dizer-se que o balanço de massas deste processo indica que cada 1000kg de triglicéridos e 107,5kg de metanol origina 1004,5kg de monoésteres e 103kg de glicerina, e uma conversão de 90-97% em FAME (Graboski & McCormick, 1998). Esta reação também ocorre geralmente em três etapas, sendo que os triglicéridos são inicialmente convertidos em diglicéridos, depois em monoglicéridos, e só por fim são reduzidos a ésteres e ácidos gordos (Oumer et al., 2018).

Trata-se de um método linear, de uma só fase, bastante barato e eficiente e que privilegia de bastante *know-how* acumulado da produção de *biodiesel* de primeira geração, tendo sido por isso utilizado de forma recorrente nas duas últimas décadas (Fivga et al., 2019).

A utilização de um mero catalisador básico faz com que todo o processo seja mais rápido e barato, contudo a sua viabilidade está dependente do nível de acidez das MP utilizadas e respetiva quantidade de *Free Fat Acids* (FFA). Quando se pretende utilizar MP mais degradada e com contaminantes, como é o caso das MPR e MPRA de elevada acidez, será necessário um processo de produção alternativo, onde se destacam: i) transesterificação ácida; ii) transesterificação com metanol supercrítico; processo de esterificação ácida (pré-tratamento), seguido de transesterificação catalítica básica (Moreira, 2009).

A transesterificação ácida seria uma alternativa interessante pela sua aceitação de matéria-prima com elevado teor de FFA, porém esta não tem atualmente aplicabilidade industrial uma vez que requer utilizações elevadas de metanol e uma infraestrutura mais robusta que evite corrosão, o que torna todo o processo demasiado dispendioso (Canakci & Sanli, 2008).

A transesterificação com metanol supercrítico permite a utilização de MP de baixa qualidade por se tratar de um processo que não é sensível à quantidade de água e FFA na reação. Todavia, este método produtivo requer condições de reação mais específicas e um

investimento considerável que permita se produzir com elevadas temperaturas e pressões, o que faz com que os custos operacionais desse *biodiesel* aumentem consideravelmente (Canakci & Sanli, 2008).

Resta a terceira opção, que é o método de produção predominante no mercado. Trata-se de um processo de produção em duas fases. Em primeiro lugar, é necessário se fazer um pré-tratamento das matérias-primas ácidas recorrendo a um processo de esterificação ácida. Este novo processo utiliza MP mais degradada, ou ácidos carboxílicos, juntamente com álcool (metanol) e um catalisador ácido (como por exemplo o ácido sulfúrico). A reação química subsequente origina a formação de água (resíduo) e ésteres (mono, di e triglicéridos). De seguida, esses ésteres são utilizados num processo transesterificação catalítica básica, idêntico ao descrito anteriormente (Fivga et al., 2019). De notar que uma fração dos ésteres criados no processo de esterificação ácida podem já ser FAME, não obstante por estarem misturados com outros ésteres, deverão ser igualmente tratados na segunda fase deste processo, ainda que não venham a ter qualquer alteração com essa reação química.

Este processo encarece o processo produtivo do *biodiesel*, nomeadamente pelos seus maiores tempos de reação, custos energéticos e consumo de reagentes (Moreira, 2009), e pode ser mais ou menos desafiante consoante o grau de contaminação da MPR com outros produto. Não obstante, ao permitir a incorporação no *biodiesel* de uma MPR que tem sido fortemente valorizada no mercado, permite ao produtor explorar novas oportunidades de mercado e potencialmente aumentar os seus índices de rentabilidade.

A **Figura 3** representa as duas fases do processo de produção do *biodiesel*.

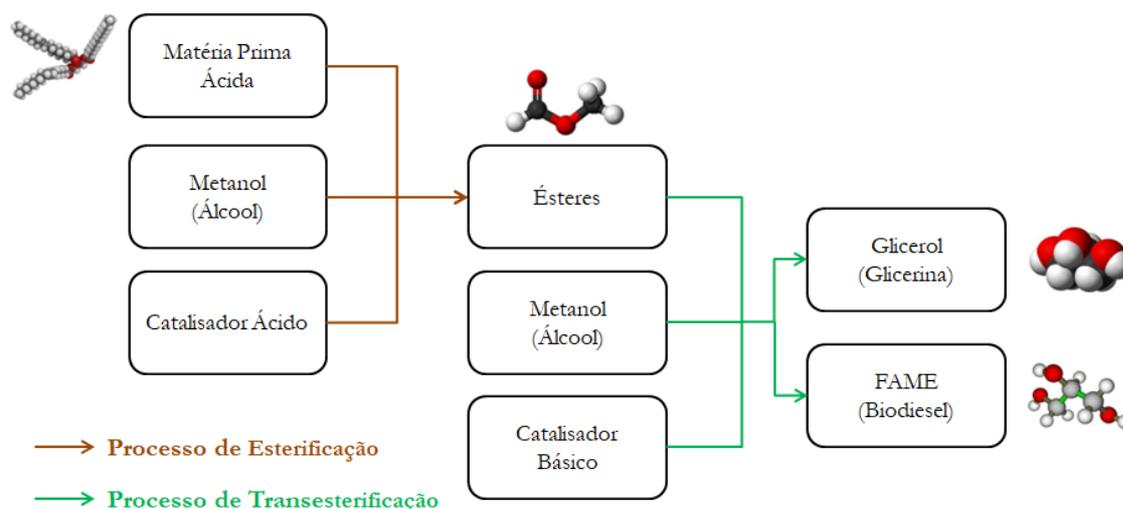


Figura 3. Processo de produção de *biodiesel*, através de esterificação ácida e de transesterificação catalítica.

2.2. Modelos teóricos de inovação

2.2.1. Difusão de inovação

A difusão de tecnologia descreve a adoção generalizada de uma inovação por um conjunto de potenciais adotantes ao longo do tempo, e procura analisar todos os fatores relevantes que possam afetar essa decisão. Essa difusão tende a focar-se no processo (e não no produto *per se*), e apresenta algumas tendências (Kemp & Volpi, 2008), destacando-se:

- i) A adoção de tecnologia não é instantânea, mas ocorre ao longo do tempo;
- ii) Diferentes tecnologias novas podem concorrer entre si a um dado momento, pelo que a sua aceitação e difusão acaba por ser altamente imprevisível;
- iii) A difusão de tecnologia é mais do que uma mera transferência de conhecimento;
- iv) A probabilidade de adoção é tanto maior quanto maior for a sua atratividade económica;
- v) A tecnologia em si também evolui ao longo do tempo, o que afeta a sua difusão.

Rogers (2003) foi um dos pioneiros nesta área, descrevendo a difusão de inovação como um processo de comunicação dessa inovação a um conjunto de elementos de um sistema social, e identificou cinco características, ou atributos percebidos por potenciais adotantes, como explicativos de diferentes taxas de adoção, nomeadamente: i) vantagem competitiva: o grau em que a inovação é vista como sendo melhor que aquela que lhe precedeu; ii) comparabilidade: o grau em que esta é vista como compatível com os valores, cultura e necessidades dos adotantes; iii) complexidade: o grau em que esta é percebida como sendo difícil de se utilizar; iv) testabilidade: em que medida a inovação pode ser testada; e v): observabilidade: até que ponto os resultados dessa inovação são visíveis para o restante sistema social. Este contributo inspirou uma série de estudos subsequentes ao longo dos anos. Mais recentemente, Kapoor et al. (2014) conduziu uma meta-análise e concluiu pela existência de oito características-chave à difusão, que de certa forma configura um extensão de Rogers (2003), e com o qual partilha algumas semelhanças. Os autores sugerem, adicionalmente, que o menor custo e o risco de inovação podem ser cruciais para uma maior aceitação da inovação. Salientaram a importância do reconhecimento social da inovação, e em como esta jamais deverá ser imposta sob pena de aumentar o nível de resistência por parte dos potenciais adotantes (Kapoor et al., 2014).

Outros estudos procuraram estudar a difusão de inovações ambientais mais em detalhe. Beise e Rennings (2005) mencionam a importância de se atuar estrategicamente sobre aquilo que podem ser novos mercados, e em particular a vantagem de se agir como um *first-mover* na adoção de tecnologias pioneiras. Uma nova tecnologia com procura global e regulamentação favorável geralmente resulta na criação de novos mercados, pelo que o país pioneiro poderá beneficiar de vantagens (antecipação de preço, oferta ou estrutura de mercado), exportar tecnologia e possivelmente atingir uma liderança de mercado. Os autores reconhecem também o papel fulcral de fatores não tecnológicos como a regulamentação, a monitorização dos preços e o fluxo de informação, elementos usualmente negligenciados pelo poder político. Para Kanda et al. (2016), desenvolver sistemas tecnológicos focados no mercado é crucial focar-se no mercado, na regulamentação e nos recursos (inclusive propriedade intelectual). A formação de parcerias público-privadas robustas e a existência de uma regulamentação robusta e o reforço da legitimidade da tecnologia são igualmente importantes. Já Mignon e Bergek (2016) sugerem que existem vários desafios ao nível do sistema a responder num processo de difusão, tais como o mercado, infraestrutura, finanças e a importância da entrega da tecnologia, e que estes devem ser vistos como oportunidades e não como obstáculos. Cabe ao agente político a monitorização do comportamento de novos entrantes e o incentivo à partilha de recursos e conhecimento.

A **Tabela 1** apresenta um resumo destes vários modelos.

Tabela 1. Determinantes da adoção de inovações. Adaptado de Fenton e Kanda (2016)

Kapoor et al. (2014)	Beise e Rennings (2005)	Kanda et al. (2016)	Mignon e Bergek (2016)
Principais características da inovação	Criação de líderes de mercado em inovações ambientais	Difusão em larga escala de inovações ambientais	Desafios à difusão de inovações ambientais
Facilidade de operação	Preço favorável	Mercado (regulamentação)	Estrutura de mercado
Imagem	Procura favorável	Finanças	Infraestrutura
Custo	Transferência de inovações	Recursos	Finanças
Risco	Exportação de inovações	Atividades	Instituições
Visibilidade	Regulamentação	Parcerias	Fornecimento de tecnologia
Liberdade de adoção		Propriedade	Novos recursos
Demonstração		Legitimidade	Comportamento dos agentes económicos
Aceitação social			

Os contributos da literatura no que diz respeito à difusão de inovação permitiram organizar fatores importantes para a aceitação de novas tecnologias e em especial para estudos que procurem identificar os principais desafios ou barreiras à afirmação no mercado de uma nova tecnologia. Não obstante, a busca de novos *frameworks* começou a surgir quando estas metodologias se mostraram insuficientes para explicar a implementação de novas tecnologias com foco no seu impacto ambiental, em especial as relacionadas com a sustentabilidade energética, por se tratar de um fenómeno mais dinâmico e complexo. Neste contexto, os papéis dos sistemas de inovação passaram a ter um papel acrescido.

2.2.2. Sistemas de inovação (SI)

Os estudos sobre os sistemas de inovação (SI) mostraram um elevado potencial para abordar mudanças tecnológicas e a sua performance económica (Suurs & Hekkert, 2009), podendo ser usados para analisar os determinantes da inovação, e medir o desenvolvimento, difusão e utilização de novas tecnologias (Edquist, 2004).

O conceito de SI começou a ser introduzido por autores como Freeman (1995) e Lundvall (1992), e enfatiza que os processos de inovação não permanecem estanques nas empresas, sendo que existem várias instituições que contribuem para o fluxo de informação, conhecimento e difusão de tecnologia entre diferentes atores e geografias. Como tal, é reconhecido que os determinantes da mudança tecnológica não estão centrados na empresa inovadora, mas sim numa rede mais ampla onde essa empresa se insere, e que essas redes também são afetadas por um conjunto de fatores económicos, políticos e sociais, que influenciam a difusão do conhecimento (Freeman, 1995).

A principal função de um SI passa por gerar, difundir e utilizar tecnologia. Para esse fim, os seus principais recursos acabam por ser as competências dos atores envolvidos no sistema, sejam estes recursos físicos ou *know-how* (Carlsson et al., 2002). Essas competências, sejam elas seletivas (tomar decisões em novos mercados, tecnologias ou produtos e adquirir novas competências), organizacionais (gestão de uma nova entidade), funcionais (execução eficiente de procedimentos dentro de um sistema tecnológico) ou adaptativas (aprendizagem constante com as vitórias e com os fracassos e a capacidade de se ler os sinais do mercado) são cruciais à função do sistema (Carlsson et al., 2002). O processo de interação existente no SI faz ainda com que seja propícia a difusão de inovação por via sistémica, visto que os vários atores acabam por inovar por via de processos de colaboração e interdependência com outros atores mesma dessa mesma rede (Fagerberg, 2005).

A abordagem ao SI pode focar-se a vários níveis, nomeadamente nacional, regional, sectorial ou tecnológico, embora todas elas promovam a inovação como sendo um processo interativo entre atores e não um processo isolado ao nível de uma empresa (Lundvall, 2007). A vertente tecnológica acaba por ser a mais adequada para se estudar transições energéticas, em particular associadas ao setor dos transportes, pois permite agregar dinâmicas do lado da oferta e da procura e pela sua articulação com estudos de transição energética e de sustentabilidade (Markard et al., 2012). Desta corrente nasce o estudo dos sistemas tecnológicos de inovação.

2.2.3. Sistemas tecnológicos de inovação (STI, ou TIS)

Os sistemas tecnológicos de inovação (STI) ou *Technological Innovation Systems* (TIS) surgiram associados a estudos sobre tecnologias emergentes, no contexto de transições sustentáveis para estudar, a sua evolução, e para medir as mudanças organizacionais e institucionais que lhe estão associadas (Markard et al., 2012).

O conceito de TIS advém do contributo de Carlsson e Stankiewicz (1991), que representa “uma rede dinâmica de agentes, interagindo entre si numa área económica/industrial específica, de acordo com uma infraestrutura institucional específica e envolvidos na geração, difusão e utilização de tecnologia” (pág. 111). A sua função passa por difundir um produto ou serviço inovador no mercado, e o estudo da rede organizacional onde este se insere tem como vantagem permitir ao investigador analisar a trajetória da inovação, a interação entre os diferentes agentes e a identificação de barreiras ou *drivers* a nível institucional (Andreasen & Sovacool, 2015). De facto, a utilização desta metodologia tem sido elevada na literatura por ser uma abordagem que permite identificar a *performance* do STI, identificar fraquezas que possam levar à falha do sistema (Jacobsson & Bergek, 2011), e tecer linhas orientadoras de política pública de forma a promover o seu crescimento e influenciar a direção da difusão da inovação (Markard et al., 2015).

O TIS é originalmente decomposto em atores, redes e instituições. Os atores correspondem não só a empresas, mas também a financiadores, reguladores, organizações certificadoras e outros que contribuem para a tecnologia. As redes correspondem não só às associações de empresas do setor, mas também a todas as formas de comunicação entre os vários atores e têm como objetivo a troca de informação entre os membros do TIS, a robustez e a legitimidade do sistema. As instituições dizem respeito à regulamentação, leis, normas ou regras (ainda que informais) que garantam um bom funcionamento do TIS

(Decourt, 2019). Outros autores sugerem estruturas distintas. Wieczorek e Hekkert (2012), por exemplo, consideram a existência não só de atores (que engloba os atores e redes do modelo original) e instituições, mas também de interações (interações bilaterais entre atores que não estejam inseridos numa rede, contactos bilaterais) e infraestruturas (físicas, financeiras ou de conhecimento). Não obstante da composição estrutural, o foco está nas suas interações.

2.2.4. Funções do TIS

O estudo do TIS não deve recair somente no estudo isolado de cada componente da sua estrutura em busca de forças ou fraquezas. Se o propósito de um sistema de inovação é o de fomentar a difusão de uma tecnologia, então os componentes desse mesmo TIS devem ser observados em função do seu contributo global para o cumprimento do propósito do sistema (Bergek et al., 2008a). Como tal, o foco da análise deverá ser não só estrutural, como também dos processos ou funções.

Bergek et al. (2008a) sugerem o uso de um *framework*, tal como ilustrado na **Figura 4**.

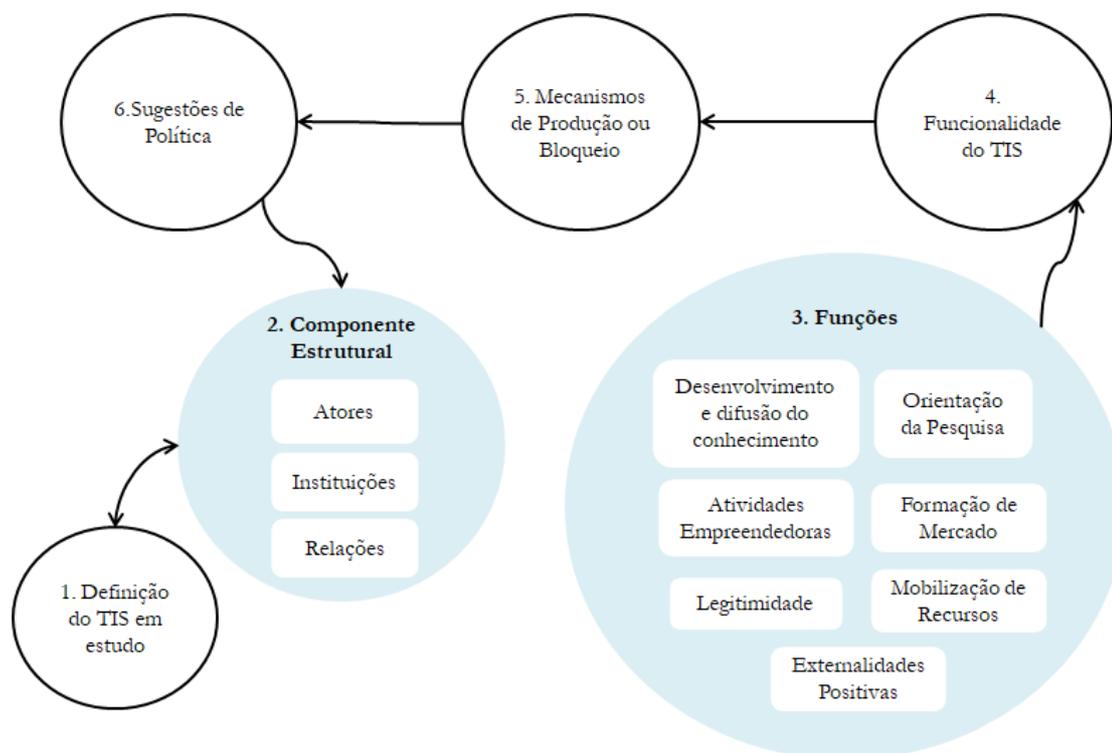


Figura 4. Framework do TIS. Adaptado de Bergek et al. (2008a)

Após a definição do TIS em estudo, e a identificação dos elementos que fazem parte da sua componente estrutural, Bergek et al. (2008a) sugerem o estudo de sete funções:

- i) **F1: Desenvolvimento e difusão de conhecimento:** esta função enaltece a geração de novo conhecimento ou adaptação de conhecimento de outras indústrias, como este evoluiu ao longo do tempo e como este se propaga pelo TIS. É geralmente vista como sendo a função central do TIS. Esta pode surgir do *learning by searching* pelo I&D promovido pela academia ou do *learning by doing* pelo conhecimento desenvolvido pelo tecido empresarial (Bergek et al., 2008a). O *learning by interacting* é também relevante dada a importância da criação de condições para a partilha de conhecimento (Hekkert et al., 2007). Esta função pode ser medida pelo número e dimensão de projetos de I&D em curso, a orientação dos mesmos, por bibliometria, número de patentes, curvas de aprendizagem, entre outros (Bergek et al., 2008a).
- ii) **F2: Orientação da pesquisa:** o desenvolvimento do TIS leva a que novos atores se possam juntar ao sistema de inovação. Esta função corresponde à criação de condições para que o mercado possa crescer e evoluir, bem como a existência de clareza de qual é o caminho a seguir em termos de tecnologias, mercados, modelos de negócio, etc. A regulamentação é muitas vezes um mecanismo utilizado para moldar o mercado, através de incentivos ou proibições, permitindo que este se desenvolva segundo as expectativas traçadas (Bergek et al., 2008a). Esta função pode ser medida através do número de incentivos (fiscais, subsídios, etc.), extensão das pressões impostas pela regulamentação e pela expectativa de potencial de crescimento do mercado.
- iii) **F3: Atividades empreendedoras:** esta função está relacionada com a exploração pelo empresário de novas tecnologias ou oportunidades no mercado, através de testes e projetos piloto. É através de falhas e sucessos que se consegue progredir, e este comportamento consubstancia-se como sendo uma das formas de reduzir a incerteza inerente a uma tecnologia emergente, e como tal é fundamental ao bom funcionamento do TIS. Pode ser medida com o número de novos entrantes, diversidade de empresas instaladas, diferentes aplicações da tecnologia e o seu grau de desenvolvimento (Bergek et al., 2008a).
- iv) **F4: Formação de mercado:** um TIS de uma tecnologia emergente está usualmente associado a mercados na sua fase embrionária ou em desenvolvimento, e como tal com uma dimensão limitada. Esta função envolve atividades que procurem estimular a criação e o crescimento do mercado, seja

por via de estruturas de mercado, incentivos ou certificação de produto, de forma a que estejam reunidas condições de mercado que permitam a estas tecnologias competir com as incumbentes (Bergek et al., 2008a). Pode também ser relevante a criação de proteções de mercado para incentivar tecnologias emergentes quando de outra forma seria difícil que estas pudessem prevalecer (Hekkert & Negro, 2009). De referir que, para tecnologias relacionadas com a energia renovável, a formação de mercado pode igualmente ajudar a reforçar a sua legitimidade (Bergek et al., 2008b).

- v) **F5: Legitimidade:** uma tecnologia emergente necessita de aceitação social e de cumprir todos os requisitos legais e institucionais que o setor lhe imponha, pois estes requisitos são essenciais à sua difusão (Bergek et al., 2008a). O desafio inicial de uma nova tecnologia é também o de ganhar reconhecimento para o problema que pretende endereçar, bem como convencer os atores que essa tecnologia é a melhor solução para esse problema (Bauer et al., 2017). O reforço da legitimidade pode ser catalisado por coligação com um decisor político de forma a reunir condições necessárias para a prosperidade da tecnologia e superar a resistência à mudança (Hekkert et al., 2007). Trata-se de uma das funções mais importantes do STI, e pode reforçar outras funções, nomeadamente ao afetar as expectativas dos atores do mercado poderá influenciar a formação (e dimensão) do mercado (F4), e também a sua orientação de pesquisa (F2) futura (Bergek et al., 2008a). De referir que uma fraca legitimidade pode indicar falhas ao nível do funcionamento das instituições do TIS como um todo (Hekkert & Negro, 2009). A medição desta legitimidade é feita muitas vezes pela análise do alinhamento da legislação do setor ou indústria com o TIS, e de que forma é que esta tem conseguido influenciar o mercado, nomeadamente em termos da procura e da aceitação por parte do consumidor (Bergek et al., 2008a).
- vi) **F6: Mobilização de recursos:** esta função implica a alocação de recursos físicos, financeiros e humanos ao mercado, e trata-se de um pré-requisito económico para que qualquer tecnologia emergente tenha as condições necessárias para se poder desenvolver. Esta pode ser medida de diversas formas, seja por entradas de capital, fontes de financiamento disponíveis, acesso a *capital ventures*, qualidade e quantidade dos recursos humanos, entre outros (Bergek et al., 2008a).

vii) **F7: Externalidades positivas:** a natureza sistêmica de interação entre os diferentes agentes do TIS faz com que o desenvolvimento de externalidades positivas entre estes seja recorrente e importante ao desenvolvimento do sistema de inovação. Nesta função, a entrada de novos atores no TIS é crucial pois com isso permite-se o reforço de outras funções do sistema de inovação. Um novo entrante vem não só reforçar a formação de mercado, como também criar maior adesão e legitimidade à tecnologia. Por sua vez, esta maior legitimidade pode levar o governo a atuar sobre a direção da pesquisa no sentido de privilegiar cada vez mais esta tecnologia emergente. Novos atores no TIS permitem novas interações, maior fluxo de informação e, em suma, o reforço da difusão da tecnologia (Bergek et al., 2008a).

Hekkert et al. (2007) apresenta um modelo muito similar ao modelo de Bergek et al. (2008a), também com sete funções. A diferença mais notória entre estes é que estes autores não consideram a existência da função F7: Externalidades positivas, mas antes consideram a existência de um único tipo de externalidade positiva a que denomina de “difusão de conhecimento através de redes”. As restantes funções são idênticas entre os dois modelos, tanto que frequentemente aparecem de forma indiferenciada na literatura.

Não obstante desta semelhança, esse modelo vai um pouco além do que Bergek et al. (2008a), por reforçar a ideia que cada função deve ser analisada não apenas no seu contributo para o funcionamento geral do TIS, mas também pelo seu impacto no desenvolvimento de outras funções. Espera-se assim que este seja um modelo não-linear com interações múltiplas entre funções e que pode ter efeitos positivos ou negativos na performance geral do sistema (Hekkert et al., 2007). Os reforços positivos de uma função podem criar ciclos virtuosos noutras funções, ou pelo contrário, efeitos negativos de uma função podem criar efeitos adversos em outras funções.

Assim, Hekkert et al. (2007) identificaram três padrões de ciclos virtuosos bastante comuns, a que denominaram de motores da mudança. Em primeiro lugar, a F2: Orientação de pesquisa, promovida pelo governo, pode trazer novos recursos ao TIS e levar ao reforço da F1: Desenvolvimento e difusão de conhecimento, o que por sua vez aumenta as expectativas de todos os stakeholders do TIS. A F3: Atividades empreendedoras pode também ser um motor, tanto por afetar diretamente a F6: Formação de mercado, como

indiretamente por via do reforço de F5: Legitimidade, e consequentemente a F6: mobilização de recursos e a F1: Desenvolvimento e difusão de conhecimento.

Tanto o *framework* de Bergek et al. (2008a), como o de Hekkert et al. (2007) tem sido utilizados de forma recorrente na literatura, tendo estado por base em grande parte dos estudos realizados sobre TIS nos últimos anos, podendo portanto ser considerados como complementares. Por exemplo, recentemente Nurdiawati e Urban (2022) utilizaram a metodologia de Bergek et al. (2008a) para estudar as biorefinarias na Suécia, em comparação com outras tecnologias como o hidrogénio. Por outro lado, já Bauer et al. (2017) optaram por seguir a metodologia de Hekkert et al. (2007) para estudar as biorefinarias nesse mesmo país. Outros estudos são abordados no capítulo seguinte.

O presente estudo privilegia as funções descritas por Bergek et al. (2008a), por considerar que a F7: Externalidades positivas deve ser discutida num contexto de difusão de tecnologia de relevo para a transição energético, algo que não é evidenciado em Hekkert et al. (2007). Feita a análise funcional, este modelo pode ser complementado na discussão de resultados pela análise aos motores de mudança de Hekkert et al. (2007), com foco na interação entre as diferentes funções. Esta complementaridade é benéfica e ajuda à melhor compreensão do TIS.

Por fim, é objetivo último destes *frameworks* a identificação de barreiras e desafios à evolução do mercado, e a sugestão de políticas que possam incentivar a difusão da tecnologia.

Adicionalmente, é de referir a importância dos contributos da teoria da difusão da inovação oriundos de Rogers (2003), e em particular os determinantes da adoção de inovações referidos na **Tabela 1**. A característica sistemática do estudo de difusão destas tecnologias, dependente de estruturas de suporte e articulação entre atores, faz com que estes modelos não sejam usados de forma direta. Não obstante, estes permitem um reconhecimento mais claro e objetivo do funcionamento do TIS, sendo, portanto, uma importante ferramenta ao estudo.

2.3. Estudos empíricos

De forma geral, é reconhecido o papel cada vez mais preponderante dos biocombustíveis (inclusive os avançados) para a descarbonização no curto prazo, e com o especial foco para o transporte aéreo, marítimo e o transporte de mercadorias (IRENA, 2019). Todavia, a disponibilidade limitada de recursos, limitações atuais da tecnologia, e dúvidas quanto ao real

impacto do ciclo de vida dos biocombustíveis para o meio ambiente criam barreiras a que este substitua integralmente ao petróleo nos transportes (Puricelli et al., 2021).

Achinas et al. (2019) denotam que a indústria europeia dos biocombustíveis apresenta um elevado desenvolvimento tecnológico face a outras geografias, mas ainda assim salientam a necessidade de foco na legislação para alavancar processos na indústria e promover a difusão da tecnologia mais uniforme entre os vários países da UE. Já Panoutsou et al. (2021) reforçaram a necessidade do poder político atuar sobre o elevado preço dos biocombustíveis e as difíceis condições de acesso a capital a potenciais investidores, fatores que têm limitado o investimento, o aumento da eficiência de processos e o crescimento do mercado. Como o mercado existe por intervenção do governo, tendo em conta as suas metas ambientais e estratégia energética (IRENA, 2019), torna-se crucial analisar o impacto dessas políticas públicas. Ribeiro et al. (2017) analisaram esses impactos, e concluíram que: i) os incentivos à I&D são cruciais à difusão dos biocombustíveis; ii) é preferível a aposta em medidas que conduzam a uma redução do preço dos biocombustíveis e aumento da disponibilidade do produto ao consumidor final em detrimento de subsídios avulsos; iii) a maior tributação dos produtos petrolíferos beneficia todos os combustíveis alternativos; e iv) dada a incerteza da evolução do preço do crude no futuro, o preço competitivo de exploração dos biocombustíveis poderá vir a mostrar-se mais elevado do que inicialmente era previsto. Não obstante destes impactos, a inclusão de diferentes atores no processo de tomada de decisão deverá ser privilegiado, de forma a melhor antecipar potenciais impactos da adoção de novas tecnologias e permitir um melhor equilíbrio e cooperação entre os *decision-makers* e a indústria (Lucia & Ribeiro, 2018).

Outros estudos foram identificando outras barreiras, e foram compilados por IRENA (2019), das quais se destacariam adicionalmente: incerteza política; incerteza sobre metas ambientais subsídios e taxas; elevado custo de produção e investimentos em custos de capital para estes combustíveis, *Blend-wall*, infraestrutura insuficiente relativa às MP, visão ambígua de longo prazo em termos de estratégia e mercado; fraca aposta na descarbonização dos setores aéreo e marítimo, e a certificação da sustentabilidade.

IRENA (2019) promoveu também um inquérito internacional à indústria dos biocombustíveis avançados para recolher perceções sobre a evolução do setor. Os resultados sugerem que a tecnologia e acesso ao financiamento são adequados para a difusão em larga escala destes combustíveis, e que o setor dos transportes necessita de múltiplas soluções para

uma mobilidade sustentável. A necessidade de um ambiente regulatório estável e previsível é apontada de forma quase unânime pela indústria, pois não só a incerteza criada pela regulamentação limita o investimento, como também as políticas relativas a subsídios, metas e níveis de *blending* não têm sido claras. Do inquérito destacaram-se ainda algumas considerações relevantes, nomeadamente: i) forte convicção da existência de MP suficiente no mercado, ainda que permaneçam dúvidas quanto à possível disrupção na produção pela utilização de MP de pior qualidade; ii) as infraestruturas existentes no setor dos transportes deverão beneficiar a proliferação destes combustíveis; iii) o inequívoco desagrado com a incerteza causada pela legislação do setor; e iv) não é consensual a fiabilidade dos métodos e técnicas para medir o impacto ambiental, e das medidas que deverão ser tomadas a este nível (IRENA, 2019).

No que concerne à análise de sistemas tecnológicos de inovação, Nurdiawati e Urban (2022) realizaram um abrangente estudo da descarbonização do setor das refinarias na Suécia, (um dos países vanguardistas nesta área), onde analisaram os biocombustíveis em comparação com outras tecnologias tais como o hidrogénio verde. Os autores salientam a forte pressão do mercado devido às metas ambientais impostas, bem como o papel dos novos incumbentes, em especial PME, que juntamente com as refinarias atuaram ativamente à criação de novos nichos de mercado e de um ecossistema de inovação. É também referido que o *know-how* e infraestruturas existentes para os biocombustíveis lhes conferem uma vantagem importante à sua adoção quando comparado com outras tecnologias ainda emergentes. A análise funcional sugere existir uma forte difusão do conhecimento, a existência de redes funcionais cooperativas entre os vários atores do TIS, e uma ambição clara de longo prazo do governo. Porém, a promoção específica dos biocombustíveis avançados é ainda residual, e existem também problemas na legitimidade da tecnologia pela fraca reputação da utilização de algumas MP e incerteza sobre os critérios de sustentabilidade a vigorar para o futuro (Nurdiawati & Urban, 2022).

Fevolden e Klitkou (2017), por outro lado, retratam o insucesso da Noruega em promover os biocombustíveis avançados no país. O argumento de que a indústria petrolífera incumbente impediu uma entrada assertiva de novas empresas inovadoras no setor através da aquisição de todo o capital de risco (limitando a mobilização de recursos e as atividades empreendedoras), e por centrar em si todo o expertise do mercado (limitando a difusão de conhecimento) obteve reduzida evidência. No entanto, ficou claro que o governo falhou em

fornecer um adequado suporte ao desenvolvimento de biocombustíveis avançados, mais concretamente sob a forma de uma regulamentação estável e previsível. Por exemplo, a súbita abolição da isenção de um imposto sobre o *biodiesel* não impactou apenas o mercado. O sentimento de incerteza levantou dúvidas sobre a direção do conhecimento e, a seu tempo, levou a um desinteresse geral em se investir na produção de *biodiesel*, o que culminou numa menor mobilização de recursos e diminuta atividade empreendedora (Fevolden & Klitkou, 2017).

Uma diferente perspetiva de uma economia emergente é apresentado por Maziar e Avvari (2012) que estudam o TIS na Malásia. Enfatiza o forte contributo do governo não só na criação de mercado com a estipulação de um B5 (obrigatoriedade de incorporação de 5% de *biodiesel* no gasóleo rodoviário comercializado em Portugal), mas também na formação de conhecimento e impulso da atividade empreendedora, nomeadamente com a promoção de I&D pelas instituições públicas que trouxe confiança e legitimidade ao mercado para a utilização de novas MP. Porém, ao estar alicerçada na exportação, numa carteira de clientes pouco diversificada e de elevado poder negocial, o crescimento desta indústria acaba por ser limitado.

Bauer et al. (2017) analisaram o TIS do ponto de vista das biorefinarias. Os autores indicam existirem poucas oportunidades para as PME atuarem e que a atividade empreendedora acaba por estar limitada pelo seu custo elevado, dificuldade em se desenvolverem novas propostas de valor e por interesses ocultos na indústria. Salienta, ainda que os efeitos de *lock-in* às tecnologias incumbentes levam a que a indústria privilegie produtos conservadores de menor valor acrescentado e desconsidere processos mais radicais, a menos que exista um forte incentivo de mercado que supere o risco associado.

O estudo de outras tecnologias também trazem alguns *insights* à discussão. Eriksson (2021) ao estudar a utilização do hidrogénio para o setor dos transportes de mercadorias, conclui que apesar da indústria estar na vanguarda, a legislação e a visão de longo prazo do governo não têm acompanhado o ritmo. Bach et al. (2020), ao estudarem a utilização de hidrogénio e eletricidade no setor marítimo, reforçam a importância do *Public Procurement* para que certas tecnologias possam ganhar *momentum* e se tornem viáveis no futuro.

No que diz respeito ao mercado português, alguns relatórios como o da ERSE (2021) têm sido importantes para um acompanhamento da evolução do setor. Não obstante, a literatura científica carece de estudos sobre o TIS emergente nesse mercado.

3. Metodologia

O estudo pretendido assenta na adoção de uma metodologia qualitativa que conjuga uma análise de literatura aprofundada com o método de entrevistas. Decidiu-se focar no mercado português do *biodiesel* por vários motivos. Em primeiro lugar, centrar a análise apenas no *biodiesel* permite obter *feedback* mais apurado por parte dos atores do ecossistema, o que seria difícil se se estivessem a estudar em simultâneo vários tipos de combustíveis alternativos (ainda que próximos e/ou pertencentes a um ecossistema equiparado). Em segundo lugar, a escolha do mercado português recai não só nas suas características e evolução no passado recente, mas também porque se conclui que dadas as particularidades e legislação específica dos mercados de cada país-membro da UE, que não só a comparabilidade dos dados sairia prejudicada, dificultando uma análise mais macro dos respetivos sistemas de inovação, como também a amostra representativa teria de ser consideravelmente maior para estar garantida a robustez dos dados recolhidos.

Numa primeira fase, foi realizada uma análise aprofundada da literatura sobre as oportunidades e desafios à difusão e adoção de combustíveis alternativos, com foco no *biodiesel* e no funcionamento do mercado. Esta análise privilegiou não só artigos científicos, mas também conferências, relatórios e posições públicas de vários atores deste ecossistema.

Numa segunda fase, o método de entrevista procurou chegar a vários atores do mercado de *biodiesel* português para que fosse possível colmatar o risco de obter resultados distorcidos ou enviesados.

Dada a reduzida dimensão do mercado e elevada competição existente, optou-se por manter o anonimato dos testemunhos recolhidos de forma a garantir uma maior abertura e transparência de todos os entrevistados. Assim, no seguimento do relatório qualquer informação recolhida das entrevistas será identificada conforme descrito no ponto 3.3. De referir também que são utilizados dados recolhidos de relatórios ou posições públicas, sendo que estas mencionam o seu autor.

3.1. Método de análise

O estudo pretendido assenta na adoção de uma metodologia qualitativa. Este método é particularmente útil quando se pretende explorar a questão de investigação para além das ideias e conceitos já socialmente preconcebidos, e que pode permitir trazer nova informação

à literatura existente (Saunders et al., 2019). Adicionalmente, a complexidade deste estudo recai na diversidade de atores presentes neste sistema de inovação que têm visões e interesses distintos no futuro da transição energética, e cujas opiniões e estratégias são frequentemente baseadas em estimativas ou especulações, assentes na experiência ou intuição, da forma como o mercado e a tecnologia irão evoluir nos próximos anos. Assim, este método de análise permite reunir informação privilegiada e apropriada para se perceber a dinâmica do mercado (Saunders et al., 2019).

Dentro dos tipos de estudos quantitativos, este classifica-se como um estudo de caso, que neste caso assenta sobre um sistema de inovação. De acordo com Yin (2003), tal método mostra-se adequado para esta investigação, com recurso a observação direta ou método de entrevista, uma vez que o objetivo passa por entender o “como” ou o “porquê” de acontecimentos recentes sobre os quais não temos controlo. Segundo o autor, trata-se de um método interativo de investigação que pode ser dividido em seis etapas, nomeadamente o planeamento, *design*, preparação, recolha dos dados, análise e divulgação dos resultados.

3.2. Recolha dos dados

Os dados foram recolhidos principalmente através do método de entrevistas a vários atores do mercado, nomeadamente produtores, fornecedores, incorporadores, associações, reguladores e consultores, dada a necessidade de auscultar os vários elementos do sistema de inovação. Adicionalmente, foi recolhida informação da conferência “Os Biocombustíveis na Transição Energética” promovida pela APPB – Associação Portuguesa de Produtores de Biocombustíveis (APPB, 2022), que reuniu diversos atores no mercado, bem como a informação disponibilizada por estes nas suas apresentações. Recorreu-se aos relatórios realizados pela ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE, 2021) e a ABA – Associação de Bioenergia Avançada (ABA, 2022), e informações públicas disponibilizadas pela ENSE - Entidade Nacional para o Setor Energético E.P.E. (ENSE, 2022) e o LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG, 2022).

Foram iniciadas 19 tentativas de contato com atores relevantes no setor. Destes 14 mostraram-se disponíveis para colaborar com o estudo, tendo-se agendado as entrevistas por email. Foram realizadas 14 entrevistas, tendo 4 sido realizadas presencialmente e 10 através de videochamada, e com uma duração total de aproximadamente 15 horas e 04 minutos.

3.3. Unidade de análise

A primeira análise consistiu na caracterização das entrevistas realizadas que compõem a principal unidade de análise deste estudo, representados na **Tabela 2**.

Tabela 2. Caracterização das entrevistas

Nº Entrevista	Tipo de Ator	Origem	Duração
E1	Regulador / Fiscalizador	Nacional	00:30
E2	Regulador / Fiscalizador	Nacional	01:30
E3	Associação	Europeu	00:35
E4	Associação	Europeu	00:30:
E5	Associação	Nacional	01:12
E6	Produtor	Nacional	01:07
E7	Produtor	Nacional	01:28
E8	Produtor	Nacional	00:28
E9	Consultor	Europeu	03:00
E10	Consultor	Nacional	00:52
E11	Fornecedor	Nacional	00:36
E12	Fornecedor	Nacional	01:18
E13	Incorporador	Europeu	01:30
E14	Utilizador	Nacional	00:28
Total			15:04
Média			01:04

As entrevistas foram classificadas com um número de forma a garantir o anonimato dos intervenientes. Optou-se por identificar de forma abrangente o tipo de ator, por se considerar relevante se perceber se um dado contributo resultou da indústria, de uma associação ou de um regulador e/ou fiscalizador, o que melhora a perceção das dinâmicas desta indústria. Todavia, não se individualizou a função de cada entrevistado por essa informação potencialmente pode conduzir à sua identificação.

Todas as pessoas entrevistadas possuem conhecimento técnico e experiência neste mercado, e atuam em posições de relevo dentro das respetivas organizações (administrador,

função de direção, técnico superior, entre outros, usualmente cargos de autonomia e de tomada de decisão), pelo que se considerou como válido e uma mais valia os respetivos contributos.

Foi ainda entrevistado um “utilizador”, a que corresponde uma empresa de média dimensão que tem efetuado testes para incorporar uma maior percentagem de *biodiesel* para consumo da sua frota própria, e como tal o seu parecer técnico é também relevante.

3.4. Análise dos dados

A análise de dados ocorreu em cinco fases, conforme **Figura 5**.

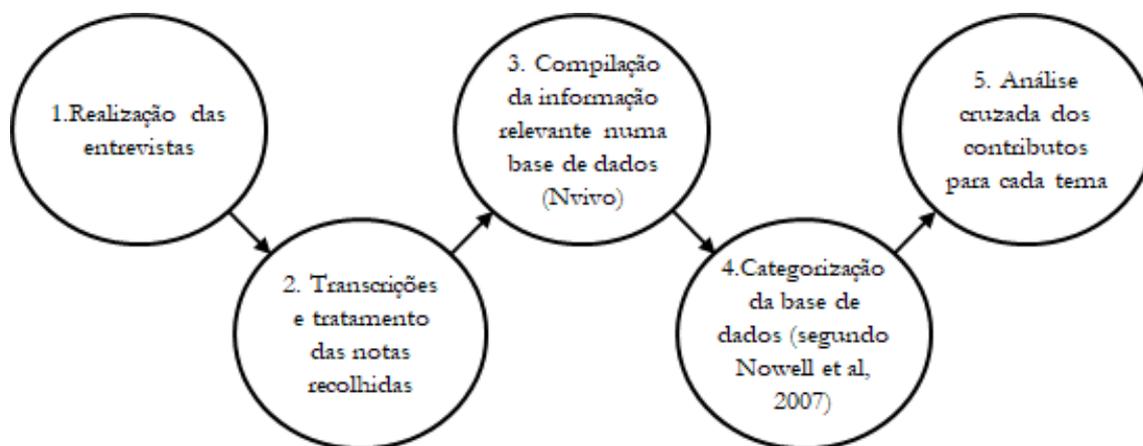


Figura 5. Método de análise dos dados adotado

O processo de entrevistas foi precedido por uma primeira reunião com um dos entrevistados para validar o entendimento geral da informação previamente recolhida. Nesta fase, foi elaborado um guião de entrevista que consistia e questões semiabertas, deixando espaço para que o ator pudesse trazer novos *insights* à discussão. Após a primeira entrevista, e de se ter participado na conferência promovida pela APPB (2022), o guião de entrevista foi ligeiramente modificado. Esta versão modificada acompanhou as restantes 13 entrevistas, mas sempre com liberdade para se incluir novas perguntas ou se abster de outras, atendendo à forma como a entrevista estava a ser conduzida e da perceção daquilo que o ator podia contribuir para este estudo. O guião de entrevista está disponibilizado no **Anexo A** desde documento.

O tratamento dos dados foi feito com o máximo rigor. A maioria dos entrevistados permitiu que a entrevista pudesse ser gravada, e que culminou em transcrições cuidadas. Quando tal não foi possível, foram feitas anotações ao longo de toda a entrevista.

A compilação de todos os dados foi realizada após todas as entrevistas serem concluídas. Estas foram numeradas, sendo que depois foram seguidas as indicações de Nowell et al. (2017) sobre análise temática. Os autores referem a importância de ser feita uma primeira leitura de todos os elementos recolhidos para existir um entendimento pleno da informação obtida e que esta esteja organizada numa base de dados consistente. Para esse efeito, utilizou-se o software Nvivo, que viria a ser a ferramenta principal de armazenamento e análise deste trabalho. De seguida, procedeu-se à codificação dos textos recolhidos, de uma forma detalhada. Posteriormente, esses códigos foram organizados por temas que, por sua vez, foram cruzados com as funções do *framework* do TIS para que dessa forma fosse possível ter uma visão agregada da base de dados.

Procurou-se dividir a informação entre barreiras, oportunidades, drivers de mercado, e uma análise funcional recorrendo ao *framework* do TIS, conforme baseado em Bergek et al. (2008a), de acordo com a **Figura 4**. A análise teve também em consideração a existência de possíveis relações virtuosas entre as diferentes funções, tal como sugerido por Hekkert et al. (2007), embora esse não fosse o foco principal da análise. Os contributos da teoria da difusão de inovação foram também levados em consideração, uma vez que os determinantes identificados pela teoria são uma mais-valia à identificação de potenciais barreiras ou oportunidades, e para melhor entender potenciais relações entre os vários elementos do TIS.

Por fim, com a informação compilada por tema tentou-se perceber as consonâncias e divergências do discurso dos vários agentes, bem como relações entre as várias categorias. O capítulo 4 apresenta os resultados da análise que foi descrita.

4. Resultados e discussão

4.1. O desenvolvimento do setor dos biocombustíveis em Portugal

O mercado do *biodiesel* português apresentou uma disrupção significativa na última década. Os eventos mais relevantes estão expressos na **Figura 6**.

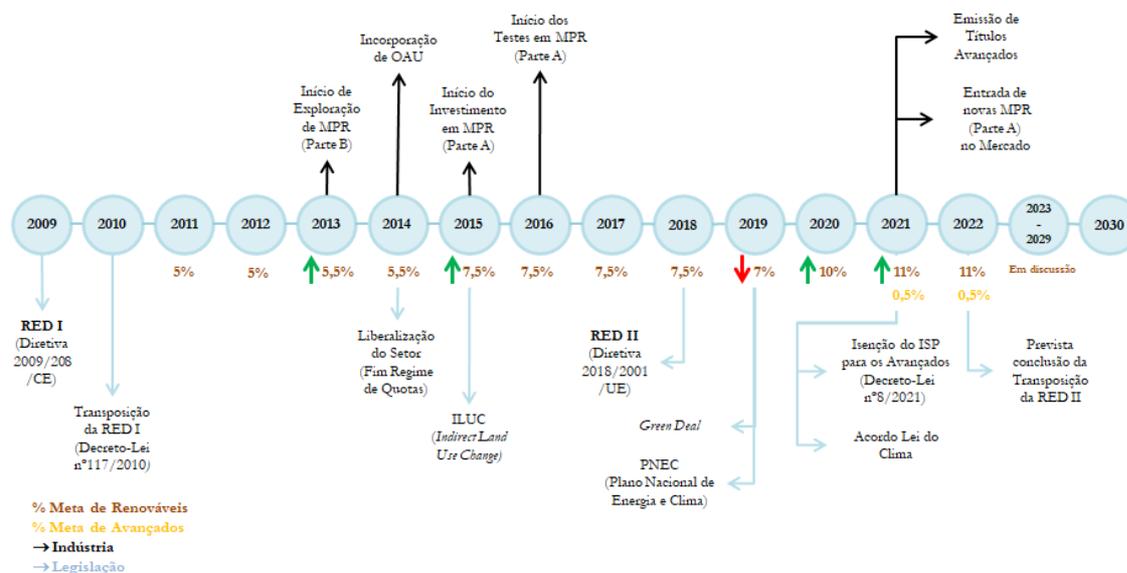


Figura 6. Evolução do mercado de *biodiesel* em Portugal. Adaptado de ABA (2021)

O Decreto-Lei n.º 117/2010 (DRE, 2010), veio transpor a RED I e estabelecer as regras a seguir por produtores e incorporadores de *biodiesel*, nomeadamente em termos de preços, quotas de produção e obrigações de incorporação de *biodiesel*. A incorporação de biocombustíveis no gasóleo tornou-se obrigatória em 2011, com uma meta de 5%. Nos anos seguintes, até sensivelmente 2015, a descarbonização foi dominada pelo esforço de substituição do petróleo “enquanto monopolista da energia para a mobilidade” (ABA, 2021). O ano de 2014, quer por pressão da UE quer como tentativa de aliviar os contribuintes do sobrecusto dos biocombustíveis, ficou marcado pela liberalização do mercado com a abolição do sistema de quotas que até então protegia a indústria nacional (ainda que Portugal tenha posteriormente subvertido durante algum tempo a entrada de novos *players* com recurso ao mecanismo do entreposto fiscal de transformação de biocombustíveis). A maior competitividade do setor levou ao choque entre pequenos produtores isolados e produtores que detinham negócios verticalizados a montante (óleos e razões) ou a jusante (distribuição de combustíveis), pelo que o ganho de vantagens competitivas virou para a experimentação de novos processos produtivos e a utilização de MPR. Com a Diretiva (EU) 2015/1513 que promoveu as MP residuais e sustentáveis, começou a tornar-se claro que cada vez mais o

mercado do *biodiesel* teria de caminhar para a sustentabilidade e a promoção da economia circular.

O mercado começou a transitar mais rapidamente a partir de 2015, com a substituição dos OVV (óleos vegetais virgens) por resíduos, numa primeira fase OAU (óleos alimentares usados), cujo reconhecimento pela UE da sua elevada sustentabilidade garantiu a atribuição de um regime de dupla contagem (ABA, 2021).

Em 2018, a RED II (2018) marca uma viragem importante na validação dos biocombustíveis como parte preponderante da estratégia de descarbonização da Europa, e muda-se o foco para a utilização de MPRA – outros resíduos alimentares e industriais – cuja utilização passa a ser de especial interesse ecológico no espaço europeu, e que mais recentemente passam a ter a sua própria submeta de incorporação. Ainda que Portugal não tenha concluído a transposição da RED II (2018) para a legislação portuguesa, o comprometimento com as metas europeias tem se mostrado forte.

Em 2020, a meta de renováveis nos transportes subiu para 10% o que se mostrou desafiante, mas Portugal conseguiu cumprir a meta com grande sucesso, com forte contributo da incorporação de *biodiesel* de dupla contagem (em especial proveniente de óleos usados) e muito ténue contributo dos veículos elétricos e do *biodiesel* avançado.

Como efeito de todo este processo, o Decreto-Lei nº 8/2021 concedeu ao *biodiesel* avançado uma vantagem fiscal extremamente significativa pela isenção do ISP (imposto sobre os produtos petrolíferos), e a obrigação de incorporação de 0,5% deste biocombustível e o aumento da meta geral para 11%. Os resultados alcançados em 2021 foram animadores, uma vez que os combustíveis avançados superaram largamente as expectativas conseguindo alcançar uma incorporação de 1,7% (ENSE, 2022). Está também prevista a conclusão da transposição da RED II (2018) até ao final de 2022.

É esperado que no futuro as metas continuem a aumentar. Não só o enquadramento legislativo português contempla o reforço da utilização de energias renováveis, como a Diretiva Europeia indica que a meta de 32% estabelecida para 2030 poderá inclusive ser reforçada (European Commission, 2022b). Embora já tenha sido sugerido em 2021 o aumento dessa meta para 40%, mais recentemente o plano RePowerEU veio sugerir o aumento da meta para 45% com vista a reduzir mais rapidamente a dependência energética face à Rússia, baixar o preço da energia, e diminuir as importações (European Commission, 2022c). Tal afigura-se como uma oportunidade à difusão dos biocombustíveis no mercado Europeu.

4.2. Definição do TIS

Pela análise do mercado português do *biodiesel*, dos *insights* recolhidos na conferência da APPB (2022) e das entrevistas realizadas, foi possível desenhar o esquema organizacional do TIS do mercado português do *biodiesel* que se encontra ilustrado na **Figura 7**.

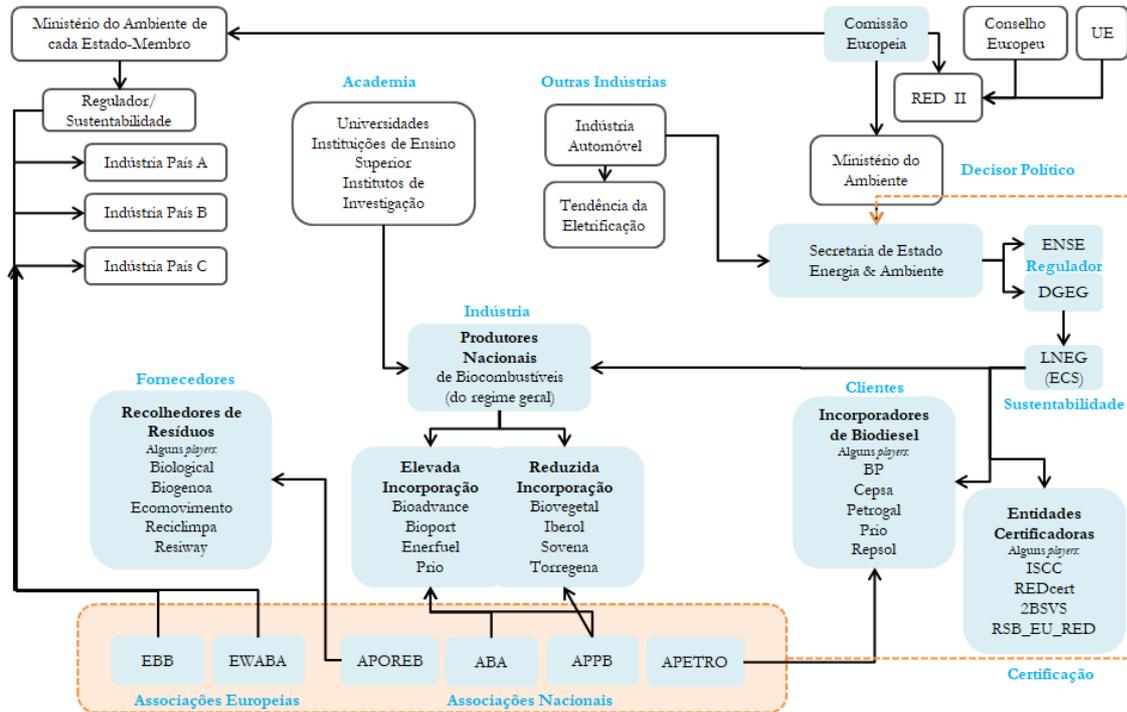


Figura 7. Esquema TIS do mercado de *biodiesel* em Portugal, elaboração própria.

O mercado resulta da obrigação atual de incorporação de 11% de teor energético de biocombustíveis no combustível rodoviário, com uma submeta de 0,5% para os biocombustíveis avançados. Este assemelha-se a um mercado grossista, com interação entre os produtores de *biodiesel* e os incorporadores que posteriormente efetuam o *blending* desse produto no gasóleo. (ERSE, 2021).

A indústria é composta por 8 produtores de *biodiesel* do regime geral, que correspondem à esmagadora maioria do *biodiesel* produzido em Portugal, seguidos de 9 pequenos produtores dedicados com uma expressão residual no mercado. Segundo o Decreto-Lei n.º 8/2021 (DRE, 2021), estes produtores correspondem a entidades que produzam biocombustíveis em território nacional em entreposto fiscal de transformação, e que estejam registados na ECS (Entidade Coordenadora do Cumprimento dos Critérios de Sustentabilidade dos Biocombustíveis e Biolíquidos). Existe desde logo um posicionamento diferente no mercado:

os produtores de reduzida incorporação privilegiam ainda a produção de biocombustíveis de primeira geração, já os produtores de elevada incorporação apostaram na transição para biocombustíveis de segunda geração, e são, inclusive os que têm tido uma atitude mais empreendedora em relação às MPRA.

A garantia do cumprimento dos critérios de sustentabilidade das normas europeias e nacionais cabe à ECS, parte integrante do Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia (LNEG). A ECS exige ao produtor que tenha sempre em sua posse uma DN (*Delivery Note*) da MP comprada e que emitam aos seus clientes uma POS (*Proof of sustainability*) que ateste a sustentabilidade dos lotes de *biodiesel* produzidos (E2). Os produtores devem registar toda a documentação requerida no portal único da ECS, divulgando entre outros os volumes produzidos, MP utilizadas na produção, a quem entregaram o *biodiesel*, entrepostos fiscais, entre outros. Tudo é feito com base em autodeclaração, sendo que a ECS irá depois fiscalizar essa documentação e autorizar a emissão dos Títulos de *Biodiesel* (TdB) correspondes (E9).

A Entidade Nacional para o Setor Energético (ENSE) é a entidade responsável pela gestão das reservas de produtos petrolíferos, e a quem compete a fiscalização e supervisão do setor energético. Esta fiscaliza o mercado do *biodiesel* e é também responsável pela emissão dos TdB que foram previamente autorizados pelo LNEG. Uma vez emitidos, os TdB são entregues aos produtores para que acompanhem o *biodiesel* no ato de venda. Este título corresponde a um multiplicador (neste caso 0,788) de cada m^3 de *biodiesel* produzido, e pode ser bonificado, no caso do *biodiesel* ser feito a partir de MP na qual seja atribuída dupla contagem, ou então de biocombustível avançado (E2). Já a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), por sua vez, é uma entidade que também regula o mercado dos biocombustíveis, estando responsável pelo acompanhamento do mercado dos TdB, pela realização de estudos periódicos sobre o setor, e pela estimativa do sobrecusto do *biodiesel* no preço dos combustíveis (E2).

Os Incorporadores de *Biodiesel* têm a responsabilidade de efetuar o *blending* deste no gasóleo conforme a legislação em vigor, sendo que estes devem entregar os TdB à ERSE no sentido de comprovar a sustentabilidade do produto para que esse possa ser contabilizado para o cumprimento das metas ambientais (E13).

Os principais Fornecedores deste mercado são cada vez mais os recolhedores de resíduos devido à transição que se está a fazer para o uso de MPR e MPRA. Os seus produtos são geralmente óleos alimentares usados e gorduras alimentares, ou então óleos técnicos

secundários com elevado nível de acidez, tais como oleínas ácidas, lamas resultantes do tratamento primário de resíduos (domésticos, indústrias, florestais ou de esgotos), ou outros (E13). De realçar a importância de todo o processo de recolha de resíduos a montante, que permite que com recurso a tratamento dos resíduos, se recuperem importantes recursos hídrico e se providenciem MPR que serão depois valorizadas pelas biorefinarias (E5).

As associações de empresas deste setor são várias, sendo que cada uma procura atender às necessidades e ambições dos seus respetivos associados. A Associação Portuguesa de Produtores de Biocombustíveis (APPB) zela pelos interesses de todos os produtores, ainda que se reconheça que as suas raízes estão mais vincadas nos combustíveis de primeira geração, e como tal encontra-se mais ligada aos produtores de reduzida incorporação. A Associação de Bioenergia Avançada (ABA) nasceu com o intuito de lutar pelas convicções dos produtores de elevada incorporação de MPR e de trazer maior sustentabilidade e contributo à economia circular no mercado dos biocombustíveis. Alguns dos membros da ABA são também incorporadores ou recolhedores. A *European Biodiesel Board* (EBB) e a *European Wasted-based and Advanced Biofuels Association* (EWABA) são associações equivalentes à APPB e à ABA, respetivamente, mas que atuam no contexto europeu. A grande dificuldade destas associações, e que por vezes resulta numa crise de identidade, resulta do facto dos seus membros serem por vezes heterogéneos e terem interesses distintos, pelo que enquanto associação se torna difícil encontrar uma voz comum ao setor dadas as diferenças entre os seus atores. Por fim, é de referir a importância da Associação Portuguesa de Operadores de Resíduos para as Bioenergias (APOREB) e a Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas (APETRO) com os seus importantes contributos a apoiarem as empresas a montante e a jusante que são relevantes para este setor (E1, E3, E4, E5, E8).

É de salientar também o importante papel da Academia na difusão do conhecimento e no auxílio à investigação nesta área, seja pelo contributo das Universidades (conhecimento endógeno ou estágios realizados junto das empresas), seja ao nível dos institutos de investigação.

4.3. Oportunidades e *drivers* do mercado português

A pertinência da utilização de biocombustíveis na descarbonização dos transportes reuniu consenso entre os entrevistados, conforme era expectável. A indústria reconhece que o papel de longo prazo do *biodiesel* privilegiará os setores da aviação, marítimo e os transportes

de mercadorias de longa distância (**E1, E3, E10**), não sendo claro qual o rumo que ocorrerá no transporte de passageiros apesar da recente abolição de vendas de novos ICE na UE a partir de 2035 (**E1**). É forte a convicção de que os ICE ainda irão permanecer na estrada pelo menos até 2050, pelo lento ritmo de renovação de frota que se espera e pelas assimetrias de rendimento dos europeus (**E2, E3, E9**), mas também porque os EV necessitam de maior fiabilidade, infraestruturas e autonomia para chegar a todos os consumidores (**E7, E10**). Assim, esta visão indica existirem condições importantes ao desenvolvimento deste mercado.

Defende-se também que não existe uma “*silver bullet*” e que são necessárias todas as soluções para uma rápida transição energética (**E3**), e que essa complementaridade de várias soluções permite maior flexibilidade, o aproveitamento das infraestruturas já existentes, e torna-se economicamente mais vantajoso do que “eletrificar” todos os transportes (**E5**).

Quando questionados acerca da inovação na última década, considerou-se que esta tem sido constante e que a modernização das fábricas e otimização dos processos permitiu à indústria adaptar-se de forma a diversificar o seu produto e tratar MP provenientes de resíduos cada vez mais complexos (**E3**). A tecnologia para o tratamento de resíduos é, portanto, vista como estando desenvolvida no mercado português (“os resíduos não deixam de ser um produto lipídico que necessita apenas de um tratamento diferenciado” – **E5**), e foram dados passos importantes no que diz respeito ao *biodiesel* avançado, tanto do nível dos produtores como da restante cadeia de valor (**E5, E9**). Considera-se que o produto nacional é de boa qualidade e que os produtores revelam competência, espírito inovador e inspiram confiança, o que indica potencial de competitividade face a outros mercados (**E13**). Nesse sentido, não existindo ainda um mercado de bioenergia avançada na Europa que esteja desenvolvido, Portugal encontra-se bem posicionado para no futuro próximo aproveitar essa oportunidade de mercado (**E5, E6, E9, E10**), ainda que se reconheça a sua atual reduzida capacidade de produção e exportação de *biodiesel* face à dimensão do mercado europeu (**E7**).

Avançar para uma maior difusão do *biodiesel* requer estipulação de metas mais ambiciosas e incentivos promovidos pelo governo, permanecendo apenas a dúvida sobre se a UE irá permitir velocidades distintas de descarbonização entre os diferentes países membros, especialmente no que diz respeito à bioenergia avançada onde Portugal se começa a destacar (**E9**). Ainda que não se possa considerar que a tecnologia de esterificação ácida seja uma tecnologia emergente, espera-se que o mercado vá sofrer mudanças rápidas e que Portugal

tenha condições para poder ser um “HUB” interessante para o biocombustível avançado (E10).

A utilização de misturas mais ricas também tem sido referenciada, e a possibilidade de se utilizar pelo menos o B10 (incorporação de 10% de *biodiesel* no gasóleo), o que reforçaria este mercado (E5, E13). Alguns países já praticam maiores níveis de incorporação, o que é sustentado com vários estudos e pareceres técnicos quanto à sua viabilidade e segurança (E14), sendo, portanto, necessário se ultrapassar o estigma social, os interesses ainda vigentes de *lobbies* (E4), e melhorar o fluxo de informação junto da indústria automóvel (E14).

A economia circular constitui também uma oportunidade de mercado. “O mercado anda esquizofrénico, pois se por um lado queremos produzir combustíveis a partir de resíduos, também é verdade que se pretende acima de tudo reduzir os resíduos e desperdícios gerados pela sociedade” – E11. O *biodiesel*, para além de ser uma solução transitória para o problema energético, permite criar políticas de valorização de resíduos que de outra forma teriam de ser tratados ou enviados para aterro (E11).

4.4. Barreiras e desafios à difusão da tecnologia

A legislação europeia tem favorecido a eletrificação, algo que tem sido acompanhado pelo governo português, e tal pode ser uma barreira para o *biodiesel*. O assunto é controverso.

A conferência da APPB (2022) foi palco disso quando discutido sobre a neutralidade tecnológica. Vários atores do *biodiesel* reforçaram a necessidade de o regulador assegurar o equilíbrio de forças entre as várias tecnologias, sem beneficiar nenhuma em particular, até porque todas serão necessárias. Tal é o exemplo da Suécia, onde as políticas adotadas pretendem ser, na sua maioria, tecnologicamente neutras, não discriminando uma tecnologia em detrimento de outra (Nurdiawati & Urban, 2022). Já João Galamba, Secretário de estado do Ambiente e da Energia, defendeu que esse conceito não existe, sendo aposta do governo a eletrificação dos transportes, e o *biodiesel* é visto como “como algo de nicho no futuro do setor rodoviário” (APPB, 2022). A génese desta posição não é a de que o estado não apoia o setor – muito pelo contrário, o desenvolvimento dos últimos dois anos advém muito dos incentivos que foram dados aos biocombustíveis avançados (E5). O que se pretende transmitir é que o mercado necessita de tomar decisões de investimento ponderadas e garanta a flexibilidade necessária para que se possa transitar para outros mercados no futuro (APPB,

2022). Os atores do mercado do *biodiesel* estão convictos que essa mudança não ocorrerá no curto/médio prazo, até porque a situação económica portuguesa e a sua frota envelhecida não permitem que transitemos tão rapidamente para os EV quanto outros países (E4, E9).

As mudanças legislativas constantes ao nível da RED II (2018) impedem também uma perspetiva de longo prazo para que se possa desenvolver um plano de negócios sustentado. “Na ânsia de se querer fazer sempre melhorias na letra da lei, o legislador acaba por trazer incertezas indesejadas ao investidor” (E1). “Ninguém faz investimento sem ter uma legislação que o permita, e se não tiver massa crítica. Portugal tem indefinições que não têm ajudado, e especialmente os produtores são confrontados hoje com uma indefinição muito grande e algum risco por força da legislação” (E13). A não estipulação de metas para 2022 em tempo devido e o atraso na transposição da RED II para o normativo português tem efeitos para o mercado (E12). É uma das principais críticas da literatura IRENA (2019).

A falta de agilidade e complexidade das interações das empresas com os reguladores do mercado é também vista como um desafio. Tal acontece não só pela existência de várias entidades a quem é necessário remeter informação distinta (ECS, LNEG, ERSE, ENSE), e que não cruzam informação entre si, como por processos como a validação de novas MP, que pode se mostrar bastante demorado num mercado em constante mudança (E6, E7).

A cadeia de valor, nomeadamente no que diz respeito à escassez de resíduos para a produção de *biodiesel*, em especial avançado, tem também sido apontada como barreira e limitação à escalabilidade do mercado. (E6, E7). Existe seguramente muito a fazer no que diz respeito à recolha de MP residual, alias João Galamba reconheceu a necessidade de melhorar a política de resíduos, tornando-a mais forte (APPB, 2022). Todavia, essa recolha não será certamente suficiente para colmatar as necessidades potenciais deste mercado (E11).

A guerra na Ucrânia é vista como um desafio atual, pois a Ucrânia é um grande produtor de colza que ainda é usado no mercado do *biodiesel* e que afeta a formulação de preços (E6). Porém, para o mercado português não foi a falta de MP em si que constituiu um problema, mas sim a larga especulação de preços que se tem feito sentir junto destas *commodities* (E11). Essa pressão tem-se sentido mesmo antes do início da guerra, e afetam o preço não só dos OVV, mas também da MPR e MPRA cujos preços estão correlacionados por serem produtos substitutos (E9). Os reagentes e outros produtos químicos necessários ao setor também se alteraram, existindo relatos de estes terem duplicado no último ano, o que comporta custos bastante expressivos a esta indústria (E5).

4.5. Funções do TIS

4.5.1. F1: Desenvolvimento e difusão de conhecimento

Para o sucesso de uma nova tecnologia é essencial a difusão de novo conhecimento (seja este tecnológico, logístico ou a nível de processos), e a sua operacionalização no mercado. Nesta função, torna-se vital a I&D e os projetos de investigação, sejam eles académicos ou industriais, para atingir esse fim (Hekkert & Negro, 2009).

A tecnologia de transesterificação com recurso a um catalisador básico já é um processo maduro no mercado, sendo que a primeira geração de biocombustíveis inclusive já tinha beneficiado de *know-how* proveniente da indústria petrolífera. De igual forma, a esterificação ácida é também um processo já bastante utilizado. O desafio não é o conhecimento do processo *per se*, mas sim a sua adaptação na prática a novos tipos de MPR, heterogéneas entre si e com elevado grau de acidez, bem como a busca de um maior grau de eficiência (E10). A literatura suporta isso, considerando que a indústria carece de uma melhor compreensão de como o conhecimento é absorvido e utilizado pelas empresas (Bauer et al., 2017).

Um dos atores referiu existir pouco incentivo à I&D pelas PME para a formulação de novos processos industriais, mas antes que esta se encontra verticalizada na medida em que existem “grandes casas internacionais fornecedoras de tecnologia”, envolvidas em vários projetos de grande dimensão, e que acabam por fornecer o mercado com soluções inovadoras. Isso faz com que se importem soluções em vez de se desenvolver no mercado nacional, e essa realidade é de certa forma transversal a quase todos os países da UE (E9).

O contributo da academia nesta função não reúne consenso. Alguns testemunhos reconhecem que os projetos orientados pela academia têm permitido identificar novas MP, validar processos e aumentar a produtividade e eficiência, em especial na bioenergia avançada (E5). Estes projetos permitem também impulsionar o conhecimento e recursos internos ao permitir o contacto com uma forma de pensamento mais estruturada, bem como permitir explorar áreas ou ideias novas em parceria que não seriam possíveis serem feitas endogenamente (E6). Porém, outros atores defendem que a academia só atrapalha e que existem estudos suficientes já publicados para que a empresa atue de forma autónoma (E7). “A experiência da indústria sugere que a inovação ocorre mais ao nível das próprias empresas pela necessidade que o mercado lhe apresenta” (E3). Um dos entrevistados justifica esta dicotomia dizendo que existe pouca cultura de indústria em Portugal quando comparado

com outros países (como a Alemanha), e uma diferença muito grande entre fazer um estudo académico e implementar uma solução industrial, e que gera afastamento entre estes dois atores (**E10**). A literatura sugere existirem estudos académicos robustos nesta área, sendo mais árdua a industrialização eficiente desses conceitos (Bauer et al., 2017).

Por outro lado, o papel das instituições e associações empresariais é mais consensual entre os atores. Algumas entidades permitem o desenvolvimento de alguma inovação incremental, por exemplo com a testagem de novas MP ou de novas metodologias (**E2**). Não obstante, uma vez que o mercado se caracteriza por uma elevada rivalidade em termos de produção instalada, as interações entre os agentes, nomeadamente entre os produtores e as associações, acabam por ser ténues relativamente à partilha de conhecimento (**E5, E9**).

A elevada competitividade do mercado português e o facto da tecnologia ser relativamente madura faz com que a partilha de conhecimento entre os produtores seja marcada pelo segredo industrial. Embora o mercado seja pequeno e os concorrentes se conheçam mutualmente, estes optam por desenhar autonomamente os seus processos produtivos e resolver questões operacionais, existindo pouca cooperação entre eles (**E6, E7**). Atores com interesses distintos ao longo da cadeia de valor também não facilitam a propagação do conhecimento (IRENA, 2019).

4.5.2. F2: Orientação da pesquisa

A orientação da pesquisa resulta das atividades do TIS que incentivem o mercado a abraçar uma nova tecnologia, nomeadamente através de pressões regulatórias, expectativas de mercado e incentivo a novos mercados (Bergek et al., 2008a). Esta função está associada às oportunidades de negócio percebidas e ajuda a criar condições ao investimento de risco.

O foco da UE na descarbonização é inquestionável, quer pelas discussões em torno da revisão da RED II (2018) quer pelas alterações que foram propostas no RepowerEU (European Commission, 2022c) para uma maior independência energética da UE. Todavia, a prioridade que a UE tem dado à eletrificação conjugada com as divergências de opinião entre o governo português e os produtores e associações acerca da rapidez com que se irá eletrificar o setor dos transportes causam discórdia (APPB, 2022). A mera sugestão que os biocombustíveis possam ser uma tecnologia transitória e que se vai tentar “forçar” a implementação dos EV causa alguma incerteza no mercado, e faz, por exemplo, com que em Portugal, as candidaturas a fundos europeus para projetos no âmbito do programa

Horizonte se focuem principalmente em projetos de eletrificação (E2). Este é um dos motivos que a literatura sugere que esta função do TIS ser fraca, por não ser claro na UE a existência de medidas e real visão de longo prazo para os biocombustíveis (Bauer et al., 2017).

Quando questionados sobre o que tem orientado esta difusão de tecnologia no mercado, a maioria dos entrevistados considerou que o reforço das metas e a isenção de ISP do *biodiesel* avançado foram um sinal bastante positivo ao mercado. Ainda que a F1 não esteja muito desenvolvida neste TIS, a existência de incentivos ao *biodiesel* traça o caminho do investimento (E6).

Existe, contudo, uma dicotomia. Se é certo que o investimento é “direcionado de acordo com as alterações da RED II, que está cada vez mais a apostar nos resíduos e a promover um *fasing out* dos OVV” (E10), o que se tem mostrado uma excelente oportunidade para os produtores de elevada incorporação, a verdade é que nem todos os *players* concordam com esta visão. Mesmo com todos os benefícios económicos à exploração de biocombustíveis de segunda geração, nem todos os produtores estão na mesma fase. Os incorporadores e associações ainda alicerçados na produção de biocombustíveis de primeira geração, seja pela verticalização do seu negócio nas áreas agrícola e da alimentação, seja por ainda não terem conseguido converter o seu processo produtivo, defendem um aumento das metas e que os combustíveis de primeira geração devam continuar no mercado para promover a aceleração da transição energética (E7). Esta resistência faz com que o próprio TIS não atue em uníssono em vários aspetos, como a dupla contagem ou a utilização de TdB no mercado secundário (APPB, 2022).

Apesar disso, a orientação de política dada pelo governo sob a forma da submeta de 0,5% para o *biodiesel* avançado em 2021 (benefício económico que muitos produtores acabaram por dividir com o incorporador na negociação de preço (E13)), e respetiva dupla contagem, resultaram com que a indústria acelerasse a conversão da sua produção para o uso de resíduos num curto período de tempo (E5).

Um contributo adicional sugeriu que, apesar desta transição para os resíduos ser acertada, a indústria portuguesa teve má visão e falta de uma estratégia comum. Como a RED II (2018) quer promover o *fasing out* dos OVV, foi decidido que 2020 seria o ano para definir o teto máximo de OVV que cada país membro poderia incorporar tendo em conta a sua produção atual, para depois se definir um *fasing out* progressivo até 2030. Acontece que, ao querer aproveitar todo o benefício fiscal e toda a dupla contagem, os produtores acabaram por desprezar a utilização de OVV em 2020, prejudicando assim as metas futuras, o que poderá

desvirtuar o mercado no futuro, não só em termos da quantidade máxima de MP elegível para o cumprimento das metas, mas também o preço dessa mesma MP (E7).

Para o futuro, com a revisão da RED II (2018) deverá transitar-se para um modelo não de dupla contagem, mas sim da valorização das MP incorporadas consonante o seu contributo para a redução das emissões. Este novo método deverá reforçar ainda mais o papel do *biodiesel* de segunda geração (E03, E13).

4.5.3. F3: Atividades empreendedoras

A literatura sugere existir pouca capacidade empreendedora no mercado do *biodiesel*, devido ao investimento necessário para se testar consistentemente novos produtos e processos produtivos (Bauer et al., 2017). No TIS em estudo verificou-se que vários atores, desde os produtores de *biodiesel* de regime geral, pequenos produtores dedicados, os fornecedores de MPRA ou mesmo as associações, têm demonstrado capacidade inovadora.

O aparecimento de novo produtor de regime geral (em fase de instalação e testes) para a produção de *biodiesel* de segunda geração demonstra que apesar do mercado português ser bastante competitivo e estar saturado, ainda existe espaço para novos concorrentes (E9). Isto acontece porque a tecnologia *per se* não é vista como uma barreira, ou pelo menos não será vista uma barreira difícil de se transpor com o investimento adequado (E7).

O ano de 2015 propiciou uma mudança de paradigma, resultado da liberalização do mercado e pelo início da valorização dos resíduos. Como tal, a indústria percebeu que oferecer um produto indiferenciado num mercado onde esse produto é imposto e cujas metas são curtas, resultaria numa redução do preço de venda e esmagamento das margens (E6). Assim, os incumbentes iniciaram os primeiros investimentos em MPRA em 2015 seguidos de uma fase de testes no ano seguinte. Foram também aperfeiçoados os processos de tratamento de resíduos convencionais (E5). A decisão de reinventar o processo produtivo e procurar novas MP permitiu aos produtores uma diferenciação no mercado, duplicação das suas margens unitárias e ganho de vantagem competitiva (E6, E7, E8).

A restante cadeia de valor também se superou, destacando-se os fornecedores de resíduos. Estes trabalham com uma heterogeneidade de resíduos, de diferentes origens e pontos de recolha distintos. Fornecer ao mercado óleos secundários relativamente homogêneos tem sido um desafio, mas a maior valorização do produto tem levado a melhorias do processo e aumento das quantidades fornecidas no mercado (E11). O mercado

do *biodiesel* permitiu também que estes fornecedores diversificassem o seu negócio, encontrando destinos para produtos que anteriormente iriam para aterro (E5).

Esta atitude empreendedora só subsistirá no mercado caso permaneçam os incentivos económicos à exploração de novos processos em detrimento dos convencionais (E9).

4.5.4. F4: Formação de mercado

No TIS em estudo, o mercado é gerado pela meta imposta de 11% de incorporação de teor energético, pela submeta de 0,5% para bioenergia avançada, um *blending* de B7 (7% de *biodiesel* requerido no gasóleo rodoviário), pelo efeito de dupla contagem para biocombustíveis de segunda-geração, e pela isenção de ISP para os biocombustíveis avançados. Os vários países europeus partilham das imposições da RED II (2018), e tem as suas especificações, mas reconhece-se que muitos destes mercados ainda carecem de estabilidade e maturidade (IRENA, 2019).

No que refere às metas de incorporação, a generalidade dos entrevistados reconhece que estas deveriam ser reforçadas, não só por permitir o crescimento do mercado do *biodiesel*, mas por abrir espaço a que outras tecnologias verdes sejam desenvolvidas (E1, E4, E5). Esta convicção acontece inclusive noutros países europeus (E3). De forma correlacionada, a sugestão para a adoção de percentagens mais ricas de *blending*, nomeadamente a utilização de pelo menos um B10 é uma solicitação comum aos vários atores (E1, E4, E5, E6, E7, E10, E13), até porque experiências já recolhidas no mercado com incorporações maiores (B30 em várias frotas próprias, bem como B100 em alguns casos de veículos pesados) mostram elevada confiança quanto à sua segurança e viabilidade (E14).

A ENSE tem reportado a boa performance do mercado português no cumprimento das metas atuais (ENSE, 2022). Todavia, surgem aqui algumas críticas. O cumprimento das metas atuais é alcançado muito por via do fenómeno da dupla contagem, o que tem permitido que apesar da meta de teor energético seja 11%, a incorporação física de Portugal tem sido pouco mais de 6% (ENSE, 2022). No futuro, com o *fasing out* dos OVV é espectável que se torne ainda mais difícil cumprir com a meta, e o mercado estará limitado à quantidade de MP proveniente de resíduos que esteja disponível (E7). Isto faz com que exista uma clara divisão de interesses entre os atores, seja por uma questão genuína de necessidade de redução real de emissões, seja porque os produtores de biocombustíveis convencionais saíram fortemente

penalizados no preço do seu produto. Associações como a APPB, APETRO e a ERSE discordam abertamente sobre a dupla contagem (APPB, 2022). Por outro lado, a ABA sugere que se tratou de um incentivo económico crucial ao desenvolvimento do mercado dos resíduos, o que se compreende porque a exploração de MPR aumenta bastante os custos de produção (E6). A solução para estas divergências emergirá do próprio mercado com a proposta de transformar a meta de incorporação numa meta de redução de emissões de GEE (E4). Essa alteração promete beneficiar ainda mais os biocombustíveis avançados e ser pior para os incorporadores, que deixariam de ter acesso ao mercado de TdB como ferramenta para cumprir com as metas, e teriam de pagar “na hora” o efeito dos GEE (E8).

A isenção do ISP para os biocombustíveis avançados está associada também a diferentes opiniões entre produtores, incorporadores e associações. Algo que se mostra indesejável quando o mercado deveria responder em uníssono quanto ao seu desejável contributo destes biocombustíveis para a transição energética e fazer pressão conjunta para conseguir um maior apoio e previsibilidade por parte do governo (E10).

No que diz respeito ao funcionamento dos reguladores do mercado, produtores e incorporadores concordam que existe alguma falta de agilidade, transparência e interação entre as entidades governamentais, nomeadamente ECS/LNEG, ERSE, ENSE e DGEG. O processo demorado de envio de informação mensal obrigatória sobre as produções, falta de cruzamento de informação para a emissão dos TdB e a complexidade do processo são algumas críticas apontadas que são prejudiciais ao mercado (E6, E7).

4.5.5. F5: Legitimidade

Uma vez que a utilização do *biodiesel* tem como propósito principal a redução da emissão de GEE, a legitimidade desta tecnologia está intrínseca à promessa de uma maior sustentabilidade ambiental ao utilizar esse produto. A certificação da sustentabilidade da MPR, bem como os elevados custos de produção, são os dois elementos fundamentais desta função, e que tem sido referido pela literatura (Nurdiawati & Urban, 2022).

A garantia da sustentabilidade do *biodiesel* é dada pela obrigatoriedade dos produtores e incorporadores de *biodiesel* serem certificados por entidade externa, pelas obrigações legais de reporte de informação a que produtores e incorporadores estão obrigados junto do portal da ECS, pela atitude fiscalizadora da própria ECS, e pelo funcionamento dos sistemas voluntários (ver capítulo 4.2.). O elemento central a esta garantia são as entidades

certificadoras, como por exemplo a ICSS que garantem a rastreabilidade das MP, sendo que cada elemento da cadeia de valor vai ser acompanhado desde a origem do resíduo até à incorporação do *biodiesel*.

De forma geral, o TIS aparenta transmitir confiança sobre a rastreabilidade das MP e convicção de existir um baixo risco de ocorrência, de situações fraudulentas no mercado, tanto em frequência como em magnitude (E5, E6, E9, E12, E13). Isto reforça a posição de Francisco Gírio na conferência da APPB (2022) que afirmou não existir “nenhuma gota de *biodiesel* que entre no mercado e que não seja medida a sua sustentabilidade”, considerando o sistema robusto e que o mercado necessita de ter confiança sobre este mecanismo. Qualquer situação anómala que passe neste crivo teria que ser um caso isolado e quantidades residuais, sem impacto no mercado. Adicionalmente, vai ser criada uma base de dados europeia para melhor controlo das cadeias de valor do *biodiesel*, nomeadamente para a rastreabilidade completa das MP, o que irá reforçar esta legitimidade (E1).

Este argumento não é consensual, mas a divergência resulta essencialmente de posições de interesse, nomeadamente dos atores que não beneficiam diretamente com o apoio (e valorização) dos resíduos. Não obstante, existem outros contra-argumentos a referir.

Um entrevistado refere já ter encontrado no mercado OAU que não deveria ter sido classificado como tal, e que o mercado pode também ser subjugado por alguns *players* com o recurso a balanços de massas (declarar uma produção de *biodiesel* como tendo feito com recurso a uma elevada quantidade de OAU, quando na verdade foi usado OVV, o que permite vender esse lote a um preço sobrevalorizado, sendo depois compensado com outras produções). Embora não consinta existirem distorções propositadas, este também admite que não se pode ter um fiscal a cada porta, e que situações destas devem ser colmatadas (E7).

A prioridade de utilização de certas MP é também questionada. A aceitação no mercado de certos resíduos é ditada pela capacitação tecnológica dos produtores. Aqueles que forem tecnologicamente habilitados a trabalhar com MP de maior acidez e conseguirem efetuar um tratamento eficiente dos contaminantes presentes nesses produtos vão ter uma vantagem competitiva e defender a utilização desses resíduos. O contrário também será verdade (E11). E ao se criarem mercados, criam-se invariavelmente distorções, e os produtos vão acabar por ser utilizados onde forem mais valorizados (E10).

Em termos técnicos também existem divergências de opinião. Alguns atores defendem que certos resíduos (como por exemplo desperdícios alimentares tais como óleos de fritar

bolos, margarinas, etc.), deveriam ser incluídos na alimentação animal, quando outros sugerem não ser razoável correr-se o risco de contaminações secundárias à *posteriori* aquando do consumo dessa carne, e como tal que esses produtos devem ser utilizados somente para energia (E10, E12). A discussão sobre o percurso desejável de utilização de resíduos é reforçada pelo facto das MP serem limitadas (como será abordado no ponto seguinte), e como tal é de extrema importância que se opte por uma “promoção direcionada” para que as MP limitadas sejam utilizadas para a finalidade e tecnologia mais eficientes. (E3). Cabe às entidades reguladoras do setor promoverem a correta alocação dos recursos, sendo que como são os produtores e fornecedores a “puxarem” o mercado para novos tipos de soluções, ao regulador é muitas vezes apontado algum desconhecimento durante a sua atuação (E7, E8, E12)

A falta de sensibilidade na classificação dos resíduos é também criticável. Os fornecedores de resíduos mais pequenos muitas vezes não conseguem classificar devidamente um resíduo com o código correto, mas a ECS também tem sido inundada com novos pedidos de utilização de MPR heterogéneas e de origens distintas, o que dificulta o seu trabalho (E7, E10). Isto pode originar alguns erros na classificação de resíduos novos. Urge a necessidade de criação de um referencial estatístico no mercado de resíduos (E11).

Quanto questionados sobre o sobrecusto dos *biodiesel* para os portugueses, que atualmente a ERSE estima em cerca de 6cent/litro (APPB, 2022), a generalidade dos entrevistados reforçou ser um valor baixo, aceitável, e que o maior custo dos combustíveis provem inequivocamente da carga fiscal. Para além disso, a descarbonização custará aos contribuintes bastante dinheiro, sendo uma escolha do estado refletir esse sobrecusto no preço do produto final (em prejuízo do cliente), ou sob a forma de subsídio (em prejuízo do contribuinte), sendo uma realidade comum a todas as tecnologias (E9, E10). Não obstante, note-se que o cidadão comum desconhece este mercado (com exceção dos maus exemplos vividos com a primeira geração de biocombustíveis), pelo que existe um trabalho árduo a ser feito para a sensibilização da população geral quanto ao potencial contributo do *biodiesel* para a sociedade (ABA, 2022).

4.5.6. F6: Mobilização de recursos

As entrevistas realizadas indicam que a disponibilidade de MP seja o fator mais preponderante nesta função, em especial os resíduos utilizados na produção de *biodiesel* de

segunda geração. Alguns atores defendem não existir MPR suficiente para se cumprir com as metas no futuro (E12). Desde logo, critica-se o setor doméstico por falhar na reciclagem de OAU que podiam ser reaproveitados. “Vendem-se 100 milhões de litros de óleo durante um ano em Portugal, e só cerca de 10% é que são recuperados” (E6). Outro fator limitativo levantado reside no facto de Portugal (e a restante Europa) recorrer muito à importação de países terceiros (nomeadamente a países em desenvolvimento na América do Sul, África e Ásia), e é expectável que estas geografias comecem a valorizar internamente esses recursos, reduzindo a MP disponível no mercado europeu (E2). Isto vem reforçar a necessidade de uma revisão à política de resíduos em Portugal, e valorização dos recursos endógenos (APPB, 2022). Ainda assim, outros atores reforçam que esta limitação só se tornaria num problema se toda a produção instalada usasse exclusivamente resíduos e as metas aumentassem vertiginosamente. Tal não acontecendo, consideram que existem MP no mercado suficiente para a difusão desta solução tecnológica (E7, E9, E12).

Ao nível dos recursos humanos, considera-se não ser difícil encontrar pessoas com competências e que possam ser treinadas para ingressar na área, mas que ao nível do conhecimento técnico necessário para trabalhos exploratórios de processos produtivos ou utilização de novas MP já existe carência de recursos no mercado. O verdadeiro *expertise* da indústria concentra-se em poucas pessoas (E12).

Não foi dada muita relevância aos recursos financeiros, apenas se considerando existirem poucas linhas de financiamento e o risco estar sempre do lado do investidor (E9).

4.5.7. F7: Externalidades positivas

A entrada de novos *players* no mercado juntamente com a interação entre diferentes tipos de atores são dois fatores que influenciam as dinâmicas de um TIS e que podem levar à criação de externalidades positivas. Esta função pode potenciar atividades empreendedoras (F3) e a formação de mercado (F4).

Quando questionados sobre esta função, a generalidade dos entrevistados não conseguiu concretizar quais seriam essas vantagens. Por exemplo, é referido existir reduzida cooperação entre os produtores de *biodiesel*, pois devido à concorrência ser forte o mercado, acaba por se fechar e imperar o segredo industrial (E6, E7). De igual forma, alguns produtores referem um papel aceitável das associações do setor, deixando a ideia de que estas poderiam fazer

muito mais, ao contrário das associações que enaltecem os resultados que têm sido atingidos (**E3, E5**). Não obstante, parece existir um baixo nível de interações (ou pelo menos menor do que aquele que seria desejável) entre os vários intervenientes que possam suscitar grandes ganhos de conhecimento.

No que diz respeito a sinergias com outras indústrias têm surgido alguns casos de sucesso. Em primeiro lugar, a glicerina é um subproduto da produção de *biodiesel* e como tal a interação com empresas clientes (anticongelantes, tintas, etc.) tem potenciado um melhor tratamento e oportunidade de valorização deste produto. Em segundo lugar, começam a surgir projetos entre empresas produtoras de *biodiesel* e empresas com frotas de veículos pesados de passageiros e/ou mercadorias, para a testagem de utilização de maiores níveis de incorporação de *biodiesel* (**E6, E14**). Por último, a maior valorização dos resíduos tem permitido desenvolvimentos a montante da cadeia de valor e uma melhor comunicação com produtores de *biodiesel*, e que os fornecedores possam entregar hoje um produto mais consistente e de acordo com as necessidades da indústria, ainda que esses resíduos explorados sejam cada vez mais heterogéneos e difíceis de tratar (**E11**).

4.6. Discussão dos resultados

Verifica-se que funcionamento do TIS subjacente ao mercado do *biodiesel* em Portugal é robusto e tem bons alicerces, embora se reconheça alguma instabilidade devido à transformação do mercado na última década, à existência de conflitos de interesse, e à incerteza quanto ao futuro da transição energética. Tal era esperado, pois é admitido que muitos mercados de bioenergia ainda carecem de estabilidade e maturidade (IRENA, 2019).

A função que se destaca como fulcral ao funcionamento deste TIS é a F5: Legitimidade, algo que foi recebido sem surpresas, ainda que a literatura não o enfatize. De forma geral, os estudos empíricos salientam a importância da Legitimidade, que é conseguida pelos produtores junto dos *policymakers*, existindo apenas pouca divulgação e, por isso, aprovação desta tecnologia junto do cidadão comum (Bauer et al., 2017). Refere-se igualmente a importância da F6: Mobilização de recursos, devido a potenciais problemas com a escassez de MP, bem como da F4: Formação de mercado, da importância da imposição de metas ambientais (Bauer et al., 2017). Todavia, a análise do presente TIS sugere que **F5** deve ser vista de forma mais extensiva, e o facto de existirem relações próximas, e um potencial círculo virtuoso (Hekkert et al., 2007), com **F3, F4 e F6**.

Argumenta-se que **F5** é central, na medida em que o propósito central do *biodiesel* é a sua mais-valia para a redução de emissões de GEE, e, portanto, a sua sustentabilidade ambiental. Tal tem sido conseguido através de melhorias na certificação da sustentabilidade que transmitiram a todos os *stakeholders*, e em particular ao decisor político, para se considerar estas soluções, em particular o uso cada vez mais acentuado de MPR. Este é um momento-chave pois leva o *policymaker* a adotar medidas de estímulo ao mercado, como a criação e/ou reforço de metas ambientais que favorece **F4**. Assim, **F5** e **F4** têm uma relação forte de causa-efeito. Na perspetiva de ter soluções energéticas mais sustentáveis, aliciado por **F5**, o governo aposta no reforço das metas de incorporação de biocombustíveis e um conjunto de incentivos à indústria, fomentando **F4**, e as oportunidades de mercado levam os produtores a reinventarem-se. Como já existe *know-how* de mercado sobre o fabrico de *biodiesel*, o foco cai não na criação de novo conhecimento, mas na operacionalização, através de **F3**, de novas técnicas para a produção diferenciada, nomeadamente do biodiesel avançado. Assim, **F4** acaba por influenciar positivamente **F3** e **F6**. **F6**, por sua vez, poderá limiar o mercado se existir escassez de MP. Estas quatro funções são, portanto, essenciais a todo o processo.

Quanto à **F3**: Atividades empreendedores, apesar da literatura considerar não ser uma função particularmente forte no TIS (Bauer et al., 2017), os esforços tidos pela indústria portuguesa que lhe permitiram num curto espaço de tempo desenvolver uma posição diferenciada com a aposta na bioenergia avançada indicam que a capacidade inovadora destes *players*, muitas vezes de pequena dimensão, tem sido adequada às necessidades do mercado e um forte propulsor do mesmo. É possível que esta função possa ter mais impacto do que o que muitas vezes descrito, até por existirem muitas pequenas empresas produtoras de *biodiesel*, onde por vezes até se torna mais provável que apareçam pequenos projetos inovadores.

Salientar que o desconhecimento do papel do *biodiesel* pelo cidadão comum é notório (**E5**), com importante impacto na legitimidade e mobilização de recursos do mercado. Tal acontece igualmente noutras geografias, (Nurdiawati & Urban, 2022), e deve ser endereçado.

Como oportunidades ao mercado, destacam-se a necessidade crescente de combustíveis alternativos para uma transição energética que poderá ser mais lenta do que inicialmente estimado, reforçada pelos objetivos estratégicos da UE de aposta na economia circular, exploração dos seus recursos endógenos, e de independência estratégica. Como desafios, destacam-se a limitação de MPR disponíveis no mercado (em especial as endógenas), a correta priorização de utilização das MP existentes e conseguir o equilíbrio entre o incentivo

a uma indústria estratégica e o dimensionamento da mesma. Salientar ainda ser necessário vencer o estigma da UE que a descarbonização está necessariamente ligada à eletrificação, o que tem sido nefasto para o setor, nomeadamente na função **F2**.

Face ao exposto, e por análise ao funcionamento de todo o sistema tecnológico de inovação, algumas das medidas sugeridas para o mercado português são:

- i) A transcrição urgente da RED II para o normativo português, bem como criar condições para tornar esse processo normativo mais célere em alterações futuras;
- ii) Aumentar no imediato a incorporação física de *biodiesel* de B7 para (pelo menos) B10, e melhorar a informação prestada pela indústria automóvel;
- iii) Aumentar a meta de incorporação de bioenergia avançada para 1,7% (o mercado já atingiu esse valor), e aumentar progressivamente até ao ponto em que se perspetive não existirem mais MPRA legítimas para satisfazer essa procura;
- iv) Defender a utilização atual de OAU (e não a limitar, conforme sugerido pela RED II (2018) pela má fama que ganhou), mas reforçar a sua fiscalização;
- v) Manutenção dos benefícios da dupla contagem (para os biocombustíveis de segunda-geração) e a isenção do ISP (para os biocombustíveis avançados) até que se implementem as metas sob a forma de poupança para a emissão de GEE, altura em que o mercado diferenciará o *biodiesel* feito a partir destas MP, e consequentemente compense os seus custos de produção mais elevados.
- vi) Procurar operacionalizar o já determinado *fasing* dos OVV de forma suave, procurando realocar recursos dessa indústria para outros fins;
- vii) Contribuir para a criação e manutenção da base de dados europeia de MP relacionadas com os biocombustíveis, para uma maior transparência do mercado;
- viii) Promoção da utilização de MPR endógenas, e melhoria das políticas de resíduos;
- ix) Promover maior agilidade da prestação de informações às entidades fiscalizadoras e da garantia de sustentabilidade;
- x) Avaliar as sinergias da potencial aposta num mercado nacional de *bioetanol*;
- xi) Promover uma melhor divulgação do *biodiesel* junto do cidadão comum.

5. Conclusões, limitações e pesquisa futura

5.1. Conclusões

A presente dissertação procurou analisar o mercado do *biodiesel* em Portugal, caracterizar os seus diferentes atores e analisar o funcionamento do seu Sistema Tecnológico de Inovação (TIS). Recorreu-se ao método de entrevistas semiestruturadas a vários atores do TIS que se considerou terem a *expertise* adequada ao presente estudo. Os resultados foram analisados recorrendo ao *framework* desenvolvido por Bergek et al. (2008a) que permite fazer uma análise funcional e identificar desafios e oportunidades do mercado e obter sugestões de política para a difusão da tecnologia em estudo.

A evidência empírica sugere que os atores suportam o *biodiesel* como uma tecnologia preponderante à transição energética dos transportes, e que a inovação na última década neste setor foi decisiva, levando a uma modernização das fábricas, otimização de processos e a mudança para o tratamento de MP mais sustentáveis. Essa mudança, conjugada com o apoio do estado ao desenvolvimento do setor nos últimos anos levou a que Portugal esteja hoje numa posição privilegiada na produção de biocombustíveis avançados, algo que é ainda considerado pioneiro a nível europeu. Não obstante, a incerteza provocada pela legislação que está em constante mudança, a complexidade do processo produtivo, a falta de agilidade operacional em interagir com o regulador e problemas relacionados com a cadeia de valor (preços, disponibilidade e qualidade das MP) constituem obstruções à escalabilidade e difusão do *biodiesel* de segunda geração.

A tecnologia subjacente à produção de *biodiesel* encontra-se bem sedimentada no mercado, sendo que os atores salientam que não é o conhecimento do processo *per se* que constitui uma barreira, mas sim a sua adaptação na prática à produção, com elevado nível de eficiência, de *biodiesel* a partir de recurso a matérias-primas heterogéneas com contaminantes e de elevado grau de dificuldade de tratamento. Por existir elevada competitividade, impera o segredo industrial, pelo que o papel das associações de empresas para irem cooperando com as empresas para se desenvolver pequenas inovações incrementais torna-se vital.

A área funcional mais relevante neste TIS acaba por ser a da Legitimidade, visto que o propósito principal do *biodiesel* recai no seu potencial de redução das emissões de GEE, e, portanto, na sustentabilidade ambiental. Algumas dúvidas são levantadas por diversos agentes quanto ao risco de fraude que pode existir nas matérias-primas provenientes de

resíduos, mas o sistema de certificação de sustentabilidade em vigor é robusto o suficiente para suportar a difusão destes biocombustíveis. Todavia, é necessária uma política de resíduos mais robusta para que se possa mobilizar mais MP para este mercado e permita uma maior escalabilidade do mesmo.

O TIS é marcado por uma dicotomia de interesses que tem agido contra os interesses do próprio sistema. É perceptível a divisão entre atores que apoiam a primeira geração de *biodiesel* (por terem investimentos ou uma cadeia de valor verticalizada no setor agrícola e/ou da alimentação), o que cria uma divisão de um mercado que não só é pequeno, mas também tem que se afirmar veemente perante o governo cuja agenda favorece a eletrificação dos transportes.

Como sugestões à melhoria do TIS, destacam-se a urgente transcrição da RED II para o normativo português, bem como um reforço das metas de incorporação, em especial no diz respeito aos biocombustíveis avançados. Estas medidas contribuirão a diminuição da incerteza, reforço do mercado e aumento das atividades empreendedoras, por incentivar o mercado a investir e apostar nestas tecnologias. É de salientar ainda que a criação e manutenção de uma base de dados europeia de MP utilizados nos biocombustíveis permitiria uma maior transparência e legitimidade de todo o mercado.

Espera-se que a alteração das metas de incorporação para metas baseadas na emissão de GEE e a própria revisão do RED III venham reforçar o papel dos biocombustíveis, em especial os avançados, nas políticas energéticas de todos os países europeus.

5.2. Limitações

Este estudo consistiu numa análise de literatura conjugada com o método de entrevista a atores relevantes do setor dos biocombustíveis em Portugal. Tendo em consideração que a *pool* de entrevistados selecionada foi maioritariamente do setor do *biodiesel*, corre-se o risco de distorção dos testemunhos recolhidos a favor desta tecnologia. Este risco foi assumido, uma vez que poucos atores fora deste setor poderiam ter a *expertise* necessária para poder contribuir para este estudo.

Adicionalmente, devido ao tempo reduzido disponível para esta investigação, não foi possível entrevistar alguns atores importantes deste TIS, nomeadamente o governo, o legislador e a academia. Ainda que se tenha tido acesso a informação pública que permitisse

aferir algumas das ideias defendidas por estes atores, tal não substitui uma recolha direta de informação.

Não se entrou também em detalhe em questões de ordem técnica (procurar dissecar melhor o tipo de MP tratadas pelos produtores e os problemas operacionais resultantes) por não ser imprescindível à informação que se pretendeu recolher e por existir grande relutância dos atores em partilhar esse tipo de informação. Não obstante, esse tipo de análise daria maior robustez e confiança às conclusões obtidas por este estudo.

5.3. Sugestões de pesquisa futura

Uma extensão pertinente ao presente estudo seria a inclusão de entrevistas a atores pertencentes ao poder político, legislativo ou à academia. Este contributo seria importante para validar os *insights* recolhidos. Em particular, no caso da academia seria importante saber que projetos estão a ser desenvolvidos atualmente nesta área e de que forma a academia pretenderia potenciar maior conhecimento nestas áreas.

Apesar de existirem poucos estudos que concretizem o presente *framework* para o mercado do *biodiesel* noutros países, seria interessante comparar os presentes resultados à situação de outros países europeus, nomeadamente no que diz respeito à bioenergia avançada que é, pelo menos para já, um ponto forte do mercado português.

Referências

- ABA. (2021). *Descarbonizar a Mobilidade Hoje: O papel da Bioenergia Avançada*. Retrieved from <https://www.aba-bioenergia.pt/documentos-associados/aba-documentos-publicos>
- ABA. (2022). *O Caminho para a transição energética: O Contributo da bioenergia avançada*. Retrieved from <https://www.aba-bioenergia.pt/documentos-associados/aba-documentos-publicos>
- Achinas, S., Horjus, J., Achinas, V., & Euverink, G. J. W. (2019). A PESTLE Analysis of Biofuels Energy Industry in Europe. *Sustainability*, 11(21). doi:10.3390/su11215981
- Andreasen, K., & Sovacool, B. (2015). Hydrogen technological innovation systems in practice: comparing Danish and American approaches to fuel cell development. *Journal of Cleaner Production*, 94, 359-368. doi:10.1016/j.jclepro.2015.01.056
- APPB. (2022, 28/04/2022). *Os biocombustíveis na Transição Energética*, Lisboa.
- Asmelash, E., & Gorini, R. (2021). International Oil Companies and the energy transition. *International Renewable Energy Agency*.
- Bach, H., Bergek, A., Bjørgum, Ø., Hansen, T., Kenzhegaliyeva, A., & Steen, M. (2020). Implementing maritime battery-electric and hydrogen solutions: A technological innovation systems analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87. doi:10.1016/j.trd.2020.102492
- Bauer, F., Coenen, L., Hansen, T., McCormick, K., & Palgan, Y. (2017). Technological innovation systems for biorefineries: a review of the literature. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11(3), 534-548. doi:10.1002/bbb.1767
- Beise, M., & Rennings, K. (2005). Lead markets and regulation: a framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations. *Ecological Economics*, 52(1), 5-17. doi:10.1016/j.ecolecon.2004.06.007
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008a). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37(3), 407-429. doi:10.1016/j.respol.2007.12.003
- Bergek, A., Jacobsson, S., & Sandén, B. (2008b). 'Legitimation' and 'development of positive externalities': two key processes in the formation phase of technological innovation systems. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5), 575-592. doi:10.1080/09537320802292768
- Biresselioglu, M., Kaplan, M., & Yilmaz, B. (2018). Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes.

- Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 109, 1-13.
doi:10.1016/j.tra.2018.01.017
- Cadillo-Benalcazar, J., Bukkens, S., Ripa, M., & Giampietro, M. (2021). Why does the European Union produce biofuels? Examining consistency and plausibility in prevailing narratives with quantitative storytelling. *Energy Research & Social Science*, 71. doi:10.1016/j.erss.2020.101810
- Canakci, M., & Sanli, H. (2008). Biodiesel production from various feedstocks and their effects on the fuel properties. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 35(5), 431-441. doi:10.1007/s10295-008-0337-6
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233-245. doi:10.1016/s0048-7333(01)00138-x
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), 93-118. doi:10.1007/bf01224915
- Código dos Impostos Especiais de Consumo (CIEC) - Decreto-Lei n.º 73/2010 - Artigo 90.º n.º 11: Isenção para os biocombustíveis e gases de origem renovável, (2020).
- Decourt, B. (2019). Weaknesses and drivers for power-to-X diffusion in Europe. Insights from technological innovation system analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(33), 17411-17430. doi:10.1016/j.ijhydene.2019.05.149
- Liquid petroleum products - Fatty acid methyl esters (FAME) for use in diesel engines and heating applications - Requirements and test methods (includes Amendment :2019), (2019).
- Doble, M., & Kruthiventi, A. (2007). *Green Chemistry and Engineering*.
- Decreto-Lei n.º 117/2010, de 25 de outubro, que estabelece os critérios de sustentabilidade para a produção e utilização de biocombustíveis e biolíquidos e define os limites de incorporação obrigatória de biocombustíveis para os anos 2011 a 2020., (2010).
- Decreto-Lei n.º 8/2021, de 20 de janeiro, que procede à atualização das metas de incorporação de biocombustíveis nos combustíveis para consumo em território nacional para 2021., (2021).
- Edquist, C. (2004). Reflections on the systems of innovation approach. *Science and Public Policy*, 31(6), 485-489. doi:10.3152/147154304781779741

- EEA. (2019). Dieselisation (share of diesel cars in the total passenger car fleet) in Europe. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/dieselisation-of-diesel-cars-in-4#tab-chart_1
- EEA. (2021, 30/06/2022). New registrations of electric vehicles in Europe. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>
- ENSE. (2022). Metas e obrigações de Incorporação de Biocombustível. Retrieved from <https://www.ense-epe.pt/biocombustiveis/metas-e-obrigacoes-de-incorporacao-de-biocombustivel/>
- Eriksson, L. (2021). Technological Innovation System of Distribution System for Hydrogen applied to Heavy-duty Vehicles. *KTH Royal Institute of Technology - School of Industrial Engineering and Management*.
- ERSE. (2021). *Análise do mercado de biocombustíveis 2018-2022*. Retrieved from <https://www.erse.pt/media/eknhoezr/relat%C3%B3rio-biocombust%C3%ADveis.pdf>
- European Commission. (2021). EU at COP26 Climate Change Conference. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/climate-action-and-green-deal/eu-cop26-climate-change-conference_en
- European Commission. (2022a). Biofuels - The EU is working on the transition towards advanced biofuels made from sustainable feedstock. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/biofuels_en
- European Commission. (2022b). *Renewable energy directive: Directive 2009/28/EC, revised in 2018*. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
- European Commission. (2022c). *Plano REPowerEU*. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0020.02/DOC_1&format=PDF
- Fagerberg, J. (2005). Innovation. A guide to the literature. In Fagerberg, J., Mowery, D.C. . *The Oxford Handbook of Innovation Oxford, United Kingdom*.
- Fenton, P., & Kanda, W. (2016). Barriers to the diffusion of renewable energy: studies of biogas for transport in two European cities. *Journal of Environmental Planning and Management*, 60(4), 725-742. doi:10.1080/09640568.2016.1176557

- Fevolden, A., & Klitkou, A. (2017). A fuel too far? Technology, innovation, and transition in failed biofuel development in Norway. *Energy Research & Social Science*, 23, 125-135. doi:10.1016/j.erss.2016.10.010
- Fivga, A., Speranza, L., Branco, C., Ouadi, M., & Hornung, A. (2019). A review on the current state of the art for the production of advanced liquid biofuels. *AIMS Energy*, 7(1), 46-76. doi:10.3934/energy.2019.1.46
- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*. doi:10.1093/oxfordjournals.cje.a035309
- Graboski, M., & McCormick, R. (1998). Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 24(2), 125-164. doi:10.1016/s0360-1285(97)00034-8
- Harvey, F. (2019). Climate crisis linked to at least 15 \$1bn-plus disasters in 2019. *The Guardian*. Retrieved from <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/climate-crisis-linked-to-at-least-15-1bn-plus-disasters-in-2019>
- Hekkert, M., & Negro, S. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(4), 584-594. doi:10.1016/j.techfore.2008.04.013
- Hekkert, M., Suurs, R., Negro, S., Kuhlmann, S., & Smits, R. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413-432. doi:10.1016/j.techfore.2006.03.002
- IEA. (2020). Tracking Transport 2020. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>
- IRENA. (2019). Advanced Biofuels - What holds them back. *International Renewable Energy Agency*.
- Jacobsson, S., & Bergek, A. (2011). Innovation system analyses and sustainability transitions: Contributions and suggestions for research. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 41-57. doi:10.1016/j.eist.2011.04.006
- Kalghatgi, G. (2018). Is it really the end of internal combustion engines and petroleum in transport? *Applied Energy*, 225, 965-974. doi:10.1016/j.apenergy.2018.05.076

- Kanda, W., Sakao, T., & Hjelm, O. (2016). Components of business concepts for the diffusion of large scaled environmental technology systems. *Journal of Cleaner Production*, 128, 156-167. doi:10.1016/j.jclepro.2015.10.040
- Kapoor, K., Dwivedi, Y., & Williams, M. (2014). Innovation adoption attributes: a review and synthesis of research findings. *European Journal of Innovation Management*, 17(3), 327-348. doi:10.1108/EJIM-08-2012-0083
- Kemp, R., & Volpi, M. (2008). The diffusion of clean technologies: a review with suggestions for future diffusion analysis. *Journal of Cleaner Production*, 16(1), S14-S21. doi:10.1016/j.jclepro.2007.10.019
- Kumar, R., & Alok, K. (2020). Adoption of electric vehicle: A literature review and prospects for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 253. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119911
- LNEG. (2022). Bioenergia e Biorefinarias. Retrieved from <https://www.lneg.pt/area/energia/bioenergia/>
- Lucia, L., & Ribeiro, B. (2018). Enacting Responsibilities in Landscape Design: The Case of Advanced Biofuels. *Sustainability*, 10(11). doi:10.3390/su10114016
- Lundvall, B. A. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers, London.
- Lundvall, B. A. (2007). National Innovation Systems—Analytical Concept and Development Tool. *Industry & Innovation*, 14(1), 95-119. doi:10.1080/13662710601130863
- Markard, J., Hekkert, M., & Jacobsson, S. (2015). The technological innovation systems framework: Response to six criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 76-86. doi:10.1016/j.eist.2015.07.006
- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955-967. doi:10.1016/j.respol.2012.02.013
- Maziar, H., & Avvari, M. (2012). Development of Technological Innovation System in an Emerging Economy - A Study of the Malaysian Biodiesel Innovation System. *Asian Journal of Innovation and Policy*, 1(2), 168-199. doi:10.7545/ajip.2012.1.2.168
- Mignon, I., & Bergek, A. (2016). System- and actor-level challenges for diffusion of renewable electricity technologies: an international comparison. *Journal of Cleaner Production*, 128, 105-115. doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.048

- Moreira, A. (2009). *Produção de biodiesel a partir de gordura de frango*. (Mestrado), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57755/1/000136502.pdf>
- Nair, J., Deepthi, J., & Kalyani, K. (2013). Study of Biodiesel Blends and Emission Characteristics of Biodiesel. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(8).
- Nowell, L., Norris, J., White, D., & Moules, N. (2017). Thematic Analysis. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1). doi:10.1177/1609406917733847
- Nurdiawati, A., & Urban, F. (2022). Decarbonising the refinery sector: A socio-technical analysis of advanced biofuels, green hydrogen and carbon capture and storage developments in Sweden. *Energy Research & Social Science*, 84. doi:10.1016/j.erss.2021.102358
- Ogunkunle, O., & Ahmed, N. (2021). Overview of Biodiesel Combustion in Mitigating the Adverse Impacts of Engine Emissions on the Sustainable Human–Environment Scenario. *Sustainability*, 13(10). doi:10.3390/su13105465
- Othman, M., Adam, A., Najafi, G., & Mamat, R. (2017). Green fuel as alternative fuel for diesel engine: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 694-709. doi:10.1016/j.rser.2017.05.140
- Oumer, A., Hasan, M., Baheta, A., Mamat, R., & Abdullah, A. (2018). Bio-based liquid fuels as a source of renewable energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 88, 82-98. doi:10.1016/j.rser.2018.02.022
- Our World In Data. (2019, 06/12/2021). What share of primary energy comes from fossil fuels? Retrieved from <https://ourworldindata.org/fossil-fuels>
- Panoutsou, C., Germer, S., Karka, P., Papadokostantakis, S., Kroyan, Y., Wojcieszuk, M., . . . Landalv, I. (2021). Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030: Markets, challenges, and policies that impact their successful market uptake. *Energy Strategy Reviews*, 34. doi:10.1016/j.esr.2021.100633
- Puricelli, S., Cardellini, G., Casadei, S., Faedo, D., van den Oever, A. E. M., & Grosso, M. (2021). A review on biofuels for light-duty vehicles in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137. doi:10.1016/j.rser.2020.110398
- Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho de 11 de dezembro de 2018 relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis (2018).

- Ribeiro, A., Silva, P., Ribeiro, L., & Dotti, F. (2017). Modelling the impacts of policies on advanced biofuel feedstocks diffusion. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2471-2479. doi:10.1016/j.jclepro.2016.11.027
- Rogers, M. (2003). *Diffusion of Innovations*, (5^o ed ed.). New York: Free Press.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research Methods for Business Students Eighth Edition* (8^o Edition ed.): Pearson Education Limited.
- Stančin, H., Mikulčić, H., Wang, X., & Duić, N. (2020). A review on alternative fuels in future energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 128. doi:10.1016/j.rser.2020.109927
- Suurs, R., & Hekkert, M. (2009). Competition between first and second generation technologies: Lessons from the formation of a biofuels innovation system in the Netherlands. *Energy*, 34(5), 669-679. doi:10.1016/j.energy.2008.09.002
- Van de Graaf, T., Bond, K., & Overland, I. (2019). A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation. *International Renewable Energy Agency*. doi:10.13140/RG.2.2.18088.11522
- Verbong, G., & Geels, F. (2010). Exploring sustainability transitions in the electricity sector with socio-technical pathways. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1214-1221. doi:10.1016/j.techfore.2010.04.008
- Wieczorek, A., & Hekkert, M. (2012). Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39(1), 74-87. doi:10.1093/scipol/scr008
- Wilson, I. A. G., & Styring, P. (2017). Why Synthetic Fuels Are Necessary in Future Energy Systems. *Frontiers in Energy Research*, 5. doi:10.3389/fenrg.2017.00019
- Yin, R. (2003). *Case Study Research: Design and Methods* (Third Edition ed. Vol. 5): Sage Publications.

Anexos

Anexo A: Guião de entrevista

Enquadramento:

1. Pode falar-me brevemente sobre si e o seu envolvimento nesta área? (*Background*).
2. Como caracteriza a posição atual do mercado dos biocombustíveis com foco na utilização de MPRA no mercado português? (*Perspetiva geral*)

Mercado:

3. Quais são os maiores desafios que antevê no desenvolvimento e difusão dos biocombustíveis avançados? (*incluir: guerra na Ucrânia, eletrificação*).
4. Como tem sido o processo de difusão da tecnologia dos biocombustíveis? Como se pode acelerar o processo?
5. Quais as maiores barreiras nesta área? (*financeiro, técnico, legislação, mercado*).
6. Qual prevê que seja a evolução do mercado no futuro? (*novos entrantes, estrutura de mercado*).

Framework:

7. Como o conhecimento é criado e se difunde neste mercado? Considera que existe algum tipo de cooperação, ou impera o segredo industrial? **(F1)**
8. Existe falta de conhecimento e/ou competências do mercado? Se sim, qual o papel da academia/ universidade? **(F1)**
9. Considera existir incentivos suficientes à I&D em torno do mercado dos biocombustíveis, nomeadamente para procurar novos processos ou o uso de novas matérias-primas? **(F2)**
10. Que tipo de investigação tem sido incentivada (empresarial e na academia)? **(F2)**;
11. Considera este ambiente propício ao aparecimento de novas empresas, ou isso deve ser incentivado? E qual o papel das empresas incumbentes? **(F3)**
12. Como podemos potenciar ainda mais o mercado? **(F4)**
13. Que limitações existem atualmente ao mercado (legislação, prioridade noutros projetos, como eletrificação, falta de matérias-primas avançadas? **(F4)**

14. Comente a dupla contagem dos biocombustíveis avançados. Sugeriria outro método?
(F5)
15. Considera existir entraves no que diz respeito à rastreabilidade e transparência das MP? **(F5)**
16. Que outros pontos podem afetar a legitimidade do *biodiesel*? **(F5)**
17. Considera existir abundância recursos humanos, *know-how*, condições financeiras, entre outros, no mercado do *biodiesel*? **(F6)**
18. O que pode ser incentivado nas relações entre os vários atores (fornecedores de MP, universidades, instituições, ou outros atores fora do ecossistema dos biocombustíveis em Portugal, e que é ainda hoje insuficiente? **(F7)**
19. Quais as potenciais sinergias que podem ser criadas entre produtores, incorporadores e recolhedores? O que deve ser incentivado? **(F7)**
20. E sinergias a ser criadas com empresas fora do setor dos biocombustíveis? **(F7)**

Conclusão:

21. Que benefícios, para além da isenção do ISP, podem ser úteis ao setor?
22. Que outra sugestão de política considera importantes para o setor?

FACULDADE DE ECONOMIA

