



**Nicole Agostinha dos
Muchangos** **Implementação de um sistema de economia circular
para resíduos portuários no Porto de Aveiro**



Universidade de Aveiro

2021

**Nicole Agostinha dos
Muchangos**

**Implementação de um sistema de economia
circular para resíduos portuários no Porto de
Aveiro**

Relatório de estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Estudos Ambientais, realizado sob a orientação científica da Doutora Maria Isabel da Silva Nunes, Professora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e da Engenheira Maria Manuel Cruz, responsável de Ambiente na APA - Administração do Porto de Aveiro, S.A.

Dedico este trabalho a minha família.

o júri

Presidente

Prof. Doutor José de Jesus Figueiredo da Silva

Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Arguente

Prof^a. Doutora Célia Maria Dias Ferreira

Professora auxiliar da Universidade Aberta

Vogal (orientadora)

Prof^a. Doutora Maria Isabel da Silva Nunes

Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao primeiro e último, o meu Deus Todo-Poderoso, que me sustentou com ânimo, sabedoria, imensuráveis recursos e força para nunca ter desistido.

À excelente supervisão, paciência e apoio das minhas supervisoras na APA - Administração do Porto de Aveiro S.A, engenheira Maria Manuel Cruz e na Universidade de Aveiro, à professora Doutora Maria Isabel Nunes.

Um especial obrigada à Administração do Porto de Aveiro pela oportunidade única que me concedeu sem se deixar intimidar pela situação pandémica (Covid-19) pela qual vivemos hoje, todos os recursos disponibilizados para a minha integração bem como toda família na APA que calorosamente me acolheu. E a Sara Silva que sempre presente também nunca me deixou desanimar.

À minha família nuclear do qual me orgulho de fazer parte e que devo o melhor de mim para eles. Pais, irmãos e sobrinha.

À minha melhor amiga Érika, não tenho palavras para descrever a tua paciência e carinho nesta fase, fora o quanto nos divertimos do início ao fim.

E aos meus amigos, os de perto e os de longe. Kxanimambo!

palavras-chave

Economia circular, resíduos portuários, biodiesel, Porto de Aveiro.

resumo

A pressão existente na procura de recursos naturais é uma consequência resultante do aumento populacional, e tem salientado a necessidade de sociedades modernas progredirem para um paradigma mais sustentável, ou seja, para uma “*economia mais verde*” que certifique a regeneração do capital natural associado ao desenvolvimento económico. No setor portuário foram definidas 10 prioridades ambientais pela Organização dos Portos Marítimos Europeus, das quais, a qualidade do ar e os resíduos portuários constituem a 1ª e 6ª prioridade, respetivamente. A APA - Administração do Porto de Aveiro, S.A. é a entidade responsável pela exploração económica, conservação e desenvolvimento do Porto de Aveiro, e tem definida na sua estratégia de sustentabilidade ambiental, a aplicação dos princípios da economia circular bem como a descarbonização do setor portuário. Assim, são objeto de análise do presente relatório de estágio:

-Os resíduos portuários entregues pelos navios bem como os provenientes das atividades portuárias no ano de 2020 no Porto de Aveiro, e

-Emissões e a respetiva quantificação de CO₂ do novo biodiesel, o “*Ecobunker 15%*”, produzido através de óleos alimentares virgens e usados, em colaboração com a empresa Prio Bio, S.A.

Com o objetivo de sensibilizar e incentivar à valorização de resíduos portuários, resultou o protocolo de economia circular que consiste num conjunto de metas a serem subscritas pelas empresas que operam no Porto de Aveiro. Por outro lado, constatou-se que se no ano de 2020 o combustível utilizado pela embarcação Lancha dos Pilotos do Porto de Aveiro fosse substituído pelo Ecobunker haveria uma poupança nas emissões de CO₂, de 4091 kg de CO₂ de origem fóssil.

keywords

Circular economy, port waste, biodiesel, Ecobunker, Port of Aveiro.

abstract

The pressure on demand for natural resources is a consequence of population growth. Moreover, it has highlighted the need for modern societies to progress towards a more sustainable paradigm, that is, towards a "greener economy" that ensures the regeneration of natural capital associated with economic development. Ten environmental priorities were defined by the European Sea Ports Organization (ESPO) for the port sector, of which air quality and port waste constitute the first and sixth priority, respectively.

The Administration of the Port of Aveiro, S.A. (APA) is the entity responsible for the economic exploration, conservation, and development of the Port of Aveiro. It has defined in its environmental sustainability strategy the application of the principles of circular economy and the decarbonization of the port sector. Thus, the following are the object of analysis of this internship report:

- Port waste delivered by ships as well as those from port activities in 2020 at Port of Aveiro, and
- The emissions and respective CO₂ quantification of the new biodiesel, the "Ecobunker 15%", produced from virgin and used cooking oils, in collaboration with the company Prio Bio, S.A.

In order to increment the awareness and stimulate port waste valorization it resulted the Circular Economy Protocol consisting on a set of targets to be subscribed by the companies operating on Port of Aveiro. On other hand, it was concluded that if in 2020 the fuel used by Lancha dos Pilotos vessel of the Port of Aveiro was replaced by the Ecobunker there would be savings on CO₂ emissions of 4091 kg of CO₂ from fossil origin.

Índice

Índice	vii
Índice de figura.....	ix
Índice de tabelas	x
Nomenclatura.....	xi
1 Introdução	1
1.1 Desenvolvimento sustentável.....	3
1.2 Economia circular nos portos	5
1.2.1 Resíduos portuários	6
1.2.2 Poluição atmosférica.....	14
1.3 Objetivos do estágio	17
1.3.1 Questões de investigação	18
1.3.2 Plano de atividades	19
1.4 Estrutura do relatório	20
2 Entidade de Acolhimento	21
2.1 Porto de Aveiro	22
2.2 Contextualização histórica	22
2.3 Zonas portuárias	23
2.4 Administração do Porto de Aveiro.....	25
2.5 Entidades de parceria	26
3 Metodologia	28
3.1 Implementação do projeto de oleões	28
3.1.1 Contextualização.....	28
3.1.1.1 Óleos alimentares usados.....	31
3.1.2 Metodologia.....	32
3.2 Testes do combustível Ecobunker em embarcações da APA, S.A.	33
3.2.1 Contextualização.....	33
3.2.2 Metodologia para a estimativa das emissões de CO ₂ do Ecobunker pelas embarcações.....	36
3.2.2.1 Fatores de emissão de CO ₂	37

3.2.2.2	Emissões de CO ₂	39
3.3	Protocolo de economia circular	41
3.4	Campanhas de comunicação.....	43
3.5	Ação de formação	43
3.6	Relatório.....	43
4	Resultados e discussão	45
4.1	Implementação do projeto oleões.....	45
4.2	Estimativa das emissões de CO ₂ pelas embarcações.....	46
4.2.1	Emissões totais de CO ₂	48
4.2.2	Emissões evitadas.....	51
4.3	Protocolo de Economia Circular	52
4.3.1	Resíduos portuários	53
4.3.2	Operações de gestão dos resíduos portuários.....	57
4.3.3	Elaboração do protocolo	59
4.4	Campanhas de comunicação.....	61
4.5	Ação de formação	62
5	Conclusões e sugestões	63
	Referências bibliográficas.....	67

Índice de figura

Figura 1-Dez prioridades ambientais identificadas em 2020 nos portos europeus (ESPO, 2021).....	2
Figura 2-Portos de Hamburgo e Lisboa (Google imagens, 2021).....	6
Figura 3-Localização dos portos nacionais (AdC, 2018).	21
Figura 4-Fotografia aérea do Porto de Aveiro (APA, 2020).	22
Figura 5- Ciclo de recolha de óleo alimentar usado (Prio Energy, 2020).....	29
Figura 6-Tipos de oleões (Prio Energy, 2020).....	29
Figura 7-Embarcações.	35
Figura 8-Evolução dos quantitativos recolhidos de óleo alimentar usado no Porto de Aveiro entre os anos 2016 e 2020.....	45
Figura 9- Fatores de emissão de CO ₂ de origem biogénica, fóssil e total.	47
Figura 10- Contributos de CO ₂ de origem biogénica e fóssil para o B0, o Ecobunker, o B7 e o B100.....	48
Figura 11- Emissões anuais de CO ₂ estimadas para a B0, B7, B15 e B100 com base no mesmo volume de combustível consumido.	49
Figura 12- Emissões estimadas para a B0, B7, B15 e B100 com base no poder calorífico.	50
Figura 13- Exemplos de resíduos produzidos na área portuária.	54
Figura 14- Resíduos produzidos pelos navios e rececionados no Porto de Aveiro no ano 2020.....	54
Figura 15- Resíduos produzidos em 2020 na área portuária do Porto de Aveiro.	55
Figura 16- Destino dos resíduos do Porto de Aveiro no ano 2020.	58
Figura 17- Protocolo de Economia Circular.....	60
Figura 18- Paletes de madeira.....	63
Figura 19- Barrotes.....	64
Figura 20- Exemplo de aplicações de madeira.....	64

Índice de tabelas

Tabela 1-Fluxo específicos de alguns resíduos em Portugal (APA I.P., 2021).	7
Tabela 2-Capítulos dos resíduos da LER (LER, 2018).	10
Tabela 3-Anexos da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (DRE, 2014).	12
Tabela 4-Plano de atividades do estágio na APA, S.A.	19
Tabela 5-Comunidade portuária do Porto de Aveiro.	26
Tabela 6-Principais produtores de biodiesel em Portugal (Fonte: Associação Portuguesa de produtores de biodiesel).	27
Tabela 7-Vantagens e desvantagens dos oleões simples e avançados (Prio Energy, 2020).	30
Tabela 8- Características as embarcações a usar nos ensaios de monitorização das emissões decorrentes da utilização do Ecobunker.	35
Tabela 9-Massa volúmica de alguns combustíveis líquidos (Coronado et al., 2009).	39
Tabela 10-Poder calorífico (superior) dos combustíveis petro-diesel e biodiesel (EPA (2017)).	41
Tabela 11- Tabela usada na inventariação dos resíduos produzidos no Porto de Aveiro. .	42
Tabela 12-Fatores de emissão de CO ₂ associados a alguns combustíveis líquidos.	46
Tabela 13- Emissões evitadas (totais e de origem fóssil) considerando o mesmo volume de combustível.	51
Tabela 14- Emissões evitadas (totais e fóssil) considerando o fornecimento da mesma energia.	51
Tabela 15- Cargas movimentadas nos vários terminais do Porto de Aveiro.	52
Tabela 16- Síntese dos dados recolhidos relativos aos resíduos.	53
Tabela 17- Síntese comparativa dos resíduos do Porto de Aveiro no ano 2020.	56
Tabela 18- Tabela do Protocolo de Economia circular com as metas estabelecidas para cada resíduo.	61

Nomenclatura

Siglas e acrónimos

APA– Administração do Porto de Aveiro, S.A.

CCDRC- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro

CE - Comissão Europeia

CMA- Câmara Municipal de Aveiro

DGRM- Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos

EEDI- Índice Nominal de Eficiência Energética

ESPO- European Sea Ports Organisation (Organização dos Portos Marítimos Europeus)

GEE- Gases de Efeito de Estufa

GWP- Global Warming Potential (Potencial de aquecimento global)

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO- International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)

JAPA- Junta Autónoma do Porto de Aveiro

JARBA- Junta Autónoma da Ria e Barra de Aveiro

LER- Lista Europeia de Resíduos

MARPOL- Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios

ODS- Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OMI- Organização Marítima Internacional

OAU- Óleo Alimentar Usado

PNAC- Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PRGR- Plano de Receção e Gestão de Resíduos

RCD- Resíduos de Construção e Demolição

REEE- Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RFFDU- Resíduos de Fábrico, Formulação, Distribuição e Utilização

RGN- Resíduos gerados em navios

SEEMP- Plano de Gestão da Eficiência Energética dos Navios

TGS- Terminal de Granéis Sólidos (Porto de Aveiro)

TGL- Terminal de Granéis Líquidos (Porto de Aveiro)

TN- Terminal Norte (Porto de Aveiro)

TS- Terminal Sul (Porto de Aveiro)

UE- União Europeia

UNEP- Programa das Nações Unidas para o meio ambiente

VFV- Veículos em fim de vida

ZALI- Zona de Atividades Logísticas e Industriais

ZPE- Zona de Proteção Especial

Nomenclatura química

CO- Monóxido de carbono

CO₂- Dióxido de carbono

NO_x- Óxidos de azoto

SO_x- Óxidos enxofre

PM₁₀- Material particulado ($\leq 10 \mu\text{m}$)

Na₂CO₃ - Carbonato de sódio

Definições

Abandono - a renúncia ao controlo de resíduo sem qualquer beneficiário determinado, impedindo a sua gestão.

Águas sanitárias – águas residuais de navio coletadas das instalações sanitárias (lavabos, urinóis, sanitas e banhos), das instalações de cuidados médicos, de espaços contendo animais e ainda outras águas residuais quando misturadas com as atrás referidas.

Carcaça de animal – corpo de um animal depois do abate e da preparação.

Convenção MARPOL – a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, de 1973, alterada pelo Protocolo de 1978, na sua versão atualizada.

e-GAR – Guia de acompanhamento de resíduos, o documento eletrónico disponível na plataforma eletrónica da Agência Portuguesa do Ambiente.

Eliminação – qualquer operação que não seja de valorização, ainda que se verifique como consequência secundária a recuperação de substâncias ou de energia.

Gestão de Resíduos – a recolha, o transporte, a valorização e a eliminação de resíduos, incluindo a supervisão destas operações.

Hidrocarbonetos – o petróleo sob qualquer forma, incluindo petróleo bruto, fuelóleo, lamas, resíduos e produtos refinados, com exceção dos produtos petroquímicos.

Matérias de Categoria I ou Subprodutos de origem animal – restos de cozinha e mesa do transporte internacional, incluídos nos subprodutos animais não destinados ao consumo humano, nos termos do Regulamento CE n.º 1069/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro.

Navio – uma embarcação de qualquer tipo que opere em meio marinho, incluindo os navios de pesca, as embarcações de recreio, as embarcações de sustentação dinâmica, os veículos de sustentação por ar, os submersíveis e as estruturas flutuantes.

Recolha – a apanha de resíduos, incluindo a triagem e o armazenamento preliminares dos resíduos para fins de transporte para uma instalação de tratamento de resíduos.

Resíduos – quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer, em conformidade com a Lista Europeia de Resíduos.

Resíduos Associados à Carga – quaisquer materiais utilizados para acondicionamento e para a movimentação ou tratamento da carga.

Resíduos da Carga – os restos das matérias transportadas como carga a bordo que permanecem no convés ou em porões ou tanques após as operações de carga e descarga, incluindo excedentes de carga/descarga e derrames, húmidos ou secos, ou arrastados em águas residuais, excluindo poeiras da carga remanescentes no convés após varrimento ou poeiras nas superfícies externas de navios.

Resíduo Hospitalar – os resíduos resultantes de atividades de prestação de cuidados de saúde a seres humanos ou à animais nas áreas da prevenção, diagnóstico, tratamento,

reabilitação ou investigação e ensino, bem como de outras atividades envolvendo procedimentos invasivos, tais como acupuntura, piercings e tatuagens.

Resíduo Industrial – os resíduos gerados em processos produtivos industriais, bem como o que resulte das atividades de produção e distribuição de eletricidade, gás e água.

Resíduos Operacionais – os resíduos gerados em navios, não incluídos nos anexos I, II, IV ou VI da MARPOL, recolhidos a bordo durante a manutenção ou operações do navio e ainda os resíduos não perigosos associados à carga, tais como madeiras, plásticos, precintas metálicas, etc.

Resíduo Perigoso – os resíduos que apresentam uma ou mais características de perigosidade para a saúde ou para o ambiente, nomeadamente os identificados como tal na Lista Europeia de Resíduos.

Resíduos Provenientes de Navios – todos os resíduos, incluindo os resíduos de carga, produzidos durante a exploração de um navio ou durante as operações de carga, descarga e limpeza, abrangidos pelo âmbito de aplicação dos anexos I, II, IV, V e VI da Convenção MARPOL e os resíduos pescados passivamente.

Resíduo Urbano – o resíduo proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações.

Transporte – a operação de transferir os resíduos para o exterior das instalações portuárias.

Tratamento – qualquer operação de recuperação ou de eliminação, incluindo a preparação que precede estas operações.

Triagem – o ato de separação de resíduos mediante processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista ao seu tratamento.

Valorização – qualquer operação cujo resultado principal seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais ou a preparação dos resíduos para esse fim.

1 Introdução

Os portos são pontos estratégicos para o comércio internacional desempenhando um papel elementar no tráfego de mercadorias. Enquadram-se como instrumentos de poder marítimo de um Estado, e com eles emerge a instalação de diversos complexos industriais. Nas áreas em que se inserem são centros de valor agregado, onde suportam a criação de um ambiente de produção e logística (AdC, 2018).

As infraestruturas portuárias tornaram-se centros de desenvolvimento de diversas áreas com um contributo significativo no impacto das alterações climáticas e na qualidade do ar (Climate KIC, 2019). Deste modo, emerge a necessidade de desenvolver e aplicar iniciativas de uma economia circular, que podem desencadear novos desenvolvimentos tecnológicos contribuindo para a competitividade das entidades ligadas às atividades portuárias e gerar oportunidades de negócio e novas cadeias de valor (Karimpour et al., 2019).

Uma economia circular é entendida como uma economia que sustenta e promove ativamente a produtividade dos recursos e o uso eficiente por ela dinamizados (CEP, 2021). Esta abordagem abrange as vertentes sociais e institucionais (valores e incentivos) e as vertentes técnicas e económicas (atividades e capacidades produtivas). A materialização desta economia consolida-se através de produtos, processos e modelos de negócio que assentem na reutilização, desmaterialização, reciclagem e recuperação dos materiais, no redesenho de processos, produtos e no desenvolvimento de novos modelos de negócios. Este modelo dinâmico reorganizado nos sistemas de produção e consumo em circuitos fechados, é inspirado nos processos envolventes dos ecossistemas naturais que gerem recursos a longo prazo num processo contínuo de reciclagem e reabsorção (COM, 2014).

O esforço contínuo na transformação da economia europeia numa economia mais sustentável, tem o apoio da Comissão Europeia (CE), que desenvolveu em 2015 o “Plano de Ação para a Economia Circular” com um conjunto de iniciativas para tornar realidade a visão do panorama da economia circular para os Estados-Membros. Neste contexto, o

setor portuário é crucial, visto que serve como elo de ligação e ponto de passagem para todo o tipo de resíduos e fluxos materiais industriais, funcionando também os portos como pólos logísticos para a importação e exportação de resíduos.

A economia circular implementada no setor portuário envolve uma ampla gama de partes interessadas capazes de facilitar ativamente a circularidade nas sociedades e economias (CE, 2014). Os portos são obrigados a ter meios portuários de recepção de resíduos que ofereçam aos navios durante a sua estadia nos mesmos, um serviço de qualidade e que constitua um incentivo à entrega de resíduos que detêm, bem como à maximização na recolha dos mesmos, com o intuito de reduzir e evitar a sua descarga nos oceanos. Para tal, devem ser desenvolvidas, um conjunto de estratégias adequadas e eficientes, junto das tripulações dos navios e entidades gestoras das instalações portuárias (ESPO, 2021). A Organização dos Portos Marítimos Europeus identificou, junto dos portos europeus no ano de 2020, 10 prioridades ambientais, ilustradas na Figura 1.



Figura 1-Dez prioridades ambientais identificadas em 2020 nos portos europeus (ESPO, 2021).

A qualidade do ar é a área mais preocupante para os portos europeus, seguido das mudanças climáticas, eficiência energética, poluição sonora, relação do porto com a comunidade local, resíduos de navios, qualidade da água, resíduos provenientes das atividades portuárias, operações de dragagem e, por fim, o desenvolvimento dos portos relacionados com o ordenamento territorial. Em comparação com as prioridades

identificadas no ano de 2019, os resíduos de navios mantêm-se como 6ª prioridade ambiental e os resíduos portuários, passaram da 7ª para a 8ª prioridade em 2020.

1.1 Desenvolvimento sustentável

Surgem em meados do século XX preocupações relacionadas com a exploração do ambiente, bem como dos recursos naturais, pelo Homem de forma desregrada (Henriques, 2008). Assim, liderada por Gro Harlem Brundtland, em 1987, a Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas definiu pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável como um processo integrado de desenvolvimento que “responde as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras responderem às suas próprias necessidades” através do equilíbrio entre as dimensões ambiental, económica e social (WCED, 1987). Posteriormente, foram elaboradas políticas com base neste conceito, onde a mais importante e atual é o plano de ação resultante da Conferência de Rio +20, a Agenda 30 para o desenvolvimento sustentável. Através de parcerias colaborativas, este plano estabelece 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) com vista a serem alcançados até ao ano de 2030 (UN, 2015).

Em 2010 foi publicada a Estratégia Europa 2020 que procura *“Uma Europa eficiente em termos de recursos”*, com vista a uma mudança da economia com intenção de dissociar o crescimento económico do uso de materiais e energia e a redução das emissões dos gases de efeito de estufa (GEE). Desta iniciativa nasce um dos blocos fundamentais – o *“Roteiro para uma Europa eficiente na utilização de recursos”* - com intuito de estabelecer o enquadramento para ações futuras no sentido da transformação dos resíduos em recursos. A primeira abordagem relativamente a esta temática foi em 2015 pela CE, através do *“Plano de Ação para a Economia Circular”*, onde são descritos os investimentos e instrumentos de financiamento necessários e disponíveis, de modo a assegurar uma transição justa e inclusiva (CE, 2018).

Em períodos de insegurança e instabilidade, têm-se vivido, paralelamente, fenómenos meteorológicos extremos consequentes das alterações climáticas e deste modo, a ação

climática é decisiva na redução dos efeitos associados a estes fenómenos (CE, 2018). Assim surge o Pacto Ecológico Europeu em 2019, que redefine o compromisso dos Estados-Membros da UE na luta contra as ações climáticas transformando a economia europeia para uma economia mais sustentável e eficiente na utilização de recursos, com o objetivo de alcançar até 2050 emissões nulas de GEE, e dissociar o crescimento económico da utilização dos recursos (CE, 2019). Em Portugal, este plano foi aprovado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017, de 23 de novembro, no âmbito do enquadramento político para a economia circular, definindo uma estratégia nacional assente na produção e eliminação de resíduos e nos conceitos de reutilização, reparação e renovação de materiais e de energia (APA, I.P., 2021).

No âmbito da aplicação dos objetivos do Acordo de Paris, que apontam para uma necessidade de alcançar a descarbonização das economias mundiais, a UE elegeu como prioridade a eficiência energética. Esta é compreendida como uma otimização no consumo de energia, e tem sido uma tendência contínua nas indústrias, abrangendo um campo vasto de iniciativas (ERSE, 2021). As medidas existentes relativamente a esta temática visam reduzir as emissões de GEE, a promoção da competitividade da UE, e o alcance de um aprovisionamento de energia sustentável (Ciucci, 2020). Em 2007, os líderes da UE estipularam até 2020 uma redução do consumo médio de energia em 20% para a EU. Em 2018, um novo objetivo foi fixado pelo pacote *“Energia Limpa para todos os Europeus”*, assentando na redução do consumo de energia de, pelo menos, 32,5 % de 2021 a 2030 (DGRM, 2018). No sentido de assegurar a monitorização, comunicação e verificação de informações precisas sobre as emissões de GEE, e outras informações relativas aos navios que chegam a portos de um Estado-Membro, estes sujeitam-se ao regulamento EU 2015/757 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de abril de 2015, que estabelece diretrizes para promoção da redução das emissões de GEE provenientes do transporte marítimo de forma sustentável (Ciucci, 2020).

O Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 – Produção e consumo sustentáveis - tem como objetivo principal garantir padrões de consumo e produção sustentáveis, com o uso eficiente dos recursos naturais, alcançando uma gestão sustentável dos produtos

químicos e de todos os resíduos, bem como reduzir a sua libertação para o ar, água e solo, minimizando os impactos negativos sobre a saúde humana e o ambiente. No sentido de proteger a vida marinha e reduzir o impacto do transporte marítimo sobre os ecossistemas marinhos, nomeadamente da descarga de resíduos no mar, os navios estão obrigados ao cumprimento da designada Convenção MARPOL, adotada pela Organização Marítima Internacional (OMI), entidade especializada das Nações Unidas pela regulamentação internacional relativa à segurança dos navios e à prevenção da poluição marinha (APA, 2019).

As políticas ambientais relativas à gestão de resíduos portuários baseiam-se em princípios elementares da redução, prevenção, precaução, princípio do poluidor-pagador e de responsabilidade de gestão. Adotada em 1973, a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) constitui o documento basilar da gestão dos resíduos nos navios, cujo objetivo é aumentar a proteção do meio marinho através da redução das descargas no mar, com enfoque na eliminação da poluição intencional ou acidental por óleos e outras substâncias perigosas dos navios no mar (MARPOL, 2005). As regras relativas à prevenção da poluição por resíduos produzidos a bordo de um navio estão assim definidas na Convenção MARPOL, na sua versão atualizada, composta por seis anexos listados na Figura 1. Esta convenção abrange a prevenção da poluição do meio marinho por navios, tanto por causas operacionais como acidentais.

1.2 Economia circular nos portos

Portos são indústrias circulares, que tem vindo a investigar ativamente sobre os fluxos de materiais e energia que não são utilizados pelas indústrias ao seu redor, visando encontrar vias de escoamento para esses recursos em esquemas de simbiose industrial (Karimpour et al., 2019). Sinergias idênticas também podem ser observadas quando os portos fazem parte de cidades circulares tornando-se parte integrante da infraestrutura circular e de baixo carbono das cidades, ao permitir a troca de calor, água e resíduos. Exemplos disso (Figura 2) podem ser encontrados em cidades como Londres, Amsterdão, Antuérpia, Hamburgo, Marselha, Lisboa e Porto (Gravagnuolo et al., 2019).



(a) Porto de Hamburgo.



(b) Porto de Lisboa.

Figura 2-Portos de Hamburgo e Lisboa (Google imagens, 2021).

Os portos também desempenham um papel fundamental nos mercados circulares alavancando estrategicamente suas funções como *hubs* de transporte. É possível encontrar e explorar lacunas que adicionam novos laços às cadeias de valor existentes como é o caso do projeto CarLoop no Porto de Antuérpia (Langen, 2018), ou do projeto Moerdijk (OInnovation origins, 2020) envolvendo a pirólise de resíduos de pneus. Nos dois casos, estes portos já funcionam como um *hub* para o transporte desses recursos, e apenas adicionam um *loop* às atividades existentes no mercado, exigindo que os portos assumam um papel ativo como intervenientes nas indústrias circulares, cidades e mercados.

Uma vez que os portos contribuem significativamente para a geração de resíduos sólidos pelas diversas atividades neles existentes, a finalidade do reaproveitamento destes resíduos sólidos é o prolongamento da sua vida útil. Os aterros de resíduos são o fim do ciclo de vida dos produtos e representam uma perda enorme de recursos materiais e energéticos. Os volumes de resíduos são enormes e em grande parte produzidos nas cadeias de abastecimento internacionais (Karimpour et al., 2019).

1.2.1 Resíduos portuários

Na última década em Portugal, em resultado da transposição da legislação comunitária, devido às características e produção de resíduos em larga escala, foram criadas entidades de gestão para fluxos específicos de resíduos especiais, com o intuito de garantir um

processo eficaz na recolha, reciclagem, reutilização e valorização de resíduos. Todo ciclo de vida de um produto (desde o fabrico até que se torne um resíduo) é da responsabilidade do produtor. Assim, os produtores de resíduos devem garantir a recolha e o devido encaminhamento para instalações autorizadas de valorização de resíduos mediante o pagamento de um valor monetário (Ecovalor) por cada produto colocado no mercado, estimulando as mudanças que maximizem a poupança de matérias-primas bem como a minimização da produção de resíduos (Daniel & Neves, 2019).

Existem atualmente em Portugal diversos sistemas integrados de gestão de resíduos onde a responsabilidade da gestão recai sobre o detentor do resíduo e não no produtor do produto (APA I.P., 2021). A Tabela 1 resume os fluxos dos resíduos supracitados existentes atualmente em Portugal.

Tabela 1-Fluxo específicos de alguns resíduos em Portugal (APA I.P., 2021).

Produtos/Resíduos	Fluxo específico
Embalagens e resíduos de embalagens	A legislação comunitária para o mercado europeu prevê que todas as embalagens devem ser reutilizáveis e/ou recuperáveis. Uma vez que Portugal como Estado-Membro está sujeito a esta legislação, tal significa também a obrigação de cumprimento de metas de recolha e valorização de embalagens.
Óleos lubrificantes usados (OLU)	Os óleos lubrificantes usados em operações de manutenção, óleos usados de motores de combustão e dos sistemas de transmissão e também para turbinas e sistemas hidráulicos que se tenham tornado impróprios para o uso a que estavam previamente destinados (Recoil, 2015). O Sistema Integrado de Gestão de Óleos Usados (SIGOU) é o sistema destinado a prevenção da produção de OLU, em quantidade e toxicidade e de outras formas de reciclagem ou valorização.

Óleos alimentares usados (OAU)	<p>No ano de 2005 foi criado o Sistema de Gestão de Óleos Alimentares Usados com carácter voluntário e posteriormente em 2009 foi publicado o primeiro diploma que regula este sistema. A recolha dos OAU foi atribuída aos municípios bem como aos operadores do setor da distribuição responsáveis por grandes superfícies comerciais locais. É proibida a eliminação através dos sistemas de drenagem de águas residuais (esgoto), deposição destes resíduos em aterro e reintrodução de OAU ou de substâncias recuperadas na cadeia alimentar (Veloso, 2007).</p>
Resíduos de construção e demolição (RCD)	<p>Cerca de 100 milhões de toneladas são produzidas na UE, RCDs. A sua gestão é complexa devido ao carácter temporário da sua produção, à dispersão espacial, à sua constituição multimaterial, com diferentes níveis de perigosidade. Situações ambientalmente indesejáveis são reportadas aquando da deposição não controlada. Estão agora previstos a prevenção e reutilização destes resíduos assim como as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação. Ao condicionar a deposição de RCD em aterro a uma triagem prévia, pretende-se contribuir para um aumento da valorização de RCD.</p> <p>Câmaras municipais bem como empreiteiros de obras, são responsáveis pela gestão destes resíduos, aplicando um processo de triagem e/ou encaminhamento para um operador de gestão de resíduos licenciado.</p>
Resíduos de equipamentos eléctricos e	<p>Os equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE) podem ser divididos em várias categorias desde: grandes ou pequenos eletrodomésticos, de consumo, de iluminação, informáticos e de</p>

eletrónicos (REEE)	telecomunicações, brinquedos elétricos, entre outros (Blomsma et al., 2019). Para cada equipamento o produtor deve colocar a listagem de componentes e materiais presentes bem como de substâncias perigosas.
Resíduos de pilhas e acumuladores	À semelhança dos EEE, os produtores de pilhas e acumuladores devem estar registados e as pilhas e acumuladores devem ser identificados com o mesmo símbolo afixado nos EEE. Por conterem metais pesados, a eliminação destes resíduos através de incineração polui a atmosfera e a sua deposição em aterros contamina os solos. Assim, na legislação está prevista a redução da utilização de mercúrio, cádmio e chumbo nas pilhas e acumuladores, e os metais que são utilizados devem ser tratados e recuperados.
Veículos em fim de vida (VFV)	De forma a limitar a produção destes resíduos e aumentar a sua reutilização, reciclagem e outras formas de valorização, a legislação comunitária obriga os fabricantes a conceber veículos fáceis de reciclar, a limitar o uso de substâncias perigosas na sua conceção e a promover a utilização de materiais reciclados. Aquando do tratamento dos VFV, deve ser privilegiada a reutilização e a valorização dos componentes dos veículos. Os produtores devem desenhar os veículos a pensar na fase de desmantelamento no fim do seu ciclo de vida (APA I.P., 2021).

A classificação dos resíduos, tendo em conta a sua origem e composição, consta da Lista Europeia de Resíduos (LER), conforme publicada pela Decisão 2014/955/EU da Comissão Europeia, de 18 de dezembro de 2014. Esta lista está organizada em 20 capítulos divididos mediante as áreas específicas (Tabela 2) e subcapítulos que vão de encontro às especificidades de cada resíduo.

Tabela 2-Capítulos dos resíduos da LER (LER, 2018).

Código	Área específica
01	Resíduos da prospeção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas.
02	Resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares.
03	Resíduos da transformação de madeira e do fabrico de painéis, mobiliário, pasta para papel, papel e cartão.
04	Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil.
05	Resíduos da refinação de petróleo, da purificação de gás natural e do tratamento pirolítico de carvão.
06	Resíduos de processos químicos inorgânicos.
07	Resíduos de processos químicos orgânicos.
08	Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de
09	Resíduos da indústria fotográfica.
10	Resíduos de processos térmicos.
11	Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos.
12	Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos
13	Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (exceto óleos alimentares, 05, 12 e 19).
14	Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores orgânicos (exceto 07 e 08).
15	Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção não anteriormente especificados.
16	Resíduos não especificados em outros capítulos desta lista.

17	Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados).
18	Resíduos da prestação de cuidados de saúde a seres humanos ou animais e ou investigação relacionada (exceto resíduos de cozinha e restauração não provenientes diretamente da prestação de cuidados de saúde).
19	Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e água para
20	Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente.

Os diferentes tipos de resíduos inseridos na lista são definidos por códigos de seis dígitos dos resíduos, compostos por dois e quatro dígitos dos capítulos e subcapítulos respetivos. Por exemplo, 15 01 01 indica embalagens de papel e de cartão, onde:

- 15 01 representa o grupo de embalagens;
- 01 a especificação dos resíduos, neste caso papel e de cartão.

De realçar os indicados com o símbolo asterisco (*) que são resíduos classificados como perigosos.

Devido à ampla diversidade de mercadorias que transportam, os navios constituem uma fonte de um conjunto alargado e complexo de resíduos produzidos a bordo variando conforme o tipo, tamanho, duração da viagem, dimensão do navio, tipo de combustível, velocidade, número de tripulantes, podendo incluir desde equipamentos industriais a matérias-primas (MARPOL, 2005). Por outro lado, dada a especificidade da gestão de resíduos de navios, estes são objeto do Plano de Receção e Gestão de Resíduos (PRGR), elaborado nos termos do Decreto-Lei n.º 165/2003, de 24 de julho de 2003. A gestão eficiente de resíduos a bordo dos navios é imprescindível para a prevenção da poluição marinha. As tripulações dos navios são parte integrante e ativa deste processo, a fim de contribuir na redução de resíduos produzidos, permitindo criar um ambiente de trabalho seguro e saudável a bordo, e sobretudo auxiliar a preservar o ecossistema marinho (Godinho, 2009).

Tabela 3-Anexos da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (DRE, 2014).

	Tipos de resíduos
Anexo I	Águas de porão Resíduos oleosos - <i>lamas</i> Águas de lavagem de tanques - <i>slops</i> Águas de lastro contaminadas
Anexo II	Substâncias Líquidas Nocivas
Anexo III	Substâncias Perigosas transportadas em embalagens
Anexo IV	Águas sanitárias
Anexo V	Plásticos Restos de alimentos Resíduos operacionais Resíduos domésticos Óleos de cozinha Cinzas de incineração Resíduos de carga Carcaças de animais Artes de pesca
Anexo VI	Poluição atmosférica

A gestão de resíduos a bordo nos navios requer um papel ativo da tripulação a bordo para a prevenção de poluição marinha, nos termos dos diferentes Anexos da MARPOL, que estes estão obrigados a cumprir. O agente de navegação, operador ou comandante de qualquer navio deve preencher com veracidade o formulário de notificação prévia de entrega de resíduos com pelo menos 24 horas de antecedência.

A Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos (DGRM), nos termos do n.º 1 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 165/2003, de julho, impõe que as autoridades portuárias lhe apresentem, em cada período de três anos, um relatório sobre a aplicação relativa aos meios portuários de receção de resíduos gerados em navios e de resíduos provenientes de carga (com origem em navios que utilizem portos nacionais) referente ao triénio anterior (DGRM, 2018). Por outro lado, as autoridades portuárias

juntamente com operadores económicos devem implementar planos para receção e gestão de resíduos (PRGR), em particular com os utilizadores dos portos e seus representantes, de acordo com o referido diploma legal.

Importa referir que, a partir do dia 1 de julho de 2021, entrou em vigor o Decreto-Lei n.º 102/2020, de 9 de dezembro de 2020, que transpõe a Diretiva (UE) 2019/883, relativa aos meios portuários de receção de resíduos provenientes dos navios. Este novo Decreto-Lei revoga o Decreto-Lei n.º 165/2003, e introduz algumas alterações à gestão de resíduos de navios, nomeadamente a entrega sem custos adicionais dos resíduos do Anexo V da MARPOL, que não constituam resíduos de carga, tendo em vista uma ainda maior proteção do meio marinho. Contudo, para o presente relatório e atendendo ao período de realização do estágio, entendeu-se manter a análise do Decreto-Lei em vigor até 30 de junho de 2021, o qual já inclui os princípios de gestão de resíduos de navios e dos meios portuários de receção de resíduos de navios.

Assim, ambos os diplomas estabelecem as regras respeitantes à criação e à utilização dos meios portuários de receção de resíduos gerados em navios, e de resíduos provenientes da carga, com origem em navios que utilizem portos nacionais, qualquer que seja o pavilhão que arvore. A fim de reduzir as descargas no mar de resíduos gerados em navios, são igualmente definidas as condições que permitem que todos os navios entreguem os resíduos em meios portuários de receção antes de deixarem o porto, em conformidade com a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL 73/78), sem prejuízo da consagração de exceções a essa imposição decorrentes, designadamente, da adequação da capacidade máxima de armazenamento a bordo, ou da possibilidade da entrega dos resíduos noutro porto, sem probabilidade de descarga no mar, por forma a conciliar os interesses do funcionamento normal dos transportes marítimos com a proteção do ambiente.

As práticas de reutilização e reciclagem podem reduzir substancialmente a necessidade de extração de recursos materiais adicionais para a produção de bens. Para que as cadeias de abastecimento circulares sejam totalmente sustentáveis, o uso de energia também precisa ser baseado em fontes renováveis e não na queima de combustíveis

fósseis (CE, 2019). Aspetos relativos ao ciclo de vida de um navio, onde há produção de resíduos, devem ser geridos com vista a maximizar a valorização destes resíduos, minimizar a produção e evitar descargas ilegais no mar. Para além de constituírem um meio de transporte de mercadorias indispensável, os navios representam para o turismo um meio de lazer o que aumenta exponencialmente as preocupações sobre este tema, devido a surgirem quantidades elevadas de diversas tipologias de resíduos incluindo os perigosos.

1.2.2 Poluição atmosférica

O transporte marítimo é o principal meio de mercadorias no mundo, pois cerca de 85 % das trocas de mercadorias e bens é feita pela via marítima (Mohd, 2018). Na Europa, este transporte representa 75 % das trocas de mercadorias (EEA, 2014). As áreas portuárias contribuem significativamente para o desenvolvimento social e económico das zonas costeiras, sendo que estas áreas se encontram maioritariamente em espaços urbanizados (Climate KIC, 2019) por isso, considera-se que os portos marítimos, nos espaços em que se encontram inseridos, são uma extensão das cidades (Karimpour et al., 2019).

Atualmente, em termos ambientais, o setor portuário tem sido um dos setores económicos que tem cativado muita atenção (Dragović et al., 2018), pelo facto de depender maioritariamente do uso de combustíveis fósseis e, consequentemente, ter uma contribuição significativa para a poluição atmosférica, levando à degradação da qualidade do ar (Merico et al., 2016). Um dos problemas que tem gerado maior preocupação no que respeita ao transporte marítimo, têm sido as emissões de poluentes atmosféricos (Antturi et al., 2016), mais concretamente as emissões de dióxido de carbono (CO₂), óxidos de enxofre (SO_x) e óxidos de azoto (NO_x) (Lindstad et al., 2015). Borrego *et al.* (2007) identificam ainda as atividades portuárias, em concreto, a movimentação de cargas, como sendo um processo que gera emissões fugitivas de material particulado afetando toda população envolvente.

A Organização Marítima Internacional (OMI) é a entidade responsável pela segurança do transporte marítimo. Esta organização adotou o Anexo VI da Convenção Internacional para a Poluição dos Navios (MARPOL 73/78) em 1997, passando a proibir a emissão de compostos depletadores da camada de ozono estratosférico, e estabeleceu também limitações para emissões de SO_x, NO_x e compostos orgânicos voláteis (Monteiro et al., 2019). Em julho de 2011, a OMI adotou medidas técnicas e operativas visando reduzir o aumento previsto das emissões de CO₂ provenientes do transporte marítimo internacional para novos navios nomeadamente Índice Nominal de Eficiência Energética (EEDI) e o Plano de Gestão da Eficiência Energética dos Navios (SEEMP).

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (1987), os impactos ambientais que se observam nos portos estão sobretudo ligados ao tráfego marítimo, às atividades portuárias e à rede de transporte intermodal. Enquanto os navios se encontram atracados, os motores continuam em funcionamento, para garantir a iluminação bem como o aquecimento e outras atividades no interior do navio, levando assim ao acréscimo de contribuições de poluição atmosférica (Antturi et al., 2016).

Os equipamentos com motores a diesel são responsáveis pela emissão de NO_x, SO_x e Material Particulado (PM). A utilização destes motores nos navios e em atividades portuárias é a opção mais adotada devido à potência dos motores, longevidade e eficiência energética (Lindstad et al., 2015).

Desde o ano de 1975 que a temperatura superficial da terra tem aumentado cerca de 0,5 °C, havendo um consenso entre as comunidades internacionais de que o aquecimento global resulta do aumento das emissões antropogénicas de GEE (Lindstad et al., 2015). A presença dos GEE na atmosfera é um indicador do controle da temperatura no planeta, assim, estes gases têm diferentes potenciais de aquecimento global (GWP – *Global Warming Potential*), ou seja, correspondem à capacidade que determinado gás possui para sequestrar radiação na atmosfera num determinado horizonte temporal. Os GWP podem ser utilizados para definir o impacto que os GEE terão sobre o aquecimento global. O Protocolo de Quioto na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações

Climáticas foi aprovado em 1997 como um instrumento legal chave para o desenvolvimento de uma resposta internacional às emissões de GEE (GGHW, 2020). Este protocolo representa um tratado internacional do qual os países desenvolvidos comprometeram-se a restringir as emissões de GEE. O aumento da concentração de CO₂ e outros GEE conduzem a uma maior captação de radiação e assim a um aumento da temperatura média global (APA, I.P., 2021). A nível da saúde humana, os GEE são responsáveis pelo aumento de problemas de saúde, especialmente respiratórios (provenientes da inalação de partículas e de ozono troposférico formado por ação dos NO_x), bem como da degradação da qualidade de ar (Almeida, 2013).

Associado ao transporte marítimo emerge a emissão de elevadas quantidades de poluentes atmosféricos que comprometem a qualidade do ar (Monteiro et al., 2019). Ao longo do tempo têm surgido regulamentações e restrições ao nível das emissões de poluentes atmosféricos no setor dos transportes marítimos. A nível da Europa, através da Diretiva 1999/32/EC, a temática de redução das emissões marítimas, foi abordada com vista a reduzir o teor de enxofre de alguns combustíveis e adicionalmente impor requisitos mínimos para os combustíveis utilizados por navios atracados nos portos da União Europeia (Bachvarova et al., 2018). Em 2012, surgiu a Diretiva 2012/33/EU, que reformula as imposições de enxofre de acordo com a revisão do Anexo VI da MARPOL (Monteiro et al., 2019).

De modo a compreender os efeitos dos GEE e o transporte marítimo, resultante de vários estudos realizados pela OMI, foi acrescentado ao Anexo VI da MARPOL em 2011, um novo capítulo onde se inclui uma série de medidas técnicas e operacionais com vista a reduzir a emissão de GEE bem como a melhoria da eficiência energética dos novos navios. Foi também estabelecida, pela IMO em 2015, uma estratégia que impõe o desenvolvimento de um plano com vista a maximizar a eficiência operacional, o Plano de Gestão de Eficiência Energética do Navio (SEEMP) (Lindstad et al., 2015). Uma vez que até ao ano de 2013, na Europa, o único setor económico que não apresentava metas de reduções dos GEE era o transporte marítimo, foi criada posteriormente uma estratégia de monitorização, verificação e comunicação de emissões de CO₂. O objetivo da IMO é

reduzir até 2050 as emissões de GEE até 50 %, tendo como referência os valores de 2008 (Monteiro et al., 2019).

Por outro lado, o consumo de combustíveis fósseis para geração de energia e, consequentemente, garantir a mobilidade de pessoas e bens, implica a produção de gases e outros poluentes que comprometem a qualidade do ar a nível local, regional e global quando emitidos para a atmosfera (Silva, 2014). O transporte aquático é responsável por 13,4 das emissões provenientes dos transportes, sendo uma das principais e crescentes fontes de emissões de GEE para a atmosfera. Alguns estudos revelam que, com a tendência de crescimento deste setor, e sem intervenções viáveis, a pegada ambiental poderá triplicar até 2050 (Prio Energy, 2020).

1.3 Objetivos do estágio

No âmbito da parceria com instituições de ensino superior, cujo intuito é de uma permanente aproximação entre a cultura académica e empresarial, a APA - Administração do Porto de Aveiro, S.A. tem desenvolvido protocolos com a Universidade de Aveiro com o objetivo de conferir uma formação tão prática quanto possível. Nesse sentido, surgiu este estágio, na vertente da sustentabilidade ambiental: implementação de um sistema de economia circular para resíduos portuários no Porto de Aveiro, que pretendeu maximizar a circularidade das atividades portuárias e atrair novas “*atividades circulares*”. Neste trabalho foram definidos dois objetivos principais:

- i. Implementação de um protocolo de economia circular entre a APA e as potenciais empresas prestadoras de serviços portuários visando a valorização dos resíduos portuários**

Identificação para o ano de 2020, do estado de arte dos resíduos provenientes das operações portuárias e dos resíduos entregues pelos navios ao Porto de Aveiro.

Atendendo às linhas gerais do Pacto Institucional para a valorização da economia circular na região centro proposto pela Comissão de Coordenação e

Desenvolvimento Regional do Centro (CCDR), de que a APA, S.A. é subscritora, pretende-se elaborar um protocolo de economia circular com as empresas prestadoras de serviços portuários do Porto de Aveiro. Está estabelecida como meta a atingir pela APA, S.A. no pacto a *“transformação de resíduos em subprodutos, promovendo o aproveitamento de subprodutos para valorização, através da recolha seletiva, retirando-os do processo de eliminação”*.

ii. Quantificação das emissões de CO₂ do biocombustível *Ecobunker* (15%) em duas embarcações no Porto de Aveiro

A iniciativa da empresa Prio, S.A., na produção do *Ecobunker* (85% diesel e 15% biodiesel) maioritariamente produzido a partir de óleos alimentares usados, corresponde a uma oferta de um combustível mais verde em substituição do combustível fóssil representando uma estratégia sustentável para redução das emissões do CO₂.

O projeto-piloto será executado em duas embarcações que operam no Porto de Aveiro, o rebocador “Salinas de Aveiro”, do Concessionário TINITA, S.A., e a lancha dos pilotos “Triângulo”, da APA, S.A., onde importa atestar a redução de emissões de CO₂ pela utilização do novo combustível em substituição do combustível fóssil.

1.3.1 Questões de investigação

Com base nos objetivos anteriormente referidos, definiram-se as seguintes questões para as quais se procura encontrar as respostas adequadas:

- a)** No âmbito da implementação do protocolo de economia circular entre a APA, S.A. e as empresas prestadoras de serviços portuários:
 - a1) Qual é o estado de arte do Porto de Aveiro face a transformação de resíduos portuários em subprodutos? Existem destinos alternativos para resíduos identificados com potencial de valorização?
 - a2) Na implementação do projeto oleões (recolha de OAU), que benefícios e limitações representam na Administração Portuária?

- b) Haverá uma redução significativa das emissões de CO₂ na utilização do biocombustível Ecobunker, comparativamente ao combustível fóssil usado pelo rebocador e lancha da APA, S.A.?

1.3.2 Plano de atividades

Atendendo à duração do estágio e ao contexto atual da pandemia (Covid-19), foram realizadas as atividades definidas no acordo de estágio (Tabela 4). Todavia, ao longo do período de trabalho tenha sido necessário proceder à readaptação dos prazos de execução devido à disponibilização e aquisição de alguns dados, e também à impossibilidade de acompanhamento dos testes do biocombustível *Ecobunker* nas embarcações da APA, como será referido no capítulo dos Resultados e discussão deste relatório, significando, neste último caso, o recurso à implementação de uma metodologia com dados teóricos.

Tabela 4-Plano de atividades do estágio na APA, S.A.

Designação das atividades	Descrição das atividades
Projeto de oleões	Implementar o projeto de oleões para recolha do óleo alimentar dos navios (adaptação do projeto Top Level em conjunto com a PRIO Bio, S.A.)
Testes de biodiesel	Acompanhar os testes de biodiesel (<i>Ecobunker</i>) nas embarcações e quantificar as emissões de CO ₂ .
Economia Circular	Acompanhar a elaboração e implementação do protocolo de economia circular.
Campanha de comunicação	Colaborar no desenvolvimento de uma campanha de comunicação junto da Comunidade Portuária, para potenciar as ações desenvolvidas no âmbito do protocolo de economia circular.
Ações de formação	Colaborar na preparação de ações de formação na área da gestão de resíduos para trabalhadores da APA, S.A. e Comunidade Portuária.
Relatório	Redação do relatório de estágio.

O estágio na APA, S.A. permitiu ainda o envolvimento noutras atividades, para além das descritas na tabela anterior, nomeadamente:

- Acompanhamento da recolha de amostras para análises da qualidade de água, no âmbito dos vários tipos de controle de rotina da APA, S.A.: controlo de rotina 1 (parâmetros microbiológicos), controlo de rotina 2 (parâmetros microbiológicos e físico-químicos) e controlo de inspeção (mais completo que os anteriores), nos termos do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto, alterado pelo Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de Dezembro;
- Participação em reuniões e acompanhamento de atividades e projetos na área da sustentabilidade e gestão ambiental.

1.4 Estrutura do relatório

O presente documento está estruturado em 5 capítulos, sendo eles: o primeiro capítulo introdutório (**Introdução**) que consiste na apresentação e desenvolvimento da problemática em estudo, na motivação da temática e os objetivos e atividades de trabalho durante o estágio. No segundo capítulo (**Entidade de Acolhimento**) apresenta-se a caracterização da área de estudo e as áreas de jurisdição da Administração do Porto de Aveiro – S.A., bem como as zonas portuárias. A abordagem metodológica é apresentada no Capítulo 3 (**Metodologia**), onde ilustra o enquadramento das atividades descritas no plano de trabalho e são também descritos os métodos e procedimentos adotados na realização dos trabalhos desenvolvidos no estágio. No Capítulo 4 (**Resultados e discussão**) apresenta-se e discute-se o historial de recolha de óleos alimentares usados (2016 a 2020), os resíduos portuários gerados no ano de 2020 no Porto de Aveiro, bem como os resultados do cálculo das emissões de CO₂. Finalmente, as principais **Conclusões** deste trabalho são apresentadas no 5º capítulo deste relatório onde são respondidas as questões de investigação inicialmente determinadas nos objetivos do estágio.

2 Entidade de Acolhimento

O setor portuário português desempenha um papel fundamental no contexto económico do país, e contribui direta e indiretamente para a criação de novos postos de trabalho, para o investimento interno e para o desenvolvimento económico, e é constituído por nove portos comerciais no continente e sete portos nas regiões autónomas conforme se pode observar na Figura 3 (AdC, 2018).

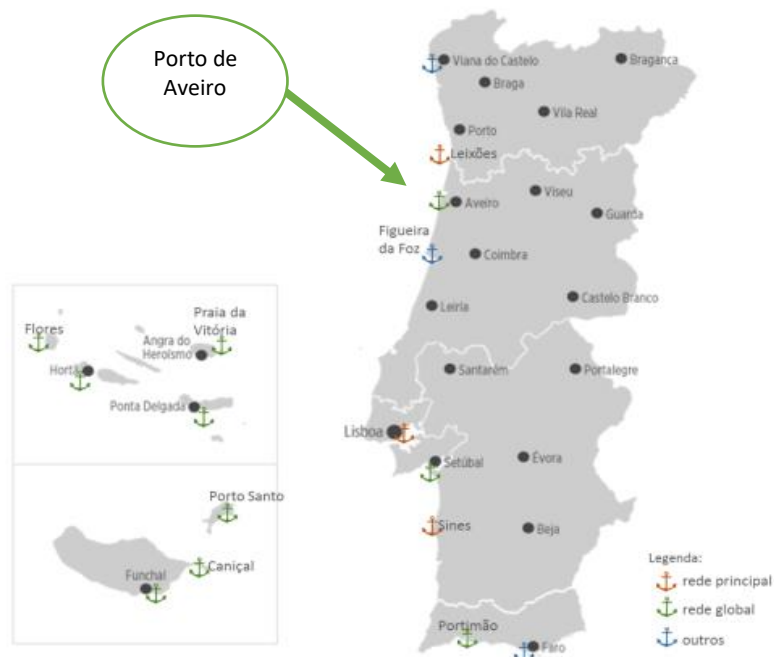


Figura 3-Localização dos portos nacionais (AdC, 2018).

O Porto de Aveiro é o quinto maior porto nacional, a seguir aos portos de Sines, Leixões, Lisboa e Setúbal, assumindo um papel preponderante no fornecimento de diversos serviços ao setor industrial tais como indústrias cerâmica, química, metalúrgica, madeira e derivados, agroalimentar e construção. Atualmente é a infraestrutura portuária portuguesa mais recente, com uma área portuária integrada e ordenada, sem congestionamentos dispondo de 7 terminais especializados e 1 zona logística intermodal (APA, 2020). O facto do Porto de Aveiro se situar dentro da ria de Aveiro, exige uma preocupação adicional de salvaguarda dos imperativos ambientais numa laguna classificada como Zona de Proteção Especial (ZPE), e localizada junto à Reserva Natural das Dunas de São Jacinto.

2.1 Porto de Aveiro

A localização privilegiada do Porto de Aveiro (Figura 4) na costa ocidental da Península Ibérica onde serve o vasto *hinterland* económico da zona norte e centro de Portugal e o centro de Espanha, confere uma vantagem logística no sentido em que contrariamente aos restantes portos nacionais da faixa atlântica central, não está sujeita a pressões urbanas significativas. Sendo uma infraestrutura portuária com planeamento recente, é um porto multifuncional posicionando-se primordialmente ao serviço dos diversos setores da indústria da região centro de Portugal. Os acessos, sem congestionamento, associados à capacidade instalada conferem-lhe um carácter competitivo, eficaz e sustentável (APA, 2020).



Figura 4-Fotografia aérea do Porto de Aveiro (APA, 2020).

2.2 Contextualização histórica

A cidade de Aveiro foi alvo de diversas intervenções sucessivas a nível político, económico e técnico em prol da abertura da ligação entre o mar e a ria de Aveiro, em meados do século XVIII, tendo sido realizados inúmeros estudos técnicos para a fixação da Barra de Aveiro. Nos meados do século XX, após a fixação da barra é criada a Junta Autónoma da Ria e Barra de Aveiro (JARBA), passando depois a Junta Autónoma do Porto de Aveiro (JAPA). Em 1974 é criado o “*Plano Diretor de Desenvolvimento e Valorização do Porto e Ria de Aveiro*”, que visava a deslocação dos terminais portuários para uma zona mais próxima da entrada da Barra, onde se situa atualmente a estrutura comercial mais importante do porto. Em 1998, com a publicação do Decreto-Lei nº 339/1998, a JAPA foi

substituída pela atual Administração do Porto de Aveiro – APA, S.A, com estatuto de porto de âmbito nacional e atribuição de novas competências no desenvolvimento do porto, bem como maior autonomia de gestão.

2.3 Zonas portuárias

A área de jurisdição da Administração do Porto de Aveiro, com cerca de 1.700 ha, abrange 778 ha de área molhada e 922 ha de área terrestre e inclui a faixa costeira, os terraplenos, bem como os canais de navegação adjacentes aos terraplenos de exploração e expansão e respetivas margens dentro do Domínio Público Marítimo.

Atualmente, o Porto de Aveiro é a mais recente solução multimodal de Portugal com um tráfego anual de aproximadamente 5,5 milhões de toneladas de mercadorias. Nesta fase, o porto encontra-se em franco crescimento, tendo como aspiração aumentar a capacidade de receção de navios e a melhoria na prestação de serviços aos seus clientes até 2022 (APA, 2019).

O Porto de Aveiro dispõe de 5 terminais adequados para movimentar vários tipos de mercadorias, 2 terminais especializados para a pesca, uma grande superfície de terraplenos, uma plataforma logística portuária, uma das maiores capacidades de acostagem para terminais multiusos dos portos nacionais e uma área de 84 ha servida com ótimos acessos terrestres onde se situa a área da Zona de Atividades Logísticas e Industriais (ZALI). A saber:

- Terminal Norte (TN): situado no setor norte do Porto de Aveiro, é o principal terminal polivalente do porto com um cais acostável de 1.120 metros de comprimento e 10 postos de acostagem. Está vocacionado para a movimentação de granéis sólidos e carga geral, sendo as mercadorias mais movimentadas as seguintes: cimentos, pasta de papel, perfilados metálicos, produtos agroalimentares, aglomerados de madeira e argilas.

- Terminal de Granéis Líquidos (TGL): encontra-se a ser explorado por diversas entidades privadas e dispõe de seis pontes-cais que permitem a movimentação e armazenagem de produtos químicos e derivados de petróleo.
- Terminal de Granéis Sólidos (TGS): dispõe de um cais de 750 m de comprimento dos quais 400 m são destinados ao setor agroalimentar e 350 para granéis não alimentares.
- Terminal de Contentores e Roll-On Roll-Off (TCRR): compreende terraplenos devidamente infraestruturados, com áreas definidas para estacionamento e (des)embarque de mercadorias, oferecendo uma rampa para serviços marítimos RO-RO. Atualmente são movimentados produtos agroalimentares, componentes de energia eólica, e outros granéis sólidos e carga geral.
- Terminal Sul (TS): dispõe de um cais acostável de 400 m de comprimento e 4 postos de acostagem e movimenta produtos principalmente metalúrgicos, pasta de papel, cimento, aglomerados de madeira e produtos minerais. De momento a exploração comercial das operações neste terminal, encontra-se concessionada à empresa Socarpor- Sociedade de Cargas Portuárias (Aveiro), S.A., em regime de serviço público.
- Zona de Atividades Logísticas e Industriais (ZALI): uma plataforma logística portuária intermodal com a missão de facilitar a implantação de empresas operadoras do setor logístico e de empresas para as quais o fator de proximidade com o porto pressuponha um valor acrescentado à sua cadeia logística. Situada entre o Terminal de Contentores e RO-RO e o Terminal de Granéis Sólidos, esta área é servida por ótimas acessibilidades rodoviárias e ferroviárias.
- Porto de Pesca do Largo (PPL): este terminal, com 17 pontes-cais, serve fundamentalmente os armadores de pesca do largo e as indústrias de processamento de pescado; inclui um Terminal Especializado de Descarga de Pescado com 160 m de comprimento.
- Porto de Pesca Costeira (PPC): está concessionado à empresa Docapesca, Portos e Lotas, S.A. Junto deste porto encontra-se o Porto de Abrigo para Pequena Pesca,

com capacidade para 200 embarcações. Possui ainda um edifício de apoio e 72 armazéns de aprestos.

A área portuária deste porto integra ainda áreas ocupadas com instalações diversas e estaleiros navais, licenciadas ou concessionadas a privados, bem como áreas de reserva de terrenos disponíveis para a implantação de atividades industriais e logísticas (APA, 2019).

2.4 Administração do Porto de Aveiro

A Administração do Porto de Aveiro (APA, S.A.) é uma sociedade de capitais exclusivamente públicos, que visa a exploração económica, conservação e desenvolvimento do Porto de Aveiro, e que está comprometida com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). As suas atividades posicionam-se primordialmente ao serviço de vários setores da indústria da região centro de Portugal, permitindo elevados níveis de produtividade e competitividade tanto a nível nacional como internacional. A sua visão assenta no reconhecimento do Porto de Aveiro como uma plataforma logística competitiva no Corredor Atlântico (APA, 2019). De acordo com o artigo 12º do Decreto-Lei 339/98 de 3 de novembro, a APA, S.A. tem como órgãos sociais: a Assembleia Geral, o Conselho de Administração e o Fiscal Único.

Organicamente a APA, S.A. encontra-se hierarquizada em 4 grandes áreas funcionais: a Direção de Coordenação Portuária, Direção de Infraestruturas, Direção de Gestão de Espaços e Ambiente e a Direção Financeira e de Desenvolvimento Organizacional, que agregam um conjunto de setores e serviços (departamento de pilotagem, divisão de segurança, controlo de gestão e responsável de ambiente) destinados a dar cumprimento às atribuições funcionais de cada área de atividade (APA, 2019).

A Direção de Gestão e Espaços e Ambiente enquadrada no organograma institucional, tem a atribuição da gestão do território bem como dos recursos naturais, garantindo a qualidade do ambiente na área de jurisdição da APA, S.A. A gestão ambiental da APA, S.A. tem por base os princípios do desenvolvimento sustentável, em particular nas áreas da

gestão dos ecossistemas marinhos, economia circular, a neutralidade carbónica e alterações climáticas, a qualidade do ar e a ocorrência de derrames e medidas preventivas existentes. A minimização dos impactes ambientais resultantes da atividade portuária, designadamente, na qualidade do ar e na qualidade do meio marinho, entre outros, constituem uma prioridade desta Administração, salientando-se o esforço quanto às ações de formação e treino, à conformidade legal, na utilização de mecanismos de reclamação ambiental e nos gastos e investimentos associados à proteção e gestão ambiental.

2.5 Entidades de parceria

A Comunidade Portuária compreende um número significativo de entidades (Tabela 5) desde instituições nacionais e internacionais, empresas, organizações não-governamentais, entidades sem fins lucrativos até universidades e centros de investigação (APA, 2019):

Tabela 5-Comunidade portuária do Porto de Aveiro.

Comunidade intraportuária	Comunidade extraportuária
Capitania do Porto de Aveiro	Armadores
Autoridade Tributária	Importadores e exportadores
Empresas de estiva	Empresas de transporte
Agentes de navegação	Empresas de logística
Empresas instaladas no Porto de Aveiro	Associações empresariais

O Porto de Aveiro serve um dos principais pólos da indústria química nacional que, nos últimos anos, está assente não apenas na movimentação das cargas com origem/destino no seu *hinterland*, mas também das cargas que são movimentadas pelos operadores logísticos de produtos petrolíferos e químicos instalados no terminal de Granéis Líquidos (TGL) (APA, 2020).

A unidade industrial da Prio, S.A. encontra-se no TGL do Porto de Aveiro, disposição estratégica para a receção de matérias-primas e expedição tanto por camião-cisterna

como por via marítima, de produtos e subprodutos do processo, nomeadamente óleos alimentares, biodiesel, sabões e glicerina. Com o objetivo de distribuir e comercializar combustíveis líquidos e produção de biodiesel, a empresa, foi fundada em 2006 e possui diferentes unidades de negócio, tais como a produção de biodiesel (Prio Bio), a armazenagem (Prio Supply) e comercialização de combustíveis, gás, lubrificantes, através da rede de postos de abastecimento Prio, investindo ainda na mobilidade elétrica.

A Prio S.A, é a terceira maior produtora europeia e a maior produtora de biocombustíveis em Portugal a partir de matérias-primas residuais. De acordo com os dados da Eurostat, a capacidade instalada de produção de biodiesel no território português aumentou entre os anos de 2006 e 2012, tendo estabilizado entre 2012 e 2017. Existem atualmente cinco principais produtores de biodiesel (Tabela 6) em que as duas unidades com maior capacidade instalada para produção de biodiesel localizam-se em Vila Franca de Xira.

Tabela 6-Principais produtores de biodiesel em Portugal (Fonte: Associação Portuguesa de produtores de biodiesel).

Empresa	Localização	Capacidade instalada (t/ano)
Iberol Sociedade Ibérica de Biocombustíveis e Oleaginosas, S.A.	Vila Franca de Xira	125 000
Biovegetal Combustíveis Biológicos e Vegetais, S.A.	Vila Franca de Xira	120 000
Prio, S.A.	Aveiro	113 000
Fábrica Torrejana, S.A.	Riachos	100 000
Sovena Oilseeds Portugal	Algés	95 000

Atendendo a que se pretende estender o projeto de recolha de óleos alimentares usados da PRIO, aos óleos alimentares usados recolhidos nos navios e nas instalações terrestres no Porto de Aveiro, bem como promover a realização dos testes do biodiesel Ecobunker da PRIO nas embarcações do Porto de Aveiro e da TINITA, a empresa Prio, S.A., esta entidade tem uma contribuição importante no presente estágio.

3 Metodologia

A metodologia adotada, com vista a atingir os objetivos apresentados no Subcapítulo 1.3, teve para cada uma das tarefas do plano de atividades, uma componente teórica e prática. A componente prática, de campo, contribuiu para suportar e enriquecer a componente teórica. Por um lado, as atividades de campo possibilitaram uma maior sensibilidade no tratamento de dados, e por outro, o contacto com os diversos intervenientes *in situ* permitiu a consolidação de conceitos e validação dos dados recolhidas.

Para atingir dois principais objetivos do estágio, apresentados no Subcapítulo 1.3, e concretizar as tarefas esplanadas na Tabela 4-Plano de atividades do estágio na APA, S.A., foram definidas várias etapas, que se descrevem de seguida.

3.1 Implementação do projeto de oleões

A iniciativa de implementação do projeto TOP Level no Porto de Aveiro emerge da colaboração com a Prio, S.A., no âmbito da transição energética, para a disponibilização de biocombustíveis aos utilizadores do Porto, em substituição dos combustíveis fósseis. Esta iniciativa consiste em intensificar o volume de recolha de óleos alimentares usados, que serão posteriormente processados para a produção de biodiesel. Posteriormente, este biodiesel será incorporado no petro-diesel. A mistura resultante será posteriormente testada nas embarcações referidas anteriormente. Deste modo, haverá uma redução do consumo de petro-diesel (combustível de origem fóssil), através de uma substituição parcial por biodiesel (biocombustível), com consequências que se esperam ser favoráveis no que concerne à redução de emissões de CO₂ de origem fóssil.

3.1.1 Contextualização

O projeto TOP Level surge a partir do interesse por parte da Prio, S.A., em criar uma rede de pontos de recolha de Óleos Alimentares Usados (OAU) em Portugal (Figura 5). O ciclo do OAU inicia no ato da entrega dos óleos, por parte do consumidor, nos pontos de recolha (oleões); estes são transportados através de camiões com capacidade máxima até

25 m³, pré-tratados e armazenados, e posteriormente encaminhados para a produção de biodiesel avançado na fábrica da Prio. O processo finaliza com a disponibilização do biocombustível ao consumidor (Prio Energy, 2020).

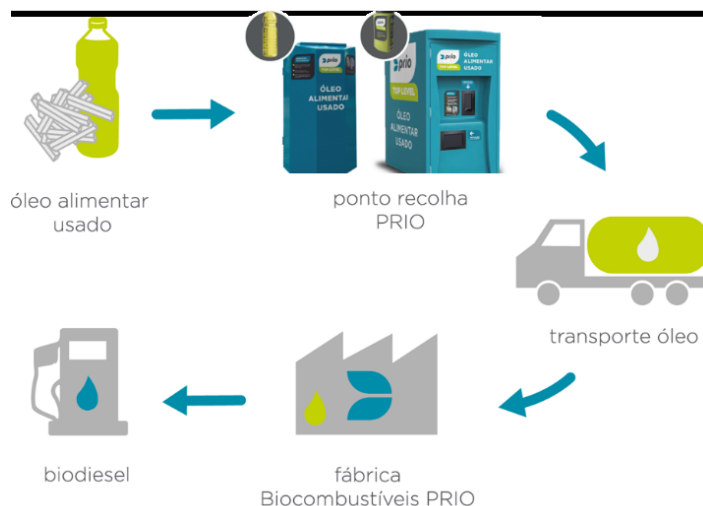


Figura 5- Ciclo de recolha de óleo alimentar usado (Prio Energy, 2020).

O oleão da Prio é o contentor designado para a deposição do OAU proveniente do setor doméstico e industrial, e está disponível em apenas dois formatos de entrega (Figura 6): o oleão cujo recipiente de entrega é fornecido pela Prio ou o com recipiente de plástico da responsabilidade do próprio consumidor.



(a) Oleão para recipientes provenientes da PRIO.

(b) Oleão com recipientes do consumidor.

Figura 6-Tipos de oleões (Prio Energy, 2020).

O oleão avançado (

Figura 6a) com 2 m de altura - cuja deposição de OAU é feita com os recipientes da Prio - é um sistema automático onde o recipiente pode ser pela primeira vez obtido, gratuitamente, num dos postos de abastecimento de combustível da Prio. Após o enchimento da garrafa, esta coloca-se no interior do oleão que devolve, por troca, um novo recipiente. Este oleão funciona com sensores que comunicam com a central para informar quando este equipamento atinge o limite de capacidade de armazenamento.

Tabela 7-Vantagens e desvantagens dos oleões simples e avançados (Prio Energy, 2020).

Tipo de oleão	Vantagens	Desvantagens
Simple	- Inclusão do fluxo de resíduos de plástico através da reciclagem dos recipientes onde colocam o OAU.	- Sistema tradicional (o óleo pode ficar exposto e pode gerar problemas de maus odores e atrair insetos). - Gastos elevados na logística de recolha (capacidade dos oleões vs adesão à campanha). - Derramamento de óleo levando a possíveis contaminações do óleo com outras substâncias.
Avançado	- Sistema automático de distribuição de garrafas. - Maior capacidade de armazenamento em relação ao oleão simples. - Obtenção da garrafa gratuitamente.	- Custos de recolha elevados.

Nas situações em que o utilizador traz o óleo numa garrafa (de plástico) diferente dos recipientes da Prio, deve colocá-la no interior do oleão simples devidamente fechada. Os

oleões simples contêm no seu interior uma balança que, uma vez chegado ao limite de capacidade do oleão, envia à central uma notificação para que se efetue a recolha. Estes dois sistemas apresentam as vantagens e desvantagens, resumidas na Tabela 7.

3.1.1.1 Óleos alimentares usados

Uma vez que o principal destino final dos Óleos Alimentares Usados (OAU) ainda continua a ser a rede de esgotos, a sua utilização como matéria-prima para a produção de biodiesel irá maximizar e impulsionar a melhoria da sua recolha. O interesse relativo a este tipo de resíduos tem vindo a assumir uma relevância crescente na sociedade atual, maioritariamente devido aos impactes ambientais negativos associados à sua deficiente gestão.

Atualmente, os óleos e as gorduras alimentares são uma categoria de produtos amplamente consumidos em diversos setores na sociedade atual, tais como a restauração, setor doméstico ou industrial. Estes produtos produzem elevadas quantidades de resíduos, gerando impactes ambientais negativos se os destinos finais destes resíduos forem inadequados (Zvirin et al., 1998). Estes materiais, em forma de resíduos, apresentam frações que podem ser valorizadas e recuperadas através de processos de extração e incorporação em diferentes áreas de atividade, podendo ter várias origens destacando-se os resíduos provenientes das seguintes áreas de atuação: indústria dos laticínios, de transformação alimentar, indústria agroalimentar, conservas hotelaria e serviços e estações de tratamento de águas residuais (O'Brien, 2009).

Com o objetivo de limitar os desperdícios de alimentos, várias iniciativas têm vindo a ser tomadas desde a cadeia de produção até ao consumidor final. Assim, os resíduos provenientes da indústria alimentar podem ainda ser valorizados, contribuindo para uma redução do impacte ambiental. São diversas as aplicações de óleos e gorduras residuais, como por exemplo: biolubrificantes, biodiesel, bioplásticos e biopolímeros (EEA, 2014).

Os OAU constituem um grupo de resíduos provenientes da fritura de alimentos e, devido ao seu elevado potencial de contaminação nos recursos hídricos, a sua gestão adequada e o devido encaminhamento constituem um processo de grande relevância para o

ambiente e bem-estar público. A incorreta eliminação e a má gestão dos OAU podem conduzir à contaminação do solo, água e/ou atmosfera. Por um lado, os OAU rejeitados sem pré-tratamento nas redes de esgotos podem resultar na deterioração de sistemas de tratamento de águas residuais devido à acumulação de gordura nos filtros que, consequentemente, levam a sua obstrução. Por outro lado, considerando o alto nível de recuperação dos OAU no âmbito do reaproveitamento da matéria-prima, estes são valorizados na produção de biodiesel e de sabão (Fernandes et al., 2017).

Os resíduos de óleos alimentares usados e gorduras alimentares estão classificados na Lista Europeia de Resíduos (LER) com o código 20 01 25. Embora a sua gestão não esteja abrangida por legislação específica, esta rege-se pelo disposto no atual Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, que estabelece as regras a que fica sujeita a gestão de resíduos. A opção da transformação destes resíduos em biodiesel aparenta ter sido até agora a mais consensual uma vez que contribui para o cumprimento das metas fixadas na Diretiva 2003/30/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de maio de 2003, relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes.

A exigência de um combustível renovável e menos poluente, por oposição ao diesel atual de origem fóssil, tem aumentado o interesse na utilização de óleos vegetais como fonte de energia.

3.1.2 Metodologia

Até ao dia 31 de junho, os OAU entregues pelos navios de cariz internacional que atracavam no porto de navios, correspondiam a um fluxo específico de resíduos que eram encaminhados para os operadores de resíduos autorizados. Para o desenvolvimento desta atividade foi necessária a realização de um levantamento do histórico da recolha de óleos alimentares usados no Porto de Aveiro com vista a perceber se as quantidades eram significativas para implementação do projeto.

O levantamento consistiu na análise aos registos de recolha de OAU feitos pelo Porto de Aveiro, nomeadamente em termos das quantidades recolhidas entre o ano de 2016 a

2020. O objetivo último deste estudo reside na decisão de instalar (ou não) um oleão do projeto TOP Level (Figura 6) no Porto de Aveiro, decisão essa que será tomada em consonância com os quantitativos de OAU recolhidos no referido período temporal.

3.2 Testes do combustível Ecobunker em embarcações da APA, S.A.

No setor marítimo e no âmbito do segmento verde dos transportes marítimos, a Prio S.A. é a primeira empresa do setor energético a desenvolver um combustível mais sustentável e inovador na Península Ibérica, e pretende disponibilizar o abastecimento em todos os portos de Portugal (Prio Energy, 2021). Reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem reutilização é também um compromisso da APA S.A., que se pretende atingir incentivando as empresas alocadas no Porto de Aveiro, através da inclusão de informação sobre sustentabilidade nos seus relatórios de atividade.

Foi inicialmente definido num espaço temporal de 6 meses a realização de testes de quantificação das emissões de CO₂ do combustível Ecobunker, sem causar prejuízos nas atividades diárias das embarcações da APA, S.A. Pretende-se que as embarcações abasteçam com o biocombustível Ecobunker na Ponte-Cais 26 da Prio, S.A. (no TGL do Porto de Aveiro) por *pipeline* ou por camião-cisterna. Até à data da redação deste relatório, os testes não iniciaram, porém será apresentada uma metodologia de estimativa de cálculo de emissões de CO₂ com dados obtidos na literatura e/ou determinados no presente trabalho.

3.2.1 Contextualização

Os gasóleos rodoviários, atualmente comercializados em Portugal, contêm um teor de biodiesel de 7 % (v/v), conforme o disposto nos artigos 5º e 7º do Decreto-Lei Nº 89/2008, de 30 de maio (ERSE, 2021b).

O *Ecobunker* (B15) é um biocombustível verde para navios com uma mistura de 85 % de petro-diesel e 15 % (v/v) de biodiesel incorporado, desenvolvido a partir de processos de

reciclagem de matérias-primas residuais, produzido na fábrica de biodiesel da Prio, S.A. É um produto com mais de 10 anos de investigação, cumpre a norma ISO 8217 e EN590 na íntegra (estabilidade oxidativa e *Cold Filter Plugging Point* (CFPP)), com base sustentável onde concilia “*qualidade, poupança e sustentabilidade*” (Prio Energy, 2020). Estudos relativos a utilização deste biocombustível a longo prazo em motores marítimos ainda são escassos, porém ao longo do seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, este produto tem demonstrado inúmeros benefícios em motores de utilização rodoviária, desde a inalteração nos motores onde são consumidos, não impõe a utilização de um sistema de filtragem diferente, o desempenho dos motores a nível da potência debitada não é afetado e não há formação de sedimentos no interior dos motores nem nos tanques e tubagens (Marítimo logística, 2020).

Algumas das características do Ecobunker assemelham-se ao Eco diesel que é um produto também desenvolvido pela Prio, S.A., particularmente concebido para frotas de veículos que pautam a sua gestão por fortes princípios ambientais e de sustentabilidade, e distingue-se do tradicional gasóleo rodoviário pela incorporação de 15 % de biodiesel produzido com altos padrões de qualidade, e de acordo com as mais exigentes normas europeias. Segundo a Prio, S.A. (2020), este combustível não reduz o desempenho dos motores onde é consumido e, permite às frotas reduzirem a sua pegada de carbono sem necessidade de aquisição de novos veículos nem conversão dos existentes.

Quando é feita a combustão do biodiesel, o carbono (que é de origem biogénica) é novamente libertado sob a forma de dióxido de carbono, logo o carbono é meramente recirculado. Isto contrasta com os combustíveis fósseis em que o carbono é extraído de reservas do solo e emitido para a atmosfera quando queimado. No biodiesel o ciclo não é totalmente neutro uma vez que o cultivo, transporte e transformação dos óleos utiliza energia que direta ou indiretamente acaba por ter emissões (Serrano, 2012).

Na fábrica da Prio, S.A. é produzido biodiesel através da tecnologia Lurgi. Nesta indústria existem uma série de processos desenhados para a maximização da eficiência e minimização de desperdícios. A fábrica foi projetada para a utilização de óleos vegetais virgens como matéria-prima, mas devido à estratégia da empresa face aos objetivos

ambientais Europeus e Nacionais esta começou gradualmente em 2013 a introduzir óleos alimentares usados na produção de biodiesel. No primeiro ano foi utilizado 8 % de OAU, em 2017 chegou aos 70 % (Botelho, 2018).

O biodiesel é um combustível alternativo promissor no setor dos transportes, pois contribui para a economia e para o ambiente (*eco-friendly*). Assim, surge o interesse do Porto de Aveiro, de oferecer às embarcações e navios alternativas alinhadas com a transição energética.

As lanchas e os rebocadores são embarcações com motor de pequeno porte, projetados para a execução de serviços portuários de apoio à navegação, nomeadamente manobras de atracação e desatracação. Para o caso de estudo das emissões de CO₂ as embarcações sujeitas aos testes serão: a lancha dos pilotos – Triângulo e o rebocador - Salinas de Aveiro ilustradas na Figura 7.



(a) Rebocador Salinas de Aveiro



(b) Lancha dos Pilotos Triângulo (Fonte: Marine traffic 2021)

Figura 7-Embarcações.

Algumas características das referidas embarcações foram obtidas junto das entidades responsáveis pelas mesmas, e encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8- Características as embarcações a usar nos ensaios de monitorização das emissões decorrentes da utilização do Ecobunker.

Lancha dos pilotos	Rebocador (Salinas de Aveiro)
--------------------	-------------------------------

	(Triângulo)	
Volume dos reservatórios de combustível	N/D	Tanque estibordo: 8,5 m ³ Tanque bombordo: 8,5 m ³ Tanque central (by-pass): 4 m ³
Potência máxima dos motores	3900 rpm	1800 rpm
Tipo de motor	2 x VOLVO PENTA TAMD31P-A	2 máquinas principais Caterpillar 3508 TA Marine Engines
Regularidade de abastecimento	200 l/semana	Variável (associada ao consumo vs esforço do rebocador)
Consumo anual em 2020	10 097 litros	ND
Consumo médio	11,53 l/h	40 l/h

ND: Não disponível.

As duas embarcações detêm características distintas, desde a potência máxima dos motores, o tipo de motor bem como o consumo médio de combustível. A periodicidade de abastecimento do rebocador é variável, pois está associada ao número de horas de trabalho no porto.

O registo do consumo no ano de 2020 para a lancha dos pilotos foi de 10 097 litros, porém não foi possível obter o consumo para o rebocador.

3.2.2 Metodologia para a estimativa das emissões de CO₂ do Ecobunker pelas embarcações

Como referido anteriormente, o segundo objetivo definido inicialmente para o presente trabalho não foi possível de ser concretizado em tempo útil. Como forma de contornar esta limitação, reajustou-se o objetivo para uma tarefa de cariz teórico, estimando-se as emissões de CO₂, ao invés de as monitorizar. No cálculo das estimativas considerou-se a combustão completa do Ecobunker, de forma comparada com o petro-diesel utilizado pelas embarcações marítimas do Porto de Aveiro. Além disso, também foram estimadas as emissões de CO₂ para outras misturas de biodiesel (de diferentes origens) e petro-

diesel com diferentes razões (de mistura). Estas estimativas apenas dizem respeito às decorrentes do processo de combustão dos combustíveis *in loco*, tendo sido excluídas todas as restantes etapas. Detalhes sobre a metodologia adotada, na determinação destas estimativas, encontram-se no Subcapítulo 3.2.2.2.

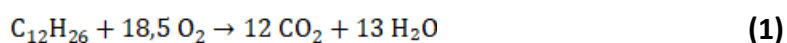
Por outro lado, as estimativas das emissões de CO₂ requerem o conhecimento prévio dos fatores de emissões. Estes, por sua vez, foram obtidos da literatura, mas também determinados através da estequiometria das reações de combustão completa dos combustíveis. No subcapítulo seguinte encontram-se informações mais detalhadas sobre a metodologia adotada na determinação dos fatores de emissão de CO₂.

3.2.2.1 Fatores de emissão de CO₂

Como referido anteriormente, os fatores de emissão de CO₂ foram obtidos da literatura, mas também determinados pela estequiometria das reações de combustão completa dos combustíveis.

Os fatores de emissão encontrados na literatura foram obtidos no relatório da EPA “Greenhouse Gas Inventory Guidance Direct Emissions from Mobile Combustion Sources” (EPA, 2017).

Os fatores de emissão foram determinados a partir das fórmulas químicas médias da composição do petro-diesel, biodiesel produzido a partir de óleos virgens (soja) e biodiesel a partir de óleos alimentares usados (OAU). Assim, sabendo a fórmula química média do petro-diesel (C₁₂H₂₆), escreveu-se a reação da sua combustão completa:

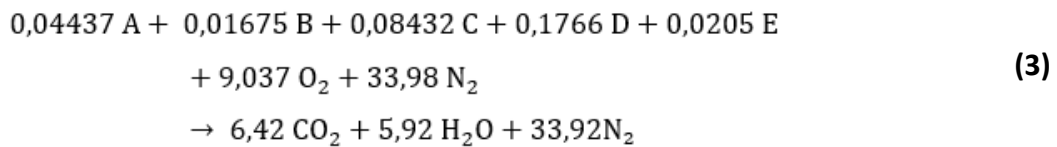


Atendendo à estequiometria da reação, Equação (1), o fator de emissão (F.E.) de CO₂ foi calculado através da seguinte equação:

$$F.E. \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{L petro} - \text{diesel}} \right] = \frac{12M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{C}_{12}\text{H}_{26}}} \times \rho_{\text{C}_{12}\text{H}_{26}} \quad (2)$$

Onde M representa a massa molar e ρ a massa volúmica.

Segundo Coronado *et al.* (2009), a reação de combustão do biodiesel produzido a partir de óleos virgens (soja) é dada por:



Onde,

Composição típica do óleo de soja (Coronado et al., 2009)

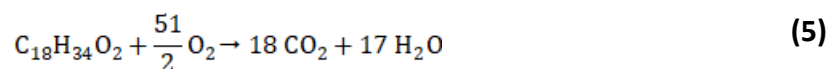
Legenda	Ácido gordo	Fórmula química do éster metílico
A	Palmítico	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{CO}_2\text{CH}_3$
B	Esteárico	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{CO}_2\text{CH}_3$
C	Oleico	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{CO}_2\text{CH}_3$
D	Linoleico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2$ $\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{CH}_3$
E	Linolénico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3$ $(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{CH}_3$

Da Equação 3 resulta o fator de emissão (F.E.) do biodiesel produzido a partir de óleo virgem de soja:

$$F.E. \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{L biodiesel_soja}} \right] = \frac{6,42 \times 44 \text{ kg CO}_2}{100 \text{ kg biodiesel}} \times \rho_{\text{biodiesel}} \quad (4)$$

De acordo com Coronado *et al.* (2009), a fórmula química média do biodiesel produzido a partir de OAU é $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$. Então, a sua reação de combustão completa é dada por:

O fator de emissão de CO_2 relativo à combustão deste combustível é dado por:



$$F.E. \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{L biodiesel_OAU}} \right] = \frac{18M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2}} \times \rho_{\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2} \quad (6)$$

As propriedades dos combustíveis dependem da sua composição química, sendo que no presente trabalho foram consideradas as massas volúmicas reportadas por Coronado *et al.* (2009), e que se encontram na Tabela 9.

Tabela 9-Massa volúmica de alguns combustíveis líquidos (Coronado et al., 2009).

Combustível	Massa volúmica [kg/L]
Petro-diesel	0,850
Biodiesel produzido a partir de óleos virgens (soja)	0,878
Biodiesel produzido a partir de OAU	0,900

3.2.2.2 Emissões de CO₂

Nos cálculos das emissões totais de CO₂ adotaram-se duas abordagens:

- a) considerou-se que o consumo de combustível não variava com o tipo de mistura de combustíveis usada, i.e., assumiu-se que a Lancha dos Pilotos apresentava o mesmo consumo independentemente do combustível utilizado. Neste caso, não foi tido em consideração o poder calorífico dos combustíveis e considerou-se que o rendimento do motor não era afetado pelo combustível utilizado;
- b) assumiu-se qualquer uma das misturas de combustíveis teria que fornecer a mesma energia que o combustível consumido pela Lancha dos Pilotos forneceu no ano de referência (2020). Isto implica diferentes consumos caso o poder calorífico dos combustíveis seja distinto.

Em qualquer uma das abordagens, as emissões totais de CO₂ compreendem duas parcelas: (i) emissões de CO₂ biogénico (i.e., inerente ao biodiesel) e (ii) emissões de CO₂ fóssil (i.e., associado ao petro-diesel). Estas emissões foram determinadas através das equações seguintes.

Emissões de CO₂ biogénico $(E_{CO_2_bio})$	$= \% \text{ de incorporação de biodiesel na mistura } \times \text{ F.E. do biodiesel } \times V_{mistura}/100$	(7)
--	--	-----

Emissões de CO₂ fóssil $(E_{CO_2_fóssil})$	$= \% \text{ de incorporação de petro-diesel na mistura } \times \text{ F.E. do petro-diesel } \times V_{mistura}/100$	(8)
---	--	-----

Emissões totais	$= E_{CO_2_bio} + E_{CO_2_fóssil}$	(9)
------------------------	--------------------------------------	-----

Onde $V_{mistura}$ corresponde ao volume de mistura de combustíveis consumido. As emissões de CO₂ determinadas neste trabalho são expressas em kg de CO₂ por ano.

As misturas de combustível consideradas foram:

- B0 – exclusivamente petro-diesel, o atualmente usado pelas embarcações;
- B7 – o comum diesel comercializado em Portugal no setor rodoviário, com 7 % de incorporação de biodiesel;
- B30 – mistura de biodiesel com petro-diesel numa razão de 30:70;
- B50 – mistura de biodiesel com petro-diesel numa razão de 50:50;
- B70 – mistura de biodiesel com petro-diesel numa razão de 70:30;
- B90 – mistura de biodiesel com petro-diesel numa razão de 90:10;
- B100 – exclusivamente biodiesel.

Na abordagem em que foi tido em conta o poder calorífico da mistura de combustíveis ($PC_{mistura}$), assumiu-se que este era proporcional à razão de mistura de cada componente, i.e.:

$$PC_{mistura} = PC_{petrodiesel} \times \text{fração de petrodiesel} + PC_{biodiesel} \times \text{fração de biodiesel} \quad (10)$$

Os valores do poder calorífico (superior) médio do petro-diesel e do biodiesel (produzido a partir de óleo de soja (B100)) foram obtidos na literatura, e encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10-Poder calorífico (superior) dos combustíveis petro-diesel e biodiesel (EPA (2017)).

	mmBtu/gal
Petro-diesel	0,138
B100	0,128

Após a determinação do poder calorífico para as diferentes misturas de combustível, foram calculados os volumes de combustível necessários para disponibilizar a mesma energia fornecida, no ano de 2020, à Lancha dos Pilotos. Esta quantidade de energia foi

$$\text{Energia} = V_{\text{petrodiesel}} \times PC_{\text{petrodiesel}} \quad (11)$$

determinada pela equação seguinte:

Então, o volume de mistura determinou-se de acordo com a seguinte equação:

$$V_{\text{mistura}} = \frac{\text{Energia}}{PC_{\text{mistura}}} \quad (12)$$

Por último, foram calculadas as emissões de CO₂ totais evitadas por ano, apenas considerando a primeira abordagem, ou seja, o mesmo volume de combustível usado pela lancha, subtraindo as emissões totais do Ecobunker (B15) pelo combustível atualmente utilizado pelas embarcações (B0).

3.3 Protocolo de economia circular

De acordo com os princípios de economia circular, a APA, S.A. pretende, junto das empresas de gestão de resíduos do Porto de Aveiro, elaborar metas e compromissos no sentido de valorizar os resíduos de carga.

As várias operações portuárias são desenvolvidas em 5 terminais comerciais existentes no Porto de Aveiro: o Terminal Norte, Terminal de Contentores e Roll-On Roll-Off, Sul, Granéis Sólidos e Granéis Líquidos. Porém, para esta tarefa o foco foram os terminais em

que há geração de resíduos sólidos, ou seja, em todos exceto no Terminal de Granéis Líquidos.

O protocolo de economia circular consiste num conjunto de metas a serem subscritas pelas empresas que operam no Porto de Aveiro com o objetivo de sensibilizar e incentivar à valorização de resíduos produzidos na área portuária. Para a elaboração dos compromissos foi necessário identificar o panorama dos resíduos para o ano de 2020. Para tal, desenvolveu-se a seguinte cronologia de trabalho:

1º Analisar os tipos de cargas que são movimentadas nos terminais do Porto de Aveiro e identificar as várias tipologias de resíduos que as várias operações portuárias geram. O armazenamento, manuseamento e transporte de granéis sólidos despertou maior atenção, pois a estes processos está associada uma geração significativa de resíduos.

2º Construção de uma tabela (Tabela 11) de inventário, identificando:

- i. Características dos resíduos (código da LER, descrição, família, quantidade anual, unidade);
- ii. Produtor/Detentor dos resíduos (terminal e operação/proveniência);
- iii. Destino final dos resíduos (destinatário/local, operação no destino, operação dos resíduos no destinatário (valorização ou eliminação) e observações).

Tabela 11- Tabela usada na inventariação dos resíduos produzidos no Porto de Aveiro.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	Caracterização dos Resíduos					Produtor/Detentor dos resíduos		Destino final dos resíduos				
3	Código LER	Descrição	Família	Qtd. (Janeiro a Dezembro)	Unidade	Terminal	Operação/Proveniência	Destinatário/Local	Operação no destino (Valorização ou Eliminação)	Operação dos resíduos	Operação concreta	Observações

O objetivo da construção da Tabela 11 foi preparar uma folha de registo para preenchimento pelos diferentes produtores de resíduos portuários. Os dados relativos à identificação das entidades e local de destino dos resíduos foram omitidos neste relatório por constituírem dados comerciais ou confidenciais.

3º Contacto e interação com as várias empresas envolvidas nos processos de gestão de resíduos do Porto de Aveiro, com vista a obter a informação detalhada sobre o ciclo de vida de cada resíduo, tanto os provenientes das operações portuárias como os resíduos entregues pelos navios.

4º Após o preenchimento de todos os dados relativos aos resíduos, os resíduos foram agrupados de acordo com a sua tipologia.

5º Por fim, analisando a tipologia de resíduos existentes no Porto de Aveiro, para elaboração do protocolo de economia circular, identificaram-se as potenciais empresas subscritoras do protocolo e desenvolveram-se metas a serem atingidas.

3.4 Campanhas de comunicação

A quarta atividade definida no plano de trabalhos foi a colaboração no desenvolvimento de uma campanha de comunicação junto da Comunidade Portuária, para potenciar as ações desenvolvidas no âmbito do protocolo de economia circular.

3.5 Ação de formação

Foi definida uma ação de formação área da gestão de resíduos para os trabalhadores da APA, S.A. e Comunidade Portuária com o objetivo de sensibilizar para a economia circular. A ação foi preparada e programada abordando os principais conceitos de economia circular, com o objetivo de apresentar aos diversos intervenientes informação revelante na área da gestão dos resíduos.

3.6 Relatório

Numa fase inicial, dadas as circunstâncias atuais de pandemia (Covid-19), esta etapa consistiu primeiramente na familiarização teórica (i.e., à distância) com a entidade de acolhimento (APA, S.A.), bem como do caso de estudo (Porto de Aveiro) através dos relatórios de sustentabilidade de 2018 e 2019, de informações complementares

existentes no portal oficial do Porto de Aveiro bem como de outros documentos complementares fornecidos para reconhecimento “virtual” do terreno. Paralelamente, foi desenvolvida uma revisão do estado de arte da economia circular em portos europeus e, adicionalmente, também sobre estudos das emissões de CO₂ por combustíveis fósseis e renováveis. Para tal efeito, foi realizado um levantamento bibliográfico, utilizando as principais plataformas internacionais de apoio à pesquisa (Web of Science, Scopus, Science Direct, Elsevier e Google Scholar), repositórios certificados de universidades portuguesas, documentos relevantes e relatórios técnicos de fontes de renome (União Europeia e Agência Portuguesa do Ambiente). Adicionalmente, em relação ao biocombustível *Ecobunker*, foram recolhidas informações complementares à literatura disponível junto da empresa Prio, S.A.

Outras informações mais específicas (e.g., histórico do consumo de combustível das embarcações), de acesso restrito, foram fornecidas pelos responsáveis competentes das diferentes áreas de estudo. Nas pesquisas nos motores de busca, as palavras-chave utilizadas foram: “economia circular”, “economia circular e portos”, “economia verde e portos”, “resíduos portuários”, “setor portuário”, “biocombustíveis”, “emissões de CO₂”, “gestão de resíduos de navios” e “pacto ecológico europeu”.

4 Resultados e discussão

No presente capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos nas várias tarefas desenvolvidas no âmbito do estágio curricular.

4.1 Implementação do projeto oleões

Os dados obtidos nos registos de recolha relativos aos quantitativos de OAU recolhidos no Porto de Aveiro encontram-se ilustrados na Figura 8. Nesta figura observa-se que, à exceção do ano de 2018, verifica-se uma tendência crescente da massa recolhida, tendo sido recolhido, entre 2016 a 2020 um total de 300,21 quilogramas. No ano de 2020 registou-se o valor mais elevado de recolha com 84,64 kg.

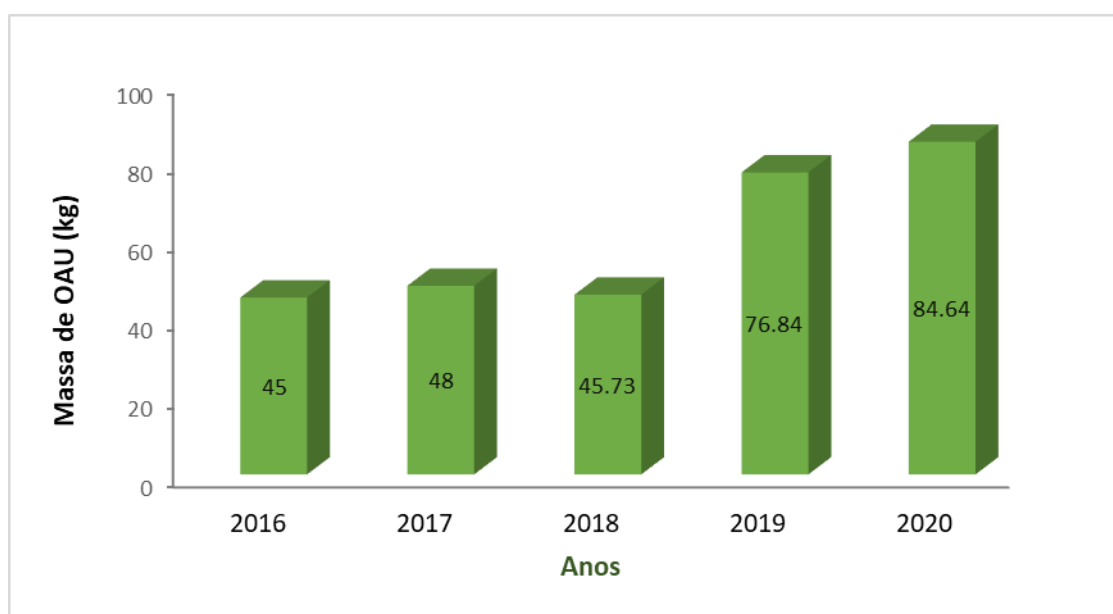


Figura 8-Evolução dos quantitativos recolhidos de óleo alimentar usado no Porto de Aveiro entre os anos 2016 e 2020.

A implementação do projeto TOP level no Porto de Aveiro foi aprovada, implicando a alocação geograficamente estratégica de um oleão simples (b) (Figura 6) numa área de maior afluência e visibilidade na área exterior ao Terminal Norte, sem comprometer as atividades já existentes. Considerou-se inadequada a alocação de um oleão avançado pelo facto de, estando os navios em trânsito, não existir a garantia de devolução das garrafas para troca, quebrando o ciclo de distribuição das mesmas. Deste

modo, os recipientes para deposição dos OAU serão totalmente da responsabilidade dos navios.

4.2 Estimativa das emissões de CO₂ pelas embarcações

Os fatores de emissão de CO₂, usando as equações do Subcapítulo 3.2.2.1, encontram-se na Tabela 12, assim como os valores encontrados na literatura.

Tabela 12-Fatores de emissão de CO₂ associados a alguns combustíveis líquidos.

Tipo de combustível	Fatores de emissão [kg CO ₂ /L de combustível]	
	Presente trabalho	Literatura (EPA, 2016)
Petro-diesel	2,69	2,70
B100_soja	2,45	2,50
Biodiesel_OAU	2,53	ND

ND- Não disponível

Uma vez que não se observam diferenças significativas entre os F.E. obtidos no presente trabalho e os da literatura, quer para o petro-diesel quer para o B100 (soja), doravante os valores considerados nos cálculos das emissões serão os da literatura. Excluí-se a utilização do F.E. do biodiesel proveniente dos OAU pois, comparativamente ao valor de F.E. do B100 (soja), este é pouco expressivo, considerando assim o valor do B100 (soja) para o cálculo das emissões inerentes ao biodiesel. Assim, tendo em conta as considerações anteriormente apresentadas, determinaram-se os fatores de emissão de CO₂ de origem biogénica (i.e., devidas à combustão do biodiesel), fóssil (i.e., devidas à combustão do petro-diesel) e total, para diferentes frações de incorporação de biodiesel no petro-diesel. Os resultados encontram-se ilustrados na Figura 9.

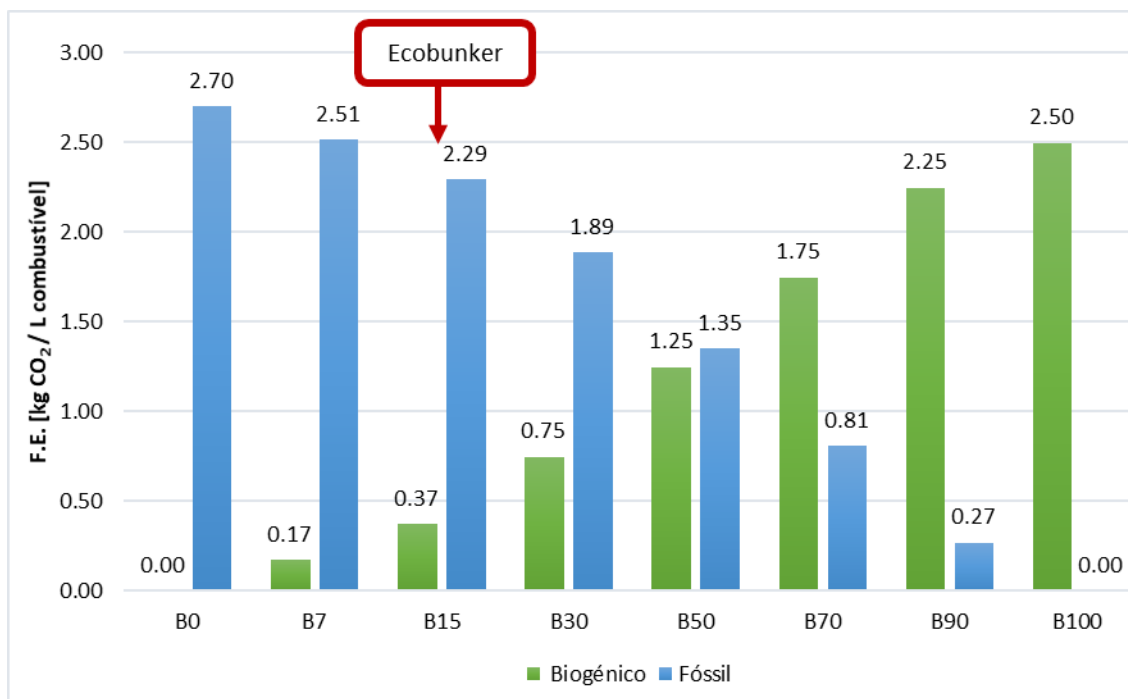


Figura 9- Fatores de emissão de CO₂ de origem biogénica, fóssil e total.

Para os vários tipos de mistura (*blending*) de combustível que se apresentam na Figura 9, os contributos para o F.E., do CO₂ biogénico e fóssil variam significativamente com a fração de incorporação de biodiesel, ou seja, quanto maior a fração de biodiesel incorporada no combustível, menores são as frações de CO₂ fóssil. O diesel comercializado em Portugal no setor rodoviário, representado pelo B7, comparado com o B0, possui um F.E. com um contributo inferior de cerca de 0,19 kg de CO₂ fóssil por litro de combustível.

Naturalmente que, para um combustível sem incorporação de biodiesel (B0) o fator de emissão total é de 2,70 kg de CO₂ por litro de combustível, correspondendo ao F.E. do petro-diesel. Por outro lado, B100 apresenta um fator de emissão de 2,50 kg de CO₂ por litro de combustível, correspondendo ao F.E. do biodiesel.

Para o caso do Ecobunker, que corresponde a um B15, o contributo do petro-diesel para o F.E. desta mistura de combustíveis, é bastante superior ao do biodiesel. Por outras palavras, a fração de CO₂ de origem fóssil é superior à fração de CO₂ de origem biogénica.

Quando se transita de uma mistura B0 para uma B15, observa-se, por litro de combustível, uma redução de 0,405 kg de CO₂ de origem fóssil, mas um aumento de 0,374 kg de CO₂ de origem biogénica, o que se traduz numa ligeira diminuição de 0,03 kg de CO₂.

A Figura 10 ilustra os contributos de CO₂ de origem biogénica e fóssil para o B0, o Ecobunker, o B7 e o B100.

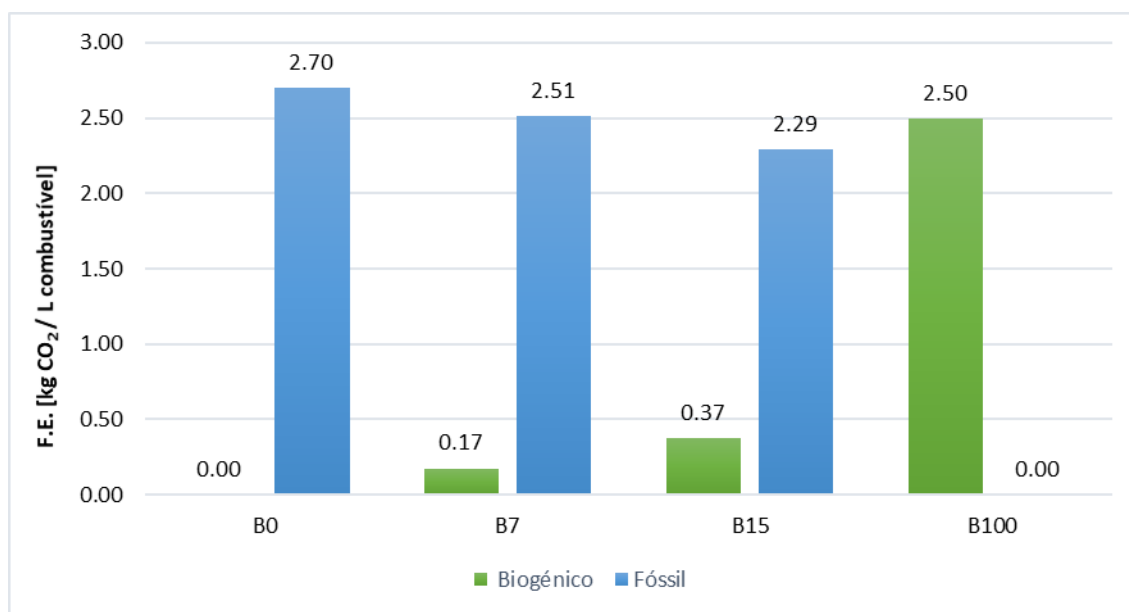


Figura 10- Contributos de CO₂ de origem biogénica e fóssil para o B0, o Ecobunker, o B7 e o B100.

Relativamente ao combustível que é atualmente utilizado pelas embarcações, a utilização de um B7, B15 ou B100 refletiria uma diminuição nos fatores de emissão de CO₂. O contributo de CO₂ de origem fóssil é relativamente mais elevado aquando do uso do B15 nas embarcações.

4.2.1 Emissões totais de CO₂

A referência do valor do consumo no ano de 2020 usando o combustível B0, na Lancha dos Pilotos é de 10.097 litros, como referido no Subcapítulo 3.2.2.

Para a primeira abordagem, pela qual o consumo (de combustível) desta embarcação não diferiria consoante a mistura de combustíveis usada, as emissões estimadas para a B0, B7, B15 e B100 encontram-se na Figura 11.

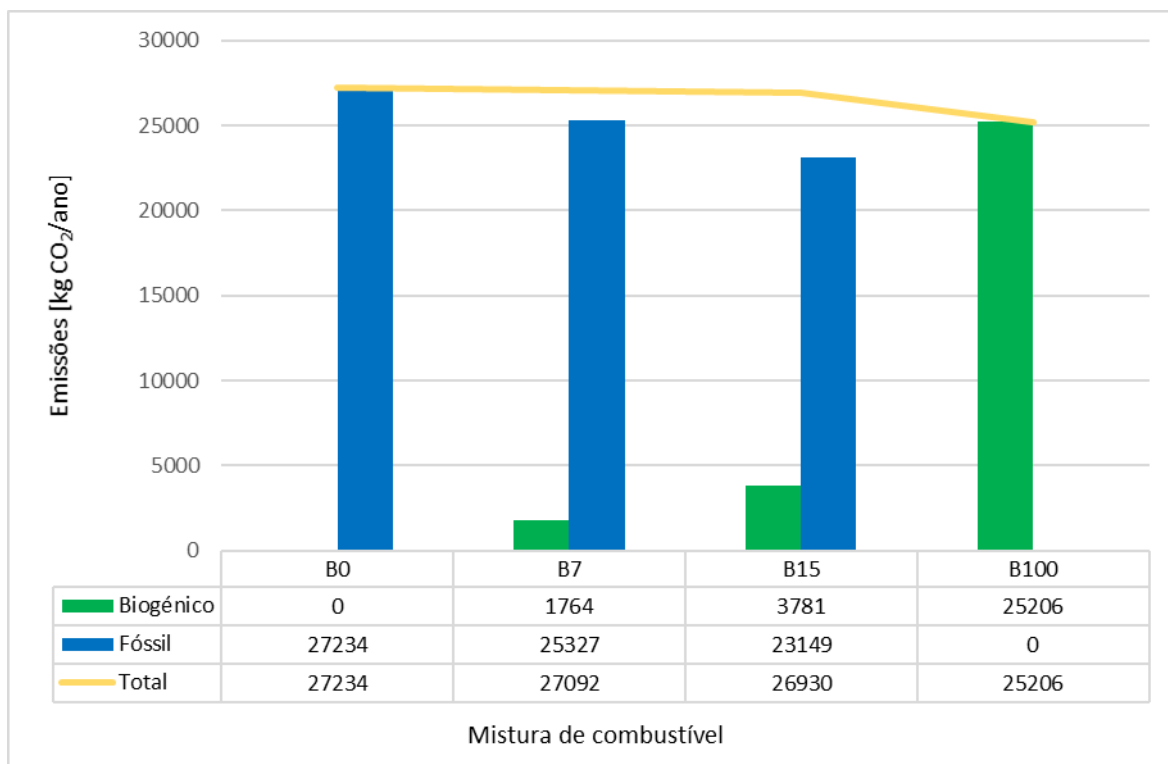


Figura 11- Emissões anuais de CO₂ estimadas para a B0, B7, B15 e B100 com base no mesmo volume de combustível consumido.

À medida que aumenta a fração de incorporação de biodiesel no combustível final verifica-se, naturalmente, um incremento de CO₂ biogénico, e uma diminuição da fração de CO₂ fóssil, resultando numa diminuição das emissões totais. Comparativamente ao B0, o Ecobunker (B15) apresenta os contributos de CO₂ biogénico mais elevados (3786 kg CO₂/ano), porém regista-se uma diminuição em 4091 kg do contributo de CO₂ fóssil por ano. A substituição de combustível B0 pelo B15, refletiria na Lancha dos Pilotos uma redução de 305 kg das emissões totais de CO₂.

Relativamente ao cálculo das emissões de CO₂ com base na energia, considerando os fatores de emissão da literatura (Tabela 12) e os poderes caloríficos da Tabela 10, observa-se que o petro-diesel possui um poder calorífico superior ao do biodiesel (soja), onde a emissão de CO₂ por unidade de energia é de $7,01 \times 10^{-2}$ e $7,00 \times 10^{-2}$ kg CO₂/MJ para petro-diesel e para o biodiesel (soja), respetivamente. Assim, tendo o petro-diesel um poder calorífico superior ao do biodiesel, o fator de emissão (por litro de combustível) é igualmente superior, revelando-se um pior combustível neste aspeto. Naturalmente

que nesta reflexão não pode ser esquecido o facto de estas emissões corresponderem a CO₂ de origens distintas: biogénica para o caso do biodiesel e fóssil para o caso do petrodiesel.

Para produzir a quantidade de energia de 388360,88 MJ/ano, correspondente ao B0 consumido pela embarcação, os volumes anuais consumidos das misturas B7, B15 e B100 seriam, de acordo com a Equação 12, respetivamente, de: 10148,5; 10208,0 e 10885,8 litros. Estes consumos traduzir-se-iam nas emissões ilustradas na figura seguinte.

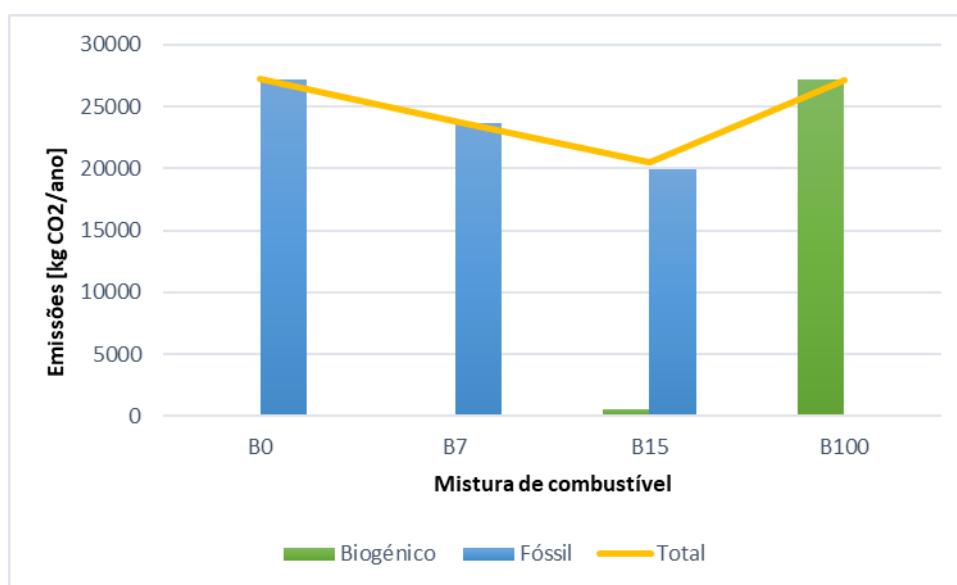


Figura 12- Emissões estimadas para a B0, B7, B15 e B100 com base no poder calorífico.

É possível observar que aquando do incremento de biodiesel na mistura de combustível, traduz uma redução do contributo do CO₂ fóssil e aumento do CO₂ biogénico. À medida que a percentagem de incorporação de biodiesel na mistura de combustível aumenta, há uma redução considerável nas emissões totais de CO₂. O aumento do biodiesel na mistura do combustível favorece a redução de emissões totais até ao Ecobunker (B15) ou seja, o aumento do volume de combustível consumido é compensado pela redução das emissões totais. Conclui-se que, para os combustíveis entre B0 a B15 cujo poder calorífico é elevado há diminuição das emissões totais. Por outro lado, este cenário reverteria a partir do B15, onde as misturas de combustível apresentam baixo poder calorífico, porém necessitam fornecer mais energia às embarcações logo exige maior consumo de

combustível e consequentemente o aumento de emissões totais. Todavia, as emissões totais compreendem CO₂ de ambas as origens fóssil e biogénica, sendo que, como já foi referido anteriormente, à medida que aumenta a fração de biodiesel na mistura diminuem as emissões de CO₂ fóssil. Assim, do ponto de vista ambiental é sempre mais favorável a combustão de misturas com elevadas taxas de incorporação de biodiesel.

4.2.2 Emissões evitadas

Na Tabela 13 são apresentadas as emissões evitadas de CO₂ considerando o mesmo volume de combustível para a Lancha dos Pilotos aquando da substituição do petro-diesel (B0) pelo Ecobunker (B15).

Tabela 13- Emissões evitadas (totais e de origem fóssil) considerando o mesmo volume de combustível.

	Emissões evitadas [kg CO₂ total/ano]
Totais	-305
Origem fóssil	-4091

As emissões totais evitadas, no ano de 2020, seriam de 305 kg de CO₂ se o combustível utilizado pela lancha dos pilotos fosse o Ecobunker. Ainda mais significativos são os contributos de CO₂ de origem fóssil cuja poupança seria de 4091 kg de CO₂.

Por outro lado, as emissões evitadas (totais e fóssil) considerando a mesma energia (388360,88 MJ/ano) fornecida aquando do uso do petro-diesel (B0) na Lancha dos Pilotos, encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14- Emissões evitadas (totais e fóssil) considerando o fornecimento da mesma energia.

	Emissões evitadas [kg CO₂ total/ano]
Totais	-6768
Origem fóssil	-7341

Na tabela anterior é possível observar que substituindo o combustível B0 pelo B15, as emissões totais representariam uma poupança de 6768 kg de CO₂ total por ano. Observando o contributo de CO₂ fóssil, utilizando a mesma energia fornecida pela lancha no ano de 2020, apresenta uma poupança de 7341 kg de CO₂ por ano.

4.3 Protocolo de Economia Circular

Realçando os princípios da economia circular, o acompanhamento eficiente dos resíduos representa uma preocupação constante para a Administração Portuária do Porto de Aveiro, pretendendo que haja sempre uma maior valorização dos resíduos resultantes das atividades portuárias, de modo a reduzir as quantidades desses resíduos.

As cargas movimentadas em cada terminal podem ser observadas na

Tabela 15.

Tabela 15- Cargas movimentadas nos vários terminais do Porto de Aveiro.

	T. Norte	T. Ro Ro	T. Granéis Sólidos	T. Sul
Tipos de cargas movimentadas	Cimentos, pasta de papel, perfilados metálicos, produtos agroalimentares, aglomerados de madeira e argilas.	Produtos agroalimentares e componentes de energia eólica.	Produtos agroalimentares, cimento, carbonato dissódico e minerais não metálicos.	Produtos metalúrgicos, cimento, pasta de papel, aglomerados de madeira e produtos minerais.
Resíduos gerados	Derivados de madeira, sucata, cimentos, betão, absorventes, filtros de óleo, papel e cartão, resíduos urbanos, resíduos biodegradáveis e óleos minerais usados.	Resíduos urbanos, resíduos de cereais, metais, embalagens de plástico, madeiras e resíduos biodegradáveis.	Embalagens de plástico, embalagens compósitas, mistura de resíduos e equiparados e óleos minerais usados.	Madeira, betão, plásticos, absorventes e filtros, óleos minerais usados, embalagens e resíduos urbanos.

É possível observar a diversidade dos resíduos que são produzidos nas múltiplas atividades desde movimentação de mercadorias, limpeza de instalações e terraplenos, manutenção de equipamentos, recolha de resíduos urbanos aos navios e restantes utilizadores do porto.

4.3.1 Resíduos portuários

Para o desenvolvimento da tarefa 3 do Plano de atividades, Elaboração do Protocolo de Economia Circular, foi necessário levar a cabo um levantamento (tipologia e quantitativos) dos resíduos de carga, no ano de 2020, produzidos na área portuária e dos entregues pelos navios.

Os dados recolhidos relativos aos resíduos perfizeram um total de 655 itens divididos segundo os resíduos de geração na área portuária e a bordo dos navios, conforme a Tabela 16.

Tabela 16- Síntese dos dados recolhidos relativos aos resíduos.

Informações	Área portuária	Navios	Total
Nº de itens (relativos a resíduos)	325	330	655
Toneladas de resíduos correspondentes ao ano de 2020	1.341,493	802,624	2.144,177
Nº de itens (resíduos) com informações incompletas sobre as operações dos resíduos no destinatário	10	0	10
Número de resíduos encaminhados para valorização	163	193	356
Número de resíduos encaminhados para eliminação	128	137	265

De uma forma global, sem especificar a proveniência, o Porto de Aveiro no ano de 2020 foi detentor, quer na qualidade de recetor quer de produtor, de 2.144,177 toneladas de diversos tipos de resíduos, tais como resíduos urbanos, derivados de madeira, vidro, cintas de plástico, resíduos de construção e demolição, etc. (Figura 13). Em 2020, a quantidade de resíduos provenientes dos navios corresponde a cerca de metade dos resíduos produzidos só na área portuária.



(a) Cimento.



(b) Cintas de plástico.

Figura 13- Exemplos de resíduos produzidos na área portuária.

No ano de 2020 foram rececionadas dos navios, um total de 802,624 toneladas de frações de resíduos recicláveis. Os resíduos de carga provenientes dos navios foram agrupados nas seguintes categorias principais (Figura 14): óleos alimentares usados, resíduos hospitalares, cinzas, minerais e fibras, resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), vidro, embalagens de plástico e cartão, absorventes e filtros, papel e cartão, resíduos de fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU), metais, madeira, resíduos urbanos, águas residuais e lamas.

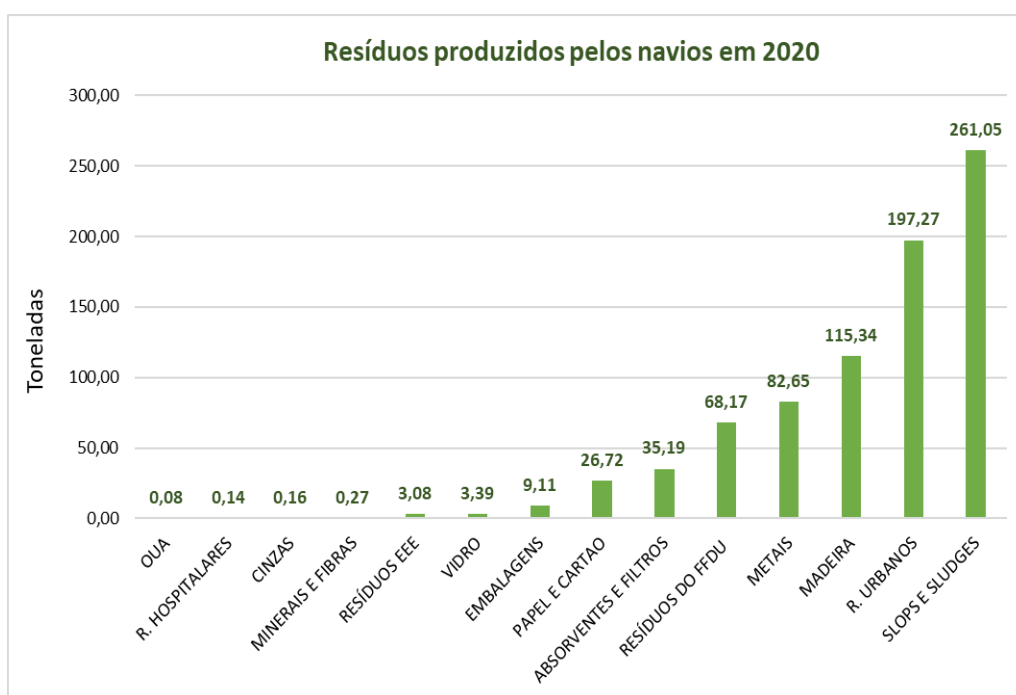


Figura 14- Resíduos produzidos pelos navios e rececionados no Porto de Aveiro no ano 2020.

Os *slops e sludges* (águas residuais e lamas com hidrocarbonetos) correspondem aos resíduos recolhidos em maior quantidade (261,05 toneladas), seguido dos resíduos urbanos (197,27 toneladas), e a madeira e seus derivados (115,34 toneladas). Os metais, os resíduos de FFDU, os absorventes e filtros, e papel e cartão tiveram um quantitativo de 82,65, 68,17, 35,19 e 26,72 toneladas, respetivamente. Os restantes resíduos não atingiram as 10 toneladas cada um.

Por outro lado, os resíduos produzidos em toda área portuária foram agrupados em 12 categorias: absorventes, resíduos contaminados/perigosos (como é o caso das embalagens, solventes e outros), papel e cartão, plástico, embalagens, óleos minerais usados, metais, resíduos urbanos, resíduos orgânicos, resíduos de construção e demolição, mistura de resíduos urbanos e madeira. No total foram produzidas 1341,493 toneladas durante o ano de 2020, provenientes das múltiplas atividades executadas no Porto de Aveiro (Figura 15).



Figura 15- Resíduos produzidos em 2020 na área portuária do Porto de Aveiro.

Cerca de 43 % dos resíduos produzidos na área portuária correspondem a madeira (estilha, casca, serrim, cascas de madeira, cortiça e outros derivados de madeira),

provenientes da movimentação de rolaria, corte e descasque de madeira, aspiração dos silos *pellets* de madeira e limpeza de cais. A seguir, lideram no ranking dos *top 5*, mistura de resíduos urbanos, resíduos de construção e demolição (clinker e betão), resíduos orgânicos e resíduos urbanos com 258,38, 183,8, 130,16 e 78,36 toneladas, respetivamente. Quantidades relativamente mais baixas correspondem aos resíduos de absorventes, resíduos perigosos e contaminados, papel e cartão e plástico. A quantidade de embalagens e os óleos minerais usados provenientes da manutenção de instalações e equipamentos foi cerca de aproximadamente 15 toneladas. Para o caso dos metais, foram gerados cerca de 50 toneladas anuais na área portuária.

Na análise dos resíduos portuários mediante a sua origem (navios ou atividades portuárias), alguns elementos-chave de comparação tais como, a quantidade de resíduos geradas no ano de 2020, as operações de valorização ou eliminação dos resíduos, a sua proveniência, resíduos em comum (Tabela 17) realçam a diversidade do ambiente portuário na vertente dos resíduos portuários.

Tabela 17- Síntese comparativa dos resíduos do Porto de Aveiro no ano 2020.

	Navios		Área portuária
Quantidade anual de	802,624		1,341,493
Proveniência dos resíduos	Gerados a bordo do navio		Limpeza de cais Movimentação Material de estiva Manutenção Corte e movimentação de rolaria
Resíduos (t/ano ₂₀₂₀)	Madeira	115,34	589,8
	Metais	82,652	47,309
	Urbanos	197,269	78,36
	Papel e cartão	26,715	2,447

A quantidade anual de resíduos produzidos na área portuária foi de, aproximadamente, o dobro dos resíduos entregues pelos navios no Porto de Aveiro no mesmo ano. Por um lado, observa-se que a proveniência dos resíduos na área portuária reflete as diversas atividades adjacentes ao ambiente portuário, porém a geração de resíduos a bordo do navio corresponde maioritariamente aos resíduos urbanos.

Todos os resíduos de navios foram gerados a bordo do navio, enquanto na área portuária a maioria provinha da limpeza de cais, manutenção dos equipamentos e operações similares, do corte e da movimentação de rolaria (para o caso da madeira), e do material de estiva. Outras atividades, como avarias na operação, representam a minoria em termos de produção de resíduos.

A quantidade elevada de resíduos de madeira pode justificar-se pelo facto de atividades como corte de rolaria e movimentação de diferentes tipos de mercadoria que geram quantidades de resíduos de madeira. Os resíduos de embalagem assumem um grande peso nos resíduos gerados a bordo dos navios, incluindo o papel e cartão. Os resíduos urbanos dos navios justificam-se pelo facto da duração das viagens dos navios ser em média de um mês, o que contribui para que os quantitativos desta tipologia de resíduos sejam mais elevados em relação aos das instalações portuárias que são “pontos fixos”.

4.3.2 Operações de gestão dos resíduos portuários

As operações de valorização ou eliminação de resíduos portuários são entendidas como operações gestão efetuadas no destinatário desses resíduos. Relativamente aos montantes de resíduos apresentados anteriormente, as frações enviadas para valorização e para eliminação encontram-se na figura seguinte.

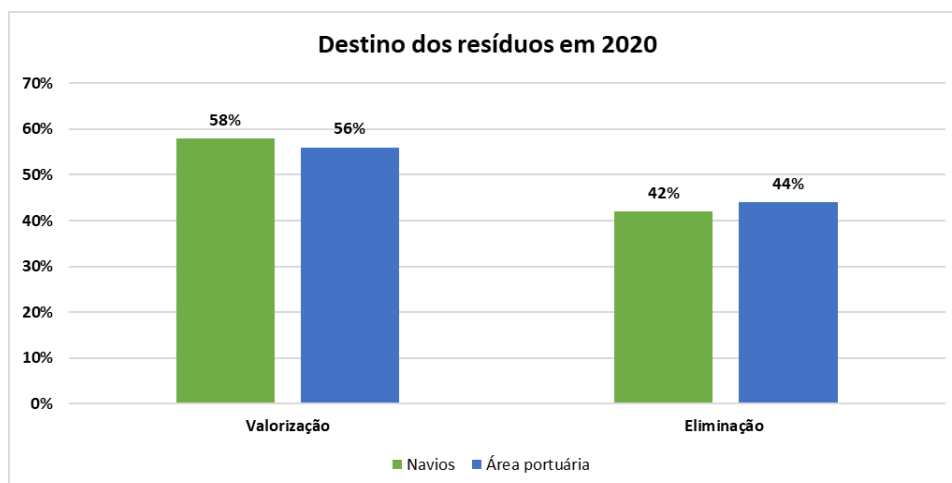


Figura 16- Destino dos resíduos do Porto de Aveiro no ano 2020.

Dos resíduos que foram entregues, em 2020, pelos navios no Porto de Aveiro, 58 % (ou seja 469,5 das 802,624 toneladas) foram valorizados. Os resíduos encaminhados para a eliminação perfizeram um total de 333,124 toneladas representando 42 % da totalidade. O vidro, sucata, absorventes e filtros de óleo, papel e cartão, assim como a madeira (que constitui a maior fração de resíduos valorizados) fazem parte das categorias de resíduos que são encaminhados para valorização. Por outro lado, alguns dos resíduos que são encaminhados para eliminação (aterro ou incineração) são: os resíduos urbanos e de cargas de navios, as cinzas e embalagens.

Mais de metade (56%) dos resíduos gerados na área portuária, em 2020, foram encaminhados para valorização, o que corresponde a 672,758 toneladas. Os restantes 44 % dos resíduos (i.e., 528,279 toneladas) foram encaminhadas para eliminação. Somente duas categorias de resíduos são encaminhadas para eliminação, designadamente os resíduos contaminados/perigosos e a mistura de resíduos urbanos e equiparados. O elevado valor percentual dos resíduos para eliminação deve-se ao facto da mistura de resíduos urbanos e equiparados corresponder a 258,38 toneladas mais cerca de 3 toneladas dos resíduos contaminados/perigosos. Os restantes resíduos encaminhados para valorização são: papel e cartão, plástico, embalagens, madeira, óleos minerais usados, metais, betão, clinker (cimento), resíduos orgânicos e urbanos.

4.3.3 Elaboração do protocolo

O protocolo de economia circular consiste num conjunto de metas a serem subscritas pelas empresas que operam no Porto de Aveiro com o objetivo de sensibilizar e incentivar à valorização de resíduos produzidos na área portuária. Este, incide sobre os resíduos de carga identificados no Porto de Aveiro, tanto os gerados na área portuária como os provenientes dos navios. Assim, resultaram de análise nas seguintes categorias: biodegradáveis, cimentos, embalagens, madeira, metais misturas de betão, plásticos e papel e cartão.

A geração de resíduos de madeira e seus derivados proveniente do corte da madeira, movimentação da rolagem e limpeza de cais, lidera a lista de resíduos portuários com 705.1 toneladas só para o ano de 2020 no Porto de Aveiro. Seguidamente, a quantidade de resíduos provenientes das misturas de betão e dos metais, geram cerca de 130 toneladas cada. Os resíduos biodegradáveis correspondem à 4ª posição com 123,9 toneladas, onde estão incluídos os cereais (arroz, milho, trigo) provenientes maioritariamente da limpeza de cais e movimentação. Aos resíduos de embalagem, papel e cartão e plásticos corresponderam as seguintes quantidades: 31.9, 29.2 e 10.0, respetivamente.

No sentido de valorizar os resíduos de carga de acordo com os princípios de economia circular, a APA, S.A., e empresas interessadas (representadas no protocolo por Empresa X) pretendem atingir metas estabelecidas pelo Porto de Aveiro para os anos de 2022 e 2023 (Tabela 18) para os resíduos de carga anteriormente descritos.

De forma clara e simples, desenvolveu-se um documento composto por 4 páginas, com uma breve contextualização da economia circular e sua importância para o Porto de Aveiro, as metas estabelecidas para cada resíduo bem como o prazo temporal das atividades (Figura 17).

PROTOCOLO PARA A VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PORTUÁRIOS NO PORTO DE AVEIRO

Entre:

APA - ADMINISTRAÇÃO DO PORTO DE AVEIRO, S.A. matriculada na Conservatória do Registo Comercial de Ilhavo sob o número único de matrícula e de identificação fiscal 501 431 535, com o capital social de _____ euros e sede no Edifício 9 - Forte da Barra, 3830-565 Gafanha da Nazaré, representada por _____, adiante designada por APA S.A.

2

Empresa X, matriculada na Conservatória do Registo Comercial de _____ sob o número único de matrícula e de identificação fiscal _____, com o capital social de _____ euros e sede em _____, representada por _____

Considerando que:

No âmbito do Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal (PAEC), procuram as indústrias e as empresas estratégias de crescimento económico, assente em princípios de economia circular e gestão sustentável de recursos, compatíveis com a redução dos impactos ambientais resultantes das atividades que desenvolvem.

A **economia circular** é entendida como um incentivo à mudança do paradigma econômico, passando de um sistema linear de consumo de recursos para uma abordagem circular que **maximiza o valor extraído dos materiais** já utilizados na economia. Promove ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos, tendo por base processos e modelos de negócio assentes na **desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais**.

Considerando os princípios básicos da economia circular, o Porto de Aveiro está empenhado em garantir o adequado encaminhamento dos resíduos resultantes da movimentação da carga, promovendo a respetiva valorização sempre que possível.

Para esse efeito, a APA S.A. e a Empresa X comprometem-se a desenvolver esforços para a valorização dos resíduos constantes da Tabela 1 anexa, pela respetiva incorporação no processo de fabrico e/ou em processo distinto que permita a redução dos resíduos encaminhados para eliminação e a reutilização ou reciclagem destes materiais.

A Empresa X compromete-se ainda a reportar periodicamente os dados respeitantes à produção e valorização dos resíduos constantes da Tabela 1.

O prazo temporal considerado relevante para efeitos deste protocolo, é 31 de dezembro de 2023, de modo a poderem ser atingidas as metas estabelecidas na referida tabela, para os anos de 2022 e 2023.

O espírito deste protocolo assenta na liberdade e autonomia de definição dos compromissos assumidos, visando enquadrar as ações que têm vindo a ser desenvolvidas pelos diferentes atores da Comunidade Portuária.

O presente Protocolo é feito em dois exemplares iguais, ficando cada parte na posse de um exemplar.

Aveiro, 2021.

Pela APA, S.A.

Pela Empresa X,

ANEXOS

Tabela 3- Metas para valorização de resíduos para 2022 e 2023 no porto de Aveiro.

Resíduo	Proveniência	Meta 2022	Meta 2023
Misturas de betão	Limpezas de calis	15%	20%
Biodegradáveis	Limpezas de calis	15%	20%
Cimentos	Movimentação	7%	10%
Embalagens	Material de estiva	5%	7%
Madeira	Corte e movimentação de rolaria, limpezas de calis ou material de estiva	75%	80%
Metais	Material de estiva ou manutenção	95%	98%
Papel e cartão	Material de estiva	40%	60%
Plásticos	Material de estiva	40%	60%

Indicador: Toneladas de subprodutos encaminhados para valorização/Toneladas de resíduos de carcaça.

Figura 17- Protocolo de Economía Circular.

Este documento resulta do levantamento dos resíduos de carga no Porto de Aveiro, no sentido de existir com cada uma das empresas de estiva um compromisso de incremento dos resíduos que podem ser encaminhados, de acordo com as metas a atingir para cada resíduo, conforme se observa na Tabela 18, a qual consta do referido protocolo.

Tabela 18- Tabela do Protocolo de Economia circular com as metas estabelecidas para cada resíduo.

Resíduo	Proveniência	Meta 2022	Meta 2023
Misturas de betão	Limpezas de cais	15%	20%
Biodegradáveis	Limpezas de cais	15%	20%
Cimentos	Movimentação	7%	10%
Embalagens	Material de estiva	5%	7%
Madeira	Corte e movimentação de rolaria, limpezas de cais ou material de estiva	75%	80%
Metais	Material de estiva ou manutenção	95%	98%
Papel e cartão	Material de estiva	40%	60%
Plásticos	Material de estiva	40%	60%

O indicador destas metas corresponde a: Toneladas de subprodutos encaminhados para valorização/ Toneladas totais de resíduos de carga.

As metas foram estabelecidas tendo em conta a proveniência dos resíduos, ou seja, considerando as perdas substanciais de alguns resíduos por exemplo na limpeza de cais, com vista a tornar mais realista as metas de valorização dos resíduos.

Esta minuta vai ser discutida com as empresas interessadas conforme a tipologia de resíduos que cada empresa gere.

4.4 Campanhas de comunicação

A campanha de sensibilização sobre a economia circular e a valorização dos resíduos portuários pretendeu alcançar os órgãos de comunicação social, através da inclusão desta temática no website do Porto de Aveiro, bem como a transmissão semestral de informação através do correio eletrónico para os utilizadores.

4.5 Ação de formação

Após a elaboração do protocolo de economia circular no Porto de Aveiro, foi preparada a ação de formação para a Comunidade Portuária que emergiu como ponto fulcral na sensibilização da temática. Esta prevê a exposição de um material didático com os princípios básicos da economia circular, resíduos portuários e sua valorização no ambiente portuário.

5 Conclusões e sugestões

Relativamente ao estado de arte do Porto de Aveiro face às operações de valorização ou eliminação dos resíduos nos destinatários, concluiu-se que tanto para os resíduos entregues pelos navios como os provenientes das atividades portuárias, no ano de 2020, mais de 50 % foram encaminhados para valorização. Os resíduos identificados com potencial de valorização foram: resíduos de madeira, resíduos biodegradáveis, óleos alimentares usados e clinker.

O total de resíduos de madeira, provenientes maioritariamente do descasque de madeira e cortiça e movimentação de rolaria, perfaz no Porto de Aveiro para o ano de 2020, 705,14 toneladas de derivados de madeira tais como estilhas, serrim, galhos, paletes de madeira (Figura 18) entre outros.



Figura 18- Paletes de madeira.

As informações disponibilizadas pelos operadores indicaram que todos os resíduos de madeira foram encaminhados para valorização, sendo que 489 toneladas foram incorporadas em várias estruturas de madeira, 67,2 toneladas destinaram-se à produção de barrotes e 148,94 toneladas foram usadas no fabrico de contraplacado. Uma das utilizações dos barrotes é para servir de suporte a estruturas metálicas, facilitando a empilhadora no ato de carregamento (Figura 19).



Figura 19- Barrotes.

Outras aplicações destes resíduos no Porto de Aveiro poderiam ser na integração da indústria de mobiliário, como por exemplo a produção de estruturas simples de arrumação e armazenamento como estantes e contentores, ou de suporte (Figura 20).



(a) Contentor de madeira.



(b) Estante de arrumação de madeira.

Figura 20- Exemplo de aplicações de madeira.

Os resíduos de construção e demolição identificados, no ano de 2020, corresponderam a 130,2 e 53,6 toneladas de betão e cimentos, respetivamente. O betão provém da limpeza de cais; estas misturas são depois armazenadas conforme a informação disponibilizada pelo gestor de resíduos. Por outro lado, uma parte dos resíduos de cimento é incorporada nos processos de fabrico de cimento como matéria-prima, mas outra parte proveniente das avarias de operação, conforme se observa na Figura 13, pode ser reaproveitada para

o fabrico de estruturas pré-moldadas de betão. O betão pré-moldado é comumente utilizado em obras de grande porte, por exemplo de edifícios e pontes. Porém, este começa a estar mais presente também em obras menores, como casas e edifícios pequenos (Alicerce, 2020).

O procedimento de carga e descarga dos granéis sólidos é realizado com recurso a diversos equipamentos que utilizam combustíveis fósseis (por exemplo, pás e gruas), que aumentam as emissões de poluentes atmosféricos, assim, a introdução de uma banda transportadora elétrica em alternativa a esses equipamentos, eliminaria as emissões provenientes desses processos bem como a diminuição da geração de resíduos (Monteiro et al., 2019). Esta medida, requer um elevado investimento bem como a adaptação de infraestruturas que possam fornecer energia elétrica suficiente. Uma medida estrutural que responda simultaneamente a demanda de resíduos provenientes da carga em geral, seria a implementação de um sistema de pipelines para transporte do material a granel, especialmente os produtos alimentares no Terminal Norte.

Com a implementação do projeto TOP Level da Prio no Porto de Aveiro, pretende-se efetuar recolha dos óleos alimentares usados num ponto estratégico no Terminal Norte para posteriormente encaminhamento para produção de biodiesel na fábrica da Prio, S.A., localizada no Terminal de Granéis Líquidos no Porto de Aveiro.

No Pacto Institucional para a Valorização da Economia Circular na Região Centro, a quantidade de madeira e seus derivados são indicadores da transformação de resíduos através da relação: toneladas de madeira/toneladas totais de resíduos. Para o caso de estudo, a valorização da madeira correspondeu a 32 % dos resíduos totais. Comparado ao valor de referência do Pacto (20 %) a APA, S.A., superou a meta prevista no pacto.

A atividade de inventariação dos resíduos realizada neste estágio permitiu, por um lado, conhecer ao pormenor o processo de encaminhamento dos resíduos, bem como os seus destinatários. Ainda sobre as estratégias de economia circular, a adaptação do projeto da

Prio TOP Level no Porto de Aveiro, relativamente à recolha de OAU, com base no historial de recolha é justificável a instalação de um oleão simples no Terminal Norte do Porto de Aveiro.

As estimativas das emissões de CO₂ das embarcações da APA, S.A. foram baseadas na composição dos combustíveis, podendo para o caso do biodiesel Ecobunker conter outros aditivos para evitar emissões de CO₂. Estas, basearam-se numa metodologia teórica onde para as duas abordagens estudadas (considerando o mesmo volume de combustível consumido e mesma energia) reflete que o Ecobunker é um combustível ambientalmente mais conveniente para a qualidade do ar, independentemente da abordagem adotada. O B15 representa uma mistura de combustível mais favorável que o petro-diesel (B0) onde as poupanças nas suas emissões totais são de 304 e 6767 kg de CO₂ por litro de combustível por ano, considerando o mesmo volume de combustível consumido e a mesma energia respetivamente. Considerando ainda a influência do poder calorífico, esta abordagem deve ser determinada experimentalmente uma vez que as estimativas feitas, foram calculadas assumindo a mesma fórmula de cálculo para as diferentes misturas de combustível.

A possibilidade do envolvimento presencial e acompanhamento nas várias atividades desenvolvidas ao longo do Estágio Curricular no Porto de Aveiro, este permitiu que ao longo da busca de informações e dados relevantes para os objetivos do estágio, pudesse desenvolver a capacidade de proatividade, comunicação assertiva e gestão de dados. O contacto efetuado junto dos diversos intervenientes portuários possibilitou uma exposição e perspetiva mais realista das atividades.

Referências bibliográficas

- AdC. (2018). *Estudo sobre a Concorrência no Setor Portuário Dezembro 2018*.
- Alicerce. (2020). *ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS | VANTAGENS E DESVANTAGENS | ALICERCE EMPRESA JR*. <https://www.alicerceejr.com/post/conheca-as-vantagens-das-estruturas-pre-moldadass>
- Almeida, M. (2013). *O ozono troposférico e partículas finas*. https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2595/1/Tese_MariaNevesAlmeida.pdf
- Antturi, J., Hänninen, O., Jalkanen, J. P., Johansson, L., Prank, M., Sofiev, M., & Ollikainen, M. (2016). Costs and benefits of low-sulphur fuel standard for Baltic Sea shipping. *Journal of Environmental Management*, 184, 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.064>
- APA. (2019). *Relatório de sustentabilidade da*. <http://www.rio20.gov.br>
- APA. (2020). *Porto de Aveiro | A força da região*. <https://portodeaveiro.pt/localizacao/pt/>
- APA. (2021). *Agência Portuguesa do Ambiente - Instrumentos Marítimos*. <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=1297>
- APA I.P. (2021). *Fluxos específicos de resíduos | Agência Portuguesa do Ambiente*. <https://apambiente.pt/residuos/fluxos-especificos-de-residuos>
- Bachvarova, E., Spasova, T., & Marinski, J. (2018). Air Pollution and Specific Meteorological Conditions at the Adjacent Areas of Sea Ports. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 378–383. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.336>
- Barata, P. G. (2010). *A importância dos portos marítimos portugueses*.
- Blomsma, F., Pieroni, M., Kravchenko, M., Pigosso, D. C. A., Hildenbrand, J., Kristinsdottir, A. R., Kristoffersen, E., Shabazi, S., Nielsen, K. D., Jönbrink, A. K., Li, J., Wiik, C., & McAloone, T. C. (2019). Developing a circular strategies framework for manufacturing companies to support circular economy-oriented innovation. *Journal of Cleaner Production*, 241(November). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118271>
- Borrego, C., Costa, A. M., Amorim, J. H., Santos, P., Sardo, J., Lopes, M., & Miranda, A. I. (2007). Air quality impact due to scrap-metal handling on a sea port: A wind tunnel

- experiment. *Atmospheric Environment*, 41(30), 6396–6405.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.01.022>
- Botelho, M. (2018). *Valorização dos Óleos Alimentares Usados com Base na Caracterização dos Meios, Pessoas e Procedimentos*.
- CE. (2014). *Europeia, Comissão*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0142&from=PT>
- CE. (2018). *PT*.
- CE. (2019). *Pacto Ecológico Europeu. Comissão Europeia*, 1–27.
<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>.
- CEP. (2021). *Circular Economy Portugal – Por uma sociedade sem desperdício*.
<https://www.circulareconomy.pt/?sobre-economia-circular/>
- Ciucci, M. (2020). *Eficiência energética | Fichas temáticas sobre a União Europeia | Parlamento Europeu*.
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/69/eficiencia-energetica>
- Climate KIC. (2019). *LOOKING AT THE FUTURE OF EU PORTS*.
- COM. (2014). *Economia Circular*. <https://eco.nomia.pt/pt/economia-circular/estrategias>
- Coronado, C. R., de Carvalho, J. A., & Silveira, J. L. (2009). Biodiesel CO₂ emissions: A comparison with the main fuels in the Brazilian market. *Fuel Processing Technology*, 90(2), 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.09.006>
- Daniel, S., & Neves, C. (2019). *Economia circular : Caraterização e valorização de resíduos para a aplicação na indústria de curtumes*.
- DGRM. (2018). *Sistema de Monitorização, Comunicação e Verificação (MRV) - DGRM*.
<https://www.dgrm.mm.gov.pt/mrv>
- Dragović, B., Tzannatos, E., Tselentis, V., Meštrović, R., & Škurić, M. (2018). Ship emissions and their externalities in cruise ports. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 289–300. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.11.007>
- EEA. (2014). *Being wise with waste: the EU's approach to waste management — European Environment Agency*. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/being-wise-with-waste-the>
- EPA. (2017). *Contextual Density and US Automotive CO₂ Emissions across the Rural–*

- Urban Continuum. *International Regional Science Review*, 40(6), 590–615.
<https://doi.org/10.1177/0160017615614897>
- ERSE. (2021). *Eficiência energética*. <https://www.erse.pt/eletricidade/eficiencia-energetica/eficiencia-energetica/>
- ESPO. (2021). *ESPO Environmental Report 2020*. <https://www.espo.be/publications/espo-environmental-report-2020>
- Fernandes, N., O, T. F. De, João, V. F. C. B., & Amanda, S. P. (2017). *DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO RESIDUAL*.
- GGHW. (2020). *Global Warming, Climate Change, Greenhouse Effect*. <http://www.global-greenhouse-warming.com/>
- Godinho, V. C. F. (2009). *Gestão de resíduos de navios e de carga caso de estudo: Porto de Lisboa*. <https://run.unl.pt/handle/10362/2040>
- Gravagnuolo, A., Angrisano, M., & Girard, L. F. (2019). Circular economy strategies in eight historic port cities: Criteria and indicators towards a circular city assessment framework. *Sustainability (Switzerland)*, 11(13), 3512.
<https://doi.org/10.3390/su11133512>
- Henriques, A. (2008). *GASES DE EFEITO DE ESTUFA ASSOCIADAS A EDIFÍCIOS Ana Catarina Rosa Henriques Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente*.
- Karimpour, R., Ballini, F., & Ölcer, A. I. (2019). Circular economy approach to facilitate the transition of the port cities into self-sustainable energy ports—a case study in Copenhagen-Malmö Port (CMP). *WMU Journal of Maritime Affairs*, 18(2), 225–247.
<https://doi.org/10.1007/s13437-019-00170-2>
- Langen, P. (2018). Ports and the Circular Economy. In *Green Ports: Inland and Seaside Sustainable Transportation Strategies* (Issue 2015). Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814054-3.00005-0>
- Lindstad, H., Eskeland, G. S., Psaraftis, H., Sandaas, I., & Strømman, A. H. (2015). Maritime shipping and emissions: A three-layered, damage-based approach. *Ocean Engineering*, 110, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.09.029>
- Marítimo logística. (2020). *Prio lança o Eco Bunkers e aposta na descarbonização do*

- Shipping na Península Ibérica | Revista Cargo*. <https://revistacargo.pt/prio-lanca-o-eco-bunkers-e-aposta-na-descarbonizacao-do-shipping-na-peninsula-iberica/>
- MARPOL. (2005). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)
- Merico, E., Donateo, A., Gambaro, A., Cesari, D., Gregoris, E., Barbaro, E., Dinoi, A., Giovanelli, G., Masieri, S., & Contini, D. (2016). Influence of in-port ships emissions to gaseous atmospheric pollutants and to particulate matter of different sizes in a Mediterranean harbour in Italy. *Atmospheric Environment*, 139, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.05.024>
- Mohd, C. he W. (2018). *Experimental And Prediction Model On Low Compression Marine Diesel Engine Fuelled With Palm Biodiesel- Diesel Blends*.
- Monteiro, A., Lopes, M., Borrego, C., Neves, A., Sorte, S., & Russo, M. (2019). *Mitigação de emissões marítimas e portuárias: linhas orientadoras*. <https://ria.ua.pt/handle/10773/26709>
- O'Brien, R. (2009). *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications, Third Edit*. <https://www.routledge.com/Fats-and-Oils-Formulating-and-Processing-for-Applications-Third-Edition/OBrien/p/book/9781420061666>
- Olnnovation origins. (2020). *Innovation Origins*. <https://innovationorigins.com/en/>
- Prio Energy. (2020). *PRIO TOP LEVEL*. https://www.prio.pt/pt/prio.pt/prio-top-level_238.html
- Prio Energy. (2021). *ECODIESEL*. https://www.prio.pt/pt/postos/downloads/file68_pt.pdf
- Recoil. (2015). *De OAU a Biodiesel*.
- Serrano, M. V. (2012). *Análise comparativa do desempenho de motores de combustão interna quando utilizam biocombustíveis*.
- Silva, L. (2014). *Processo de Produção de Biodiesel e Análise de Parâmetros de Qualidade*. 70.
- UN. (2015). *TRANSFORMING OUR WORLD: THE 2030 AGENDA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT UNITED NATIONS UNITED NATIONS TRANSFORMING OUR WORLD: THE 2030 AGENDA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*.

Veloso, J. H. (2007). *Análise dos Mecanismos de Gestão do Fluxo de Óleos e Gorduras Alimentares Usados em Portugal* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Agradecimentos.

WCED. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Towards Sustainable Development 2. Part II. Common Challenges Population and Human Resources 4.*

Zvirin, Y., Gutman, M., & Tartakovsky, L. (1998). Fuel Effects on Emissions. *Handbook of Air Pollution From Internal Combustion Engines*, 547–651.
<https://doi.org/10.1016/b978-012639855-7/50055-7>