
DESPERDÍCIO DE PLÁSTICO NA UNIÃO EUROPEIA

Rui Miguel Valdrez Caseiro

Dissertação

Mestrado em Economia

Orientado por

Prof. Doutor Vitor Miguel de Sousa Ribeiro

2022

Agradecimentos

Este ano foi repleto de desafios tanto a nível pessoal como profissional. Não poderia estar mais satisfeito por ter superado este desafio que considero ser daqueles que mais contribuiu para o meu desenvolvimento enquanto pessoa e estudante.

Aproveito para agradecer o incansável apoio do professor Vitor Ribeiro que com o seu conhecimento e conselhos, fez com que este trabalho fosse concluído com sucesso e por isso, os meus sinceros agradecimentos.

Um enorme obrigado a toda a minha família, em especial aos meus pais, Amadeu e Conceição, que nunca deixaram de me apoiar em todas as etapas da minha vida. Agradeço do fundo do coração ao meu avô Hilário e às minhas irmãs Susana, Rosa e Marisa por todo o amor e força que me têm dado desde sempre e aos meus sobrinhos e cunhados, que de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento.

Agradeço aos meus amigos e namorada que nunca me deixaram desistir e estiveram sempre ao meu lado para que este desafio e outros fossem realizados com sucesso.

Por último, um agradecimento especial a Faculdade de Economia do Porto que tão bem me acolheu nestes dois anos de mestrado.

Resumo:

Esta dissertação tem como objetivo perceber qual a probabilidade de a meta de desperdício de plástico para 2025 ser satisfeita pelos países da União Europeia (UE-27), tendo em conta alguns fatores socioeconómicos de cada país e a sua capacidade de cumprir as metas para resolver o problema do desperdício de plástico. Estima-se a produção de cerca de 5.500 milhões de toneladas de resíduos de plástico a nível global até 2050 que, sem qualquer tipo de intervenção, estes resíduos irão ficar em contacto com o meio ambiente, originando problemas ambientais e colocar em risco a saúde humana. Neste sentido, este estudo tem por base a quantidade de desperdício de plástico, originada pelos países da UE-27, avaliando o impacto das intervenções para a redução desse mesmo desperdício.

Após análise dos resultados, verificou-se que variáveis produção de resíduos de plástico, uso de material circular e valor acrescentado bruto dos serviços e bens do setor ambiental, detêm uma influência positiva correspondente ao cumprimento da meta proposta, enquanto o índice de complexidade económica afeta negativamente a probabilidade de a meta ser cumprida. Os resultados apontam não só para o investimento em melhorias do processo de gestão de resíduos como também para aposta em campanhas de sensibilização da população sobre os impactos do desperdício de plástico no meio ambiente. Em trabalhos futuros será relevante entender melhor como o conceito de economia circular poderá ajudar esta problemática e qual o impacto das alternativas do plástico, nomeadamente o papel, no ambiente.

Códigos JEL: Q53; Q58

Palavras-chave: Poluição; Plásticos; Resíduos; Desperdício

Abstract:

This dissertation aims to understand the probability that the plastic waste target for 2025 will be met by the countries of the European Union (EU-27), considering some socio-economic factors of each country and their ability to meet the targets to solve the problem of plastic waste. It is estimated that around 5,500 million tons of plastic waste will be produced globally by 2050 and, without any type of intervention, these wastes will meet the environment, causing environmental problems and putting human health at risk. In this sense, this study is based on the amount of plastic waste originated by the EU-27 countries, evaluating the impact of interventions to reduce this same waste.

After analyzing the results, it was found that the variables of plastic waste production, use of circular material and gross added value of services and goods in the environmental sector have a positive influence corresponding to the achievement of the proposed target, while the economic complexity index negatively affects the probability that the target will be met. The results point not only to investment in improvements in the waste management process but also to investing in public awareness campaigns about the impacts of plastic waste on the environment. In future work, it would be relevant to better understand how the concept of circular economy can help this problem and the impact of plastic alternatives, namely paper, on the environment.

JEL codes: Q53; Q58

Keywords: Pollution; Plastics; Waste

Índice

Índice de Tabelas.....	v
Índice de Gráficos.....	vi
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Motivação.....	1
1.2 Objetivos e questão de pesquisa.....	2
1.3 Organização.....	2
Capítulo 2 – Revisão de Literatura.....	4
2.1 Plásticos.....	4
2.2 Classificação dos resíduos de plástico.....	5
2.3 Os impactos dos resíduos de plástico.....	7
2.4 Metas para a redução do desperdício de plástico.....	9
Capítulo 3 – Metodologia.....	12
3.1 Descrição dos Dados.....	12
3.2 Modelo econométrico.....	15
3.2.1 Dados em Painel.....	15
3.2.2 Probit e Logit.....	15
3.2.3 Efeitos não observados em modelos Probit / Logit.....	17
3.3 Enquadramento.....	18
Capítulo 4 – Análise.....	20
4.1 Estatísticas descritivas e matriz de correlação.....	20
4.2 Análise gráfica.....	23
4.3 Resultados empíricos.....	27
4.4. Discussão dos resultados.....	33
Capítulo 5 - Conclusão.....	38
Referências.....	40

Índice de Tabelas

Tabela 1: Resíduos de plástico por Categoria	6
Tabela 2: Descrição dos dados.....	12
Tabela 3: Representação das variáveis	19
Tabela 4: Estatística descritiva	20
Tabela 5: Matriz de Correlação	22
Tabela 6: Resultados dos Modelos	28
Tabela 7: Resultados teste Wald	30
Tabela 8: Efeitos marginais médios.....	32
Tabela 9: Efeito na probabilidade de cumprir com a meta	34

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Evolução da média de plástico importado e exportado entre os países da EU (Kg)	23
Gráfico 2: Evolução da média da produção resíduo de plástico (Kg/pc)	24
Gráfico 4: Evolução da média do PIB per capita da UE27 (€)	25
Gráfico 5: Evolução da média do índice de complexidade económica (%)	26
Gráfico 6: Evolução da média de uso de material circular e da taxa de reciclagem	27
Gráfico 7: Efeitos marginais médios.....	33

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Motivação

O tema da poluição é atualmente dos mais abordados no nosso quotidiano. Ao longo dos últimos anos, com o desenvolver das tecnologias e crescimento populacional foi-se refletindo, num modo geral, um descuido no meio ambiente. A poluição tem sido seriamente apontada como um dos maiores problemas mundiais, em especial a poluição gerada através do desperdício de plástico, isto é, todas as embalagens, sobras, e sucata proveniente do plástico (Horton, 2022; Lau et al. 2020; Li et al. 2021). Este é um tópico bastante abordado na literatura atualmente. Vários autores como Klemeš et al. (2020), Vered & Shenkar, (2021), Beaumont et al. (2019), entre outros, estudam o impacto da poluição plástica, assim como outros autores, Lau et al. (2020), Li et al. (2021) e Cordier et al. (2021) estudam formas de combater a poluição plástica.

O desperdício de resíduos de plástico é um problema generalizado e cada vez mais emergente. De acordo com Cordier et al. (2021) estima-se que a quantidade de produção de resíduos de plásticos, a um nível global, seja de 5 678 milhões de toneladas (MT) até 2050. Fan et al. (2022), revela que na União Europeia (UE-27)¹ a quantidade de produção de resíduos de plásticos chegará a 17 MT por ano em 2030. Cerca de 99% desses plásticos são constituídos por polímeros não biodegradáveis, o que permite a sua permanência nos ecossistemas durante centenas de anos (Zhao et al. 2020).

Uma vez que a poluição dos plásticos é das mais preocupante aos dias de hoje e sendo a utilização dos mesmos cada vez mais comum e abrangente em todos os setores de atividade, é necessário colocar em prática iniciativas de modo atenuar este problema. Existe a necessidade de tomadas de ações, não só através de metas impostas pelos governos, mas também através de campanhas de sensibilização e esforço comunitário que permitam a redução do desperdício de plástico.

¹ UE-27: União Europeia dos 27 países: Áustria, Bélgica, Bulgária, Croácia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estónia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Holanda, Polónia, Portugal, Roménia, Eslováquia, Eslovénia, Espanha e Suécia.

1.2 Objetivos e questão de pesquisa

Um estudo feito por Fan et al. (2022) prevê a quantidade de desperdício de plástico, originada pelos países da UE-27, avaliando o impacto das intervenções para a redução desse mesmo desperdício. O autor estima uma quantidade de resíduos de plástico² no valor de 17 MT por ano e conclui que a meta da taxa de reciclagem de 55%, apesar de mitigar o desperdício de plástico, não será suficiente para reduzir os impactos ambientais. Com base neste estudo, esta dissertação assenta no cálculo da probabilidade de o mesmo grupo de países ser capaz de cumprir ou não as metas para o desperdício de plástico para 2025, tendo em conta algumas variáveis sociodemográficas e económicas de cada país no período de 2010 a 2018. O objetivo primordial será perceber quais os principais fatores económicos e sociais de cada país e a sua capacidade de cumprir com as metas para resolver a problemática do desperdício de plástico. Neste estudo analisamos a meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos até 2025. Para tal serão respondidas as seguintes questões:

1. Qual a o impacto das variáveis em análise na probabilidade de a meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos até 2025 ser satisfeita pelos países da UE?

1.3 Organização

Este estudo está organizado da seguinte forma. No capítulo 2 é apresentada a revisão de literatura, onde serão definidos alguns conceitos chave e apresentados diferentes perspetivas de vários autores em relação aos principais problemas e soluções do desperdício de plástico. No final desse capítulo são apresentadas as metas para a poluição plástica e a argumentação de alguns autores sobre aquelas com maior potencial de influenciar positivamente a resolução do problema em análise. No capítulo 3, referente à metodologia, são descritos os dados e respetivas fontes, bem como as variáveis utilizadas. São ainda apresentados os modelos adotados e a justificação da escolha dos mesmos. No capítulo 4 são apresentados, analisados e discutidos os resultados da análise empírica. Inclui ainda uma análise da estatística descritiva das principais variáveis utilizadas onde é apresentado graficamente a evolução da média de

² Consideramos resíduos de plástico todas as embalagens, sobras, e sucata proveniente do plástico.

algumas variáveis durante o período em análise. No final do mesmo capítulo é apresentado algumas recomendações por setor para fazer face à problemática em estudo tendo presente os resultados obtidos. Em último é apresentado o capítulo 5 onde são expostas as principais conclusões deste estudo, as limitações e sugestões para futuros trabalhos.

Capítulo 2 – Revisão de Literatura

2.1 Plásticos

A palavra “plástico” tem origem do antigo grego “plástikos” que significa moldável (Vered & Shenkar, 2021). Esta característica deve-se ao facto de o plástico ser um polímero sintético orgânico, derivado de combustíveis fósseis, o que torna este material muito versátil e ao mesmo tempo poluente (Geyer et al. 2017; Kershaw, P. J. 2015; Shen et al. 2020). O uso de plástico tornou-se quase indispensável devido às suas características como a resistência, peso, baixo custo de produção e versatilidade (Vimal et al. 2020). No entanto, a sua produção em grande escala, teve início em 1950 e o seu uso generalizado ocorreu depois da Segunda Guerra Mundial (Geyer et al. 2017).

Hoje em dia, com a sua rápida industrialização e mercado emergente, a poluição proveniente de materiais plásticos é das mais polémicas e preocupantes (Lau et al. 2020). Estima-se que até 2015, foram produzidos cerca de 6.300 MT de resíduos de plástico, dos quais apenas 21% foram reciclados, enquanto os restantes terminaram no meio ambiente (Geyer et al. 2017). Se não ocorrer qualquer tipo de ação, será de esperar que a nível global sejam produzidos mais de 5.500 MT de resíduos de plástico até 2050 (Cordier et al., 2021).

Para além do seu impacto ambiental a indústria dos plásticos é importante para a economia global. Na Europa, esta é responsável por cerca de 1,5 milhões de postos de trabalho em 55 mil empresas (PlasticEurope, 2020). Os produtos feitos por este material também têm uma contribuição positiva para uma sociedade sustentável visto que, por exemplo, no setor alimentar, as embalagens contribuem para a redução do desperdício de alimentos e no setor automóvel, os materiais de plástico contribuem para a fabricação de veículos mais leves. Neste sentido, para além da poluição provocada pelos resíduos de plástico, o mesmo é utilizado para a obtenção de máxima eficiência em vários setores (Klemeš et al. 2021; Nielsen et al. 2020).

“Os materiais plásticos diversificaram a nossa existência por meio de várias inovações que salvam vidas, proporcionaram inúmeros benefícios à humanidade e racionalizaram as nossas vidas com gratificação.” (Sharma et al. 2021, p.9). Em 2020, com o início da pandemia da Covid-19, houve uma necessidade de equipamentos de proteção individual descartável, o que

veio realçar não só a importância do plástico de uso único³, para a prevenção de propagação do vírus, mas também a necessidade de melhorar a gestão de resíduos (Clode et al. 2020; Klemeš et al. 2020).

Existem muitas vantagens do uso dos plásticos, no entanto, a maneira incorreta de como são descartados, acaba por expor estes materiais diretamente com os ecossistemas, originando problemas ambientais. Sem dissentir totalmente, os autores Stafford & Jones (2019), colocam em questão a verdadeira problemática da poluição plástica, defendendo que o problema não está na produção mas sim na incompetente forma como são recuperados os resíduos. No entanto, considerando que a poluição plástica não deixa de ser um problema a resolver, sugerem que outras questões como a pesca não sustentável e a emissão de gases de efeito de estufa (GEE) são merecedores de maior atenção, visto que, o seu impacto no meio ambiente é mais devastador que o plástico.

De igual forma que se observa a presença de diferentes argumentos na literatura sobre os impactos e soluções da poluição plástica, também existe diversas maneiras de interpretar o que são resíduos de plástico.

2.2 Classificação dos resíduos de plástico

Existem vários tipos de resíduos de plástico que podem ser categorizados pelo seu tamanho e composição química. De acordo com Hartmann et al. (2019) é fundamental existir uma terminologia unificada, de modo a mitigar falhas de comunicação entre investigadores e facilitar o processo de investigação. Nesse sentido o autor, para além de utilizar o tamanho como característica de classificação, recorre às características físico-químicas dos materiais plásticos. Na tabela 1 observar-se alguns exemplos de tipos de plásticos de acordo com as suas categorias (tamanho e composição).

³ São plásticos descartáveis após a primeira utilização, como por exemplo: materiais de proteção individual, sacos de plástico, garrafas descartáveis, palhas, entre outros (Vimal et al., 2020).

Tabela 1: Resíduos de plástico por Categoria

Categoria	Tipo	Exemplos
<ul style="list-style-type: none"> • Tamanho <ul style="list-style-type: none"> ○ $\geq 1\text{cm}$ Macroplástico ○ 1 a 10 mm Mesoplástico ○ $< 5\text{ mm}$ Microplástico ○ 1 a 1000 nm Nanoplástico • Composição <ul style="list-style-type: none"> ○ Termoplásticos Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliuretano, Tereftalato de Polietileno (PET), Poliestireno (PS), PVC Sacos de plástico, recipientes, garrafas, embalagens, têxtil, pesca, insufláveis, filmes, beatas de cigarro, isolamento, etc. ○ Termofixos Alquídicico (AKD), Poliuretano (PU), Epoxy Isolamento, revestimento, adesivos, pneus, balões, etc.(Kershaw, P. J., 2015) 		

Fonte: Autor

Neste estudo todos os materiais de plástico, após a sua utilização, são considerados resíduos de plástico, podendo ser classificados de diversas formas tendo em conta o seu tamanho e composição química. Em destaque apresenta-se na tabela 1, os microplásticos definidos como todos os resíduos de plásticos com tamanho inferior 5mm. Este tipo de resíduo será referido ao longo do presente trabalho dado o elevado impacto que o mesmo tem no meio ambiente gerado pela poluição plástica.

2.3 Os impactos dos resíduos de plástico

Devido às características dos plásticos, que lhes permitem permanecer no ambiente durante anos, os mesmos deterioram-se em microplásticos. Estes tornaram a poluição omnipresente, afetando assim, ambientes aquáticos, terrestres, e até mesmo a saúde humana (Cox et al. 2019; Wong et al. 2020; Sá et al. 2018; Vered & Shenkar, 2021; Lau et al. 2020). Um estudo feito por Petersen & Hubbart (2021) evidencia a presença dos microplásticos na litosfera, atmosfera e hidrosfera. Assim, uma vez confirmada a presença de partículas de polímeros no meio ambiente, a mesma, facilmente pode ser uma ameaça à saúde humana. A título de exemplo, o estudo realizado por Cox et al. (2019), com base na dieta americana, concluiu que durante a alimentação, existe um consumo anual médio de 4.000 partículas de microplásticos e as pessoas que bebem água engarrafada, ingerem aproximadamente 90.000 partículas anualmente.

Na literatura sobre a poluição plástica e os seus impactos são encontrados muitos estudos direcionados à poluição no oceano. O ecossistema marinho contribui significativamente para o fornecimento de alimento, retenção de carbono e desintoxicação de resíduos. Caso este ecossistema seja alvo de ameaça por parte de poluição, então o bem estar humano também será prejudicado (Beaumont et al., 2019). De acordo com Shen et al. (2020), a emissão de GEE ocorre durante todo o ciclo de vida dos plásticos, desde a extração e transporte de matéria prima, até ao tratamento de resíduos. O mesmo autor afirma que apesar das emissões durante a fabricação serem controladas, outros fatores como o transporte, tratamento de resíduos por incineração para obter energia e os plásticos já encontrados no meio ambiente, contribuem para a emissão de GEE. Exemplo disso é a presença de microplásticos no oceano, que dificulta a retenção de carbono.

Para além do impacto devastador que a poluição plástica tem no meio ambiente e cada vez mais na saúde humana, existem inúmeras barreiras e limitações quando se pretende solucionar esta problemática.

Relativamente ao plástico de uso único, Vimal et al. (2020) evidencia algumas barreiras políticas, como a necessidade de regulamentação com penalizações, barreiras governamentais, como a falta de incentivos à produção de materiais substitutos biodegradáveis, barreiras financeiras, como a falta de financiamento à investigação e

desenvolvimento de materiais substitutos e barreiras tecnológicas, como a falta de material e fabricantes de produtos substitutos biodegradáveis.

Também o elevado custo da produção dos materiais substitutos ao plástico é uma barreira à redução da produção dos mesmos, uma vez que, esta substituição não é economicamente viável e grande parte das empresas não tem capacidade financeira para substituir uma matéria-prima de baixo custo por outra mais cara. Deste modo, a falta de incentivos é algo que faz com que as empresas mantenham o seu modelo de negócio atual, continuando assim, a utilizar matérias-primas fósseis (Siltaloppi & Jähi, 2021). Os produtos provenientes de matérias-primas de base biológica ou reciclada têm um custo mais elevado, o que faz com que “apenas os clientes ecologicamente progressistas estejam dispostos, no momento, a pagar mais por uma alternativa mais verde” (Siltaloppi & Jähi, 2021, p.5). Larrain et al. (2021) estuda a viabilidade económica da reciclagem dos resíduos plásticos, em alternativa do seu despejo em aterros. Uma vez que os reciclados são substitutos inferiores aos plásticos virgens, a diminuição do preço do petróleo diminui o incentivo para o investimento em reciclagem. Assim, é necessário existirem incentivos políticos que aumentem as taxas de reciclagem de plástico para combater a poluição provocada pelo mesmo e reduzir o consumo de combustíveis fósseis. Pois, “se as alternativas aos plásticos não tiverem a mesma qualidade, funcionalidade e custo, existirá sempre uma pressão financeira para a escolha da solução mais barata” (Ma et al. 2020, p.11).

Para além das barreiras políticas, governamentais, financeiras e tecnológicas, o próprio consumidor, pode ser considerado como uma barreira à redução de resíduos de plásticos se este não for ecologicamente educado e agir de forma inadequada (Ma et al., 2020). Assim, o grande impacto dos resíduos de plástico e a existência de barreiras limitadoras da mitigação da poluição plástica remete para a importância de existir metas reguladoras globalmente consistentes capazes de diminuir o impacto da poluição originada durante todo o ciclo de vida dos plásticos. Em anexo na tabela 1 é possível verificar uma síntese de contribuições de alguns autores na investigação sobre a poluição plástica.

2.4 Metas para a redução do desperdício de plástico

É de extrema importância o cumprimento de ações para combater a poluição. Vários autores como Lau et al. (2020), Li et al. (2021) e Cordier et al. (2021), entre outros, sugerem diferentes formas de combater a poluição por plásticos. Para cumprir com o objetivo da eliminação dos plásticos presentes nos ecossistemas, é necessário haver uma igual preocupação tanto a montante (redução da produção de plásticos) como a jusante (aumento da reciclagem) do ciclo de vida dos plásticos (Lau et al., 2020; Li et al., 2021; Nielsen et al., 2020). Os autores Lau et al. (2020) e Larrain et al. (2021) sugerem que para reduzir o excesso de resíduos de plástico é necessário, para além da ação globalmente coordenada, aumentar as taxas de material reutilizado, as taxas de recolha de resíduos e as taxas de reciclagem, para evitar que os resíduos sejam descartados de forma inadequada e por consequência depositados em ambientes naturais. Também Sharma et al. (2021) e Shen et al. (2020) concordam com a necessidade de melhorar a gestão dos resíduos, na medida em que este setor necessita de melhores infraestruturas, para aumentar a capacidade de reciclagem e tornar a gestão de resíduos cada vez mais eficaz. No entanto, a reciclagem não será suficiente.

É referido também na literatura, a importância da economia circular e da inovação de materiais biodegradáveis, com o objetivo de eliminar a utilização de plásticos de uso único e reduzir a quantidade de resíduos (Karayilan et al. 2021). A título de exemplo, Stoica et al. (2020), refere que, devido à importância das embalagens de alimentos e o seu elevado consumo, é necessário um desenvolvimento de biopolímeros biodegradáveis, para a substituição dos plásticos atualmente usados. Também Liwarska-Bizukojc (2021) concorda com a necessidade do desenvolvimento de estudos sobre os bioplásticos. No entanto, devido ao impacto financeiro desta alteração, é necessária uma análise económica para tornar esta ação num “projeto sustentável, com elevado impacto na saúde e segurança dos consumidores e um impacto ecológico e económico” (Stoica et al. 2020, p.3). Por outro lado, Qin et al. (2021) afirma que a solução para a redução de resíduos de plásticos no ambiente não está no uso de bioplásticos, na medida em que “nem todos os plásticos biodegradáveis são totalmente degradáveis em condições naturais” (Qin et al. 2021, p.1). Acontece que, em alguns casos, a degradação é rápida, mas incompleta, o que leva a uma presença mais acentuada de microplásticos no solo, num curto período de tempo. Assim, Qin et al. (2021) afirma que a solução para a redução de resíduos de plástico está na melhoria da eficácia da reciclagem e no cumprimento dos regulamentos para o descarte dos mesmos.

Num estudo realizado por Cordier et al. (2021) é possível observar que a ausência de regulamentos e programas educacionais sobre o ambiente são as principais causas para a má gestão dos resíduos e por consequente o impacto no ambiente. O autor testou três cenários diferentes: a limitação do PIB; o aumento da educação e o combate contra a corrupção. No primeiro cenário, ao limitar o PIB, verificou-se um ligeiro aumento na quantidade de resíduos de plásticos mal geridos, o que sugere que a limitação do PIB resulta na redução da capacidade de investimento em tratamentos de resíduos. Já em relação aos dois cenários seguintes os resultados são diferentes. No caso do aumento da educação, com a imposição de um nível mínimo de escolaridade de 12 anos, foi possível observar uma redução 34% da quantidade de resíduos de plástico mal geridos. No caso da luta contra a corrupção, com a imposição de medidas que previnem a obtenção de vantagens em relação aos outros por meios ilícitos, foi possível verificar uma redução de 28% dos resíduos. De acordo com os resultados do estudo, Cordier et al. (2021) sugere que a educação e o combate à corrupção devem fazer parte das intervenções implementadas, uma vez que estas são capazes de reduzir o desperdício de plástico.

Também é possível verificar a importância dos indicadores socioeconómicos para a redução do desperdício de plástico no artigo de Fan et al. (2022), onde se estima a quantidade de desperdício de plástico, originada pelos países da UE-27, avaliando o impacto das intervenções para a redução desse mesmo desperdício. Estas medidas e diretivas políticas, para o combate à poluição por plásticos, criadas a nível internacional e aprovadas pela UE, são sobretudo metas que visam a redução da presença dos plásticos no meio ambiente (ANP & WWF, 2019).

Para além de programas de sensibilização, educação e consciencialização ambiental, também foram impostas algumas medidas e metas como:

- Restrição dos sacos de plásticos em toda a UE;
- Proibição de artigos plásticos de uso único para os quais existam alternativas;
- Meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos até 2025 e de 30% até 2030 (estratégia para o aumento das taxas de reciclagem);
- Responsabilidade acrescida ao produtor, no sentido de taxar os fabricantes de materiais de plástico para suportarem os custos da recolha destes materiais;

- Melhoria da rotulagem de produtos para informar os consumidores sobre a sua eliminação correta;

No entanto estas ações não são suficientes se o comportamento humano e as práticas industriais continuarem ao mesmo ritmo (Stafford & Jones, 2019). Sem dúvida que a poluição por plásticos é um problema e por isso, a redução do consumo deste material, parece ser a melhor solução, para o resolver. No entanto, se houver uma melhoria dos sistemas de reciclagem e uma consciencialização generalizada dos consumidores, será possível continuar a usufruir deste material e reduzir o seu impacto no meio ambiente. Assim, o papel dos consumidores é de igual forma fundamental uma vez que a preocupação com a natureza é um fator importante para o comportamento de escolha do consumidor em relação ao consumo de plástico (Kautish et al. 2021). Para além do esforço global para gerir de forma eficaz os resíduos, é necessário compreender o nível de preocupação ambiental individual. Na tabela 2 em anexo pode-se verificar algumas das recomendações direcionadas a vários setores, que visam o combate à poluição plástica.

Capítulo 3 – Metodologia

3.1 Descrição dos Dados

A partir da Base de Dados Estatísticos do Eurostat (EUROSTAT, 2021), da Base de Dados Estatísticos do Comercio Internacional (UNComtrade, 2021) e do Observatório da Complexidade Económica (OEC, 2021), foi possível obter os dados imprescindíveis para a concretização deste estudo. Foi utilizado como variável dependente a variável dummy que apresenta valor 1 quando o país cumpre com a meta e valor 0 em caso contrário (DV). Assumimos como variáveis independentes a variável quantidade total de resíduos de plástico dentro do país (Waste_amount), o desperdício de plástico produzido (Waste_prod), exportação de resíduos de plástico (Waste_Exp), importação de resíduos de plástico (Waste_Imp), o uso de material circular (CMU), taxa de reciclagem (Recy), a receita ambiental fiscal (Tax), investimento em proteção ambiental (Inv), valor acrescentado bruto dos serviços e bens do setor ambiental (GVA), empregados no setor da economia circular (Emp), consumo de energia (Cons), produto interno bruto per capita (GDPpc), índice de complexidade económica (ECI), educação (Educ), população total (Tpop), população feminina (Fpop), população masculina (Mpop). Na tabela 2 é apresentada uma breve descrição das variáveis.

Tabela 2: Descrição dos dados

Variáveis	Descrição
Variável dependente (DV)	Variável binária = 1 se cumprir com a meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos, 0 caso contrário;
Produção de desperdício de plástico (Waste_prod)	Inclui todo o desperdício de material de plástico (EUROSTAT, 2021);
Quantidade total de resíduos de plástico dentro do país (Waste_amount)	O somatório de todos os resíduos existentes no país (Fan et al. 2022);

Exportação de resíduos de plástico (Waste_Exp)	Resíduos de plástico exportados categorizados sob a mercadoria 3915 - Resíduos, aparas e sucata de plásticos (UNComtrade, 2021);
Importação de resíduos de plástico (Waste_Imp)	Resíduos de plástico importados categorizados sob a mercadoria 3915 - Resíduos, aparas e sucata de plásticos (UNComtrade, 2021);
Uso de material circular (CMU)	O rácio do uso de material circular e o uso geral do material (EUROSTAT, 2021);
Taxa de reciclagem (Recy)	O indicador é definido como a proporção de resíduos de embalagens ⁴ recicladas em todos os resíduos de embalagens produzidos;
Receita ambiental fiscal (Tax)	Imposto sobre o impacto negativo específico sobre o meio ambiente. Inclui energia, os transportes e a poluição;
Investimento em proteção ambiental (Inv)	Investimentos da economia total (governos e corporações) para fornecer serviços de proteção ambiental (como gestão de resíduos e águas residuais, descontaminação do solo);
Valor acrescentado bruto dos serviços e bens do setor ambiental (GVA)	Contribuição da produção de bens e serviços ambientais para o PIB;
Empregados no setor da economia circular (Emp)	O número total de pessoas que trabalham no setor de economia circular;
Consumo de energia (Cons)	Toda a energia fornecida à indústria, transporte, residências, serviços e agricultura;

⁴ Os resíduos de embalagem abrangem o material desperdiçado que foi utilizado para a contenção, proteção e entrega de mercadorias, desde a matéria-prima até aos produtos processados, do produtor ao consumidor, excluindo os resíduos de produção.

Produto interno bruto per capita (GDPpc)	O indicador é calculado como a razão entre o PIB real e a população média nesse ano. Sendo o PIB o valor da produção total de bens e serviços produzidos por uma economia num determinado período;
Índice de complexidade económica (ECI)	Técnica usada para prever e explicar o crescimento económico futuro, a desigualdade de renda e as emissões de gases de efeito estufa. Mede a complexidade da estrutura produtiva de um país combinando informações sobre a diversidade de produtos do país e a área de distribuição de seus produtos (OEC, 2021);
População total (Tpop)	O número de pessoas com residência habitual num país em 1 de janeiro do respetivo ano;
Educação (Educ)	Percentagem de pessoas com o ensino superior;
População feminina (Fpop)	O número de pessoas do sexo feminino com residência habitual num país em 1 de janeiro do respetivo ano;
População masculina (Mpop)	O número de pessoas do sexo masculino com residência habitual num país em 1 de janeiro do respetivo ano;

Fonte: Autor

A base de dados é constituída com uma amostra dos países da UE-27 que inclui a Áustria, Bélgica, Bulgária, Croácia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estónia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Holanda, Polónia, Portugal, Roménia, Eslováquia, Eslovénia, Espanha e Suécia no período de 2010 a 2020.

3.2 Modelo econométrico

3.2.1 Dados em Painel

Após a recolha dos dados é aplicado um modelo de regressão linear com dados em painel. Os dados em painel são observações de uma unidade seccional de indivíduos, observadas por vários períodos (Wooldridge, 2002). Uma das vantagens do uso dos dados em painel é a melhoria da precisão da estimação, resultante de um aumento no número de observações dada a combinação ou agrupamento de vários períodos de tempo dos dados para cada indivíduo (Trivedi & Cameron, 2005). O uso de dados em painel também permite revelar a heterogeneidade individual, aumentar a informação e a variabilidade dos dados, aumentar o número de graus de liberdade e a eficiência da estimação. Todavia, existe a possibilidade de ocorrência de um enviesamento de heterogeneidade devido a uma diferenciação dos coeficientes no decorrer das secções e do tempo, o que leva ao erro de especificação (Wooldridge, 2002).

Wooldridge (2002) afirma que ao analisar as respostas binárias no contexto de dados em painel, muitas vezes é útil começar com um modelo linear com um efeito aditivo não observado e, em seguida, usar a transformação interna ou de primeiras diferenças para remover o efeito não observado. A heterogeneidade individual não observada ocorre devido às características individuais que não são refletidas como variáveis explicativas, no entanto são importantes para explicar a variável dependente. Modelos de efeitos não observados implica as restrições não naturais $\mathbf{x}_{it}\boldsymbol{\beta} \leq \mathbf{c}_i \leq \mathbf{1} - \mathbf{x}_{it}\boldsymbol{\beta}$, $t = 1, \dots, T, i = \mathbf{c}_1, \dots, \mathbf{c}_{27}$, sobre os efeitos não observados.

3.2.2 Probit e Logit

A estimação de um modelo probit ou logit pelo método da máxima verosimilhança permite avaliar a probabilidade de uma determinada situação ocorrer, dado um conjunto definido de variáveis explicativas (Wooldridge, 2002). Os modelos probit e logit contornam algumas dificuldades dos modelos de regressão linear como a não normalidade, heterocedasticidade e a não obrigatoriedade de verificação de $0 \leq \hat{Y} \leq 1$.

No caso do probit a probabilidade é calculada recorrendo à distribuição normal, enquanto no caso do logit essa mesma probabilidade é calculada pela distribuição normal logística. Ao contrário dos modelos de regressão linear, em que a estimativa de um coeficiente indica tanto o sentido (positivo/negativo) como a grandeza da influência de uma variável explicativa X_j , nos modelos probit e logit a estimativa apenas fornece informação sobre o sentido da influência, sendo necessário cálculos adicionais para calcular o valor dessa mesma influência.

Relativamente à interpretação dos coeficientes das variáveis explicativas, a mesma é feita a partir estimação dos efeitos marginais médios, em que o cálculo é diferente no caso de a variável explicativa ser uma variável discreta, contínua ou binária (Wooldridge, 2002). A variável dependente e as variáveis explicativas da amostra incluem a dimensão seccional, constituída pelos indivíduos da amostra, e a dimensão temporal, composta pelo período em que os indivíduos são estudados.

Usando um modelo probit para ilustrar métodos de verossimilhança parcial com dados em painel, resulta o seguinte modelo:

$$P(y_{it}|x_{it}) = G(x_{it}\beta), \quad (1)$$

$$t = 2010, 2011, \dots, 2018; i = Portugal, Espanha, \dots$$

Onde y_{it} representa a variável dependente e x_{it} é o vector de variáveis explicativas. O t é referente ao indicador do tempo e o subscrito i representa o país. $G(x_{it}\beta)$ representa a função da distribuição normal conhecida e assume valores no intervalo de unidade aberta. Assim pode conter dummies de tempo, interações de dummies de tempo com constantes de tempo ou variáveis no tempo e variáveis dependentes desfasadas. A validade da estimação depende da consistência dos estimadores. Para tal é necessário que o modelo esteja estimado corretamente e para isso é preciso que o problema da heterogeneidade individual não observada seja corrigida.

Ao especificar o modelo, não assumimos o suficiente para obter a distribuição de $y_{it} = (y_{i1}, \dots, y_{it})$ dado $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{it})$.

No entanto é possível obter um estimador \sqrt{N} -consistente de β , maximizando a função de log-verossimilhança parcial que é simplesmente um exercício de estimativa agrupada:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \{ y_{it} \log G(x_{it}\beta) + (1 - y_{it}) \log[1 - G(x_{it}\beta)] \} \quad (2)$$

Um estimador de matriz de variância robusto é essencial para explicar a correlação nas pontuações em t ;

Caso o modelo seja dinamicamente completo:

$$P(y_{it} = 1 | x_{it}, y_{i,t-1}, x_{i,t-1}, \dots) = P(y_{it} = 1 | x_{it}) \quad (3)$$

A dedução é mais fácil, na medida em que todas as estatísticas usuais de um probit ou logit que agrupa observações e trata a amostra como uma longa seção transversal são válidas, incluindo as estatísticas de razão de verossimilhança. No entanto não estamos a assumir a independência em t (por exemplo, x_{it} pode conter variáveis dependentes desfasadas) (Wooldridge, 2002).

No caso probit, define-se $u_{it} = y_{it} - F(x_{it}\beta)$ de modo que, sob a suposição (3), $E(u_{it} | x_{it}, y_{i,t-1}, x_{i,t-1}, \dots) = 0$, em todos t . Segue-se que u_{it} não está correlacionado com nenhuma função das variáveis $(x_{it}, y_{i,t-1}, x_{i,t-1}, \dots)$, incluindo $u_{i,t-1}$. Ao estudar a equação do método da Máxima Verossimilhança é possível observar correlação em u_{it} , o que torna os procedimentos de dedução usuais inválidos. Com $\hat{u}_{it} = y_{it} - F(x_{it}\beta)$ e em seguida, ao usar o probit agrupado para estimar o modelo artificial obtém-se:

$$"P(y_{it} = 1 | x_{it}, y_{i,t-1}, x_{i,t-1}, \dots) = F(x_{it}\beta + \gamma_1 \hat{u}_{i,t-1})" \quad (4)$$

Usando períodos de tempo $t = 2, \dots, T$. A hipótese nula é $H_0: \gamma_1 = 0$. Se H_0 é rejeitada, então a suposição (3) também é. Este é um caso onde sob a hipótese nula, a estimativa de β necessária para obter $\hat{u}_{i,t-1}$ não afeta a distribuição limite de nenhuma das estatísticas de teste usuais, Wald, LR ou LM, de $H_0: \gamma_1 = 0$. A estatística Wald, ou seja, a estatística t em γ_1 , é o mais fácil de obter.

3.2.3 Efeitos não observados em modelos Probit / Logit

Um modelo usual para resultados binários com dados em painel é o modelo probit / logit de efeitos não observados. A principal premissa deste modelo é:

$$P(y_{it} = 1 | x_i, c_i) = P(y_{it} = 1 | x_{it}, c_i) = F(x_{it}\beta + c_i), t = 1, \dots, T \quad (5)$$

O c_i corresponde ao efeito não observado e x_i contém x_{it} para todo t . A primeira igualdade afirma que x_{it} é estritamente exógeno condicional em c_i (uma vez que c_i é condicionado, apenas x_{it} aparece na probabilidade de resposta no tempo t). Isto exclui variáveis dependentes defasadas em x_{it} , bem como certos tipos de variáveis explicativas cujos movimentos futuros dependem de resultados atuais e passados em y . (A exogeneidade estrita requer defasamentos suficientes de variáveis explicativas.) A segunda igualdade é a suposição probit padrão, com a soma de c_i dentro de $F(\cdot)$, onde o mesmo representa os efeitos fixos por país.

Neste estudo foi adicionado no sentido em que é admitida a existência de heterogeneidade entre países. No caso de existência de homogeneidade entre diferentes países, não seria necessário fixar os efeitos de variabilidade de cada país porque seriam homogêneos. Neste caso, não sendo homogêneos entre si, uma vez que na europa os países diferem entre si, por exemplo a nível de dimensão territorial, torna-se necessário afixar os efeitos fixos a nível de cada país.

3.3 Enquadramento

Adaptamos esta formalização matemática ao nosso problema, apresentando o modelo estimado da seguinte forma:

$$Y_{i,t}^* = \beta_1 + \beta_2 X_{2i,t} + \beta_3 X_{3i,t} + \dots + \beta_{17} X_{17i,t} + u_i$$

$$Y_{i,t}^* = \begin{cases} 1, & \text{Cumprir a meta (>25\%)} \\ 0, & \text{Caso contrário} \end{cases}$$

Considerando a variável dependente e as variáveis independentes descritas da seguinte forma na tabela 3:

Tabela 3: Representação das variáveis

Variável dependente	Variáveis Independentes		
DV: $Y_i = 1$, se cumprir com a meta ($\geq 25\%$) ; $Y_i = 0$, caso contrário	Waste_amount: $x_{1i,t}$	Tax: $x_{7i,t}$	ECI: $x_{13i,t}$
	Waste_prod: $x_{2i,t}$	Inv: $x_{8i,t}$	Tpop: $x_{14i,t}$
	Waste_exp: $x_{3i,t}$	GVA: $x_{9i,t}$	Educ: $x_{15i,t}$
	Waste_imp: $x_{4i,t}$	EMP: $x_{10i,t}$	Fpop: $x_{16i,t}$
	CMU: $x_{5i,t}$	Cons: $x_{11i,t}$	Mpop: $x_{17i,t}$
	Recy: $x_{6i,t}$	GDPpc: $x_{12i,t}$	

Fonte: Autor

Capítulo 4 – Análise

4.1 Estatísticas descritivas e matriz de correlação

Para analisar os dados da amostra, na tabela 4 são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas.

Tabela 4: Estatística descritiva

Variáveis	Observações	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
DV	297	0.737	0.441	0	1
Waste_amount	297	243144	619970.3	0	4388081
Waste_prod	297	22.623	14.076	0	60.01
Waste_exp	297	1.20×10^8	2.55×10^8	0	1.51×10^9
Waste_imp	297	7.65×10^7	1.21×10^8	0	6.23×10^8
CMU	297	7.707744	6.486	0	30
Recy	297	32.345	19.194	0	81.7
Tax	297	339.194	766.979	0	3446
Inv	297	1373.556	2719.103	0	13124.9
GVA	297	1.034	1.317	0	5.92

EMP	297	95329.92	159676.9	0	680199
Cons	297	33.031	49.067	0	223
GDPpc	297	25498.99	16797.44	5050	85030
ECI	297	0.6470374	0.6481529	-0.210378	2.098
Tpop	297	1.64×10^7	2.16×10^7	414027	8.32×10^7
Educ	297	15.97853	16.09663	0	69.07166
Fpop	297	6895526	1.06×10^7	0	4.21×10^7
Mpop	297	6568021	1.01×10^7	0	4.10×10^7

Fonte: Autor

Após análise da tabela 4 verificamos que a média da produção de resíduos de plástico (Waste_prod) é cerca de 23 kg por habitante anualmente, atingindo o máximo de 60kg de resíduos de plástico por habitante. Sendo a quantidade total de resíduos de plástico dentro do país (Waste_amount) o somatório de todos os resíduos existentes no país, observa-se que em média, a variável atinge valores 243.144kg por ano atingindo um máximo de 4.388.081kg por ano. Relativamente à variável plástico exportado (Waste_exp) e à variável plástico importado (Waste_imp), ambas refletem o fluxo de plástico entre os países da UE-27. De acordo com os dados da tabela 4, verifica-se valores máximos de 1.510.000 toneladas (T) e 623.000T respetivamente, obtendo médias dentro da UE-27 de 255.000T de plástico exportado e de 121.000T de plástico importando.

A análise destes valores evidencia a necessidade da existência de metas regulatórias para combater o elevado número de resíduos de plástico que se tem vindo a observar ao longo dos últimos anos, realçando a motivação e a importância deste tipo de investigação.

É fundamental analisar as correlações entre as variáveis utilizadas nos modelos, de modo a conseguir uma evidência da relação estatística entre as mesmas.

Tabela 5: Matriz de Correlação

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(1) DV	1.0000								
(2) Waste_Prod	0.6501	1.0000							
(3) Waste_amount	0.1891	0.2472	1.0000						
(4) CMU	0.2106	0.3603	0.3056	1.000					
(5) ECI	0.3596	0.4117	0.1630	0.2430	1.0000				
(6) Educ	0.3342	0.3094	0.1044	0.1178	0.3694	1.0000			
(7) GDPpc	0.0347	0.3230	0.0371	0.3504	0.0608	-0.0361	1.0000		
(8) GVA	0.3658	0.4190	0.0929	0.2275	0.1549	0.1836	0.1266	1.000	
(9) Waste_imp	0.3058	0.3452	0.3393	0.5018	0.4256	0.3218	0.1782	0.1964	1.000

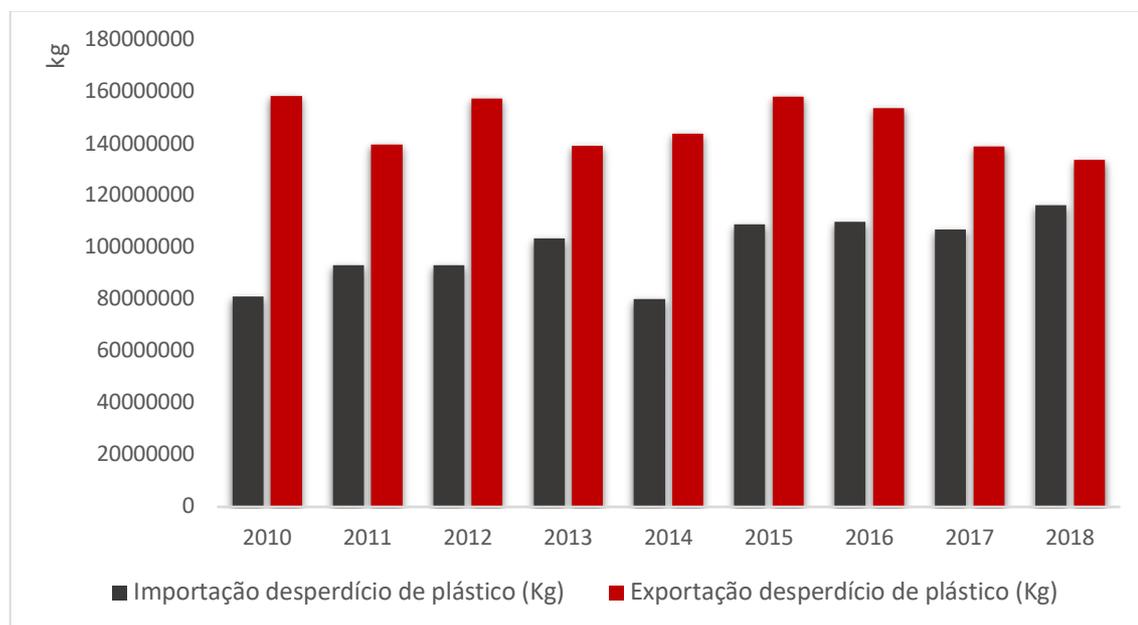
Fonte: Autor

A tabela 5 representa a matriz de correlação após a eliminação da alta colinearidade dentro do x_i (Recy, Cons, Inv, Emp, Waste_Exp, Tpop, Tax). Através da matriz de correlações foi possível detetar variáveis independentes que tem elevada colinearidade entre si, o que iria originar problemas de endogeneidade.

4.2 Análise gráfica

A visualização gráfica das estatísticas descritivas, neste caso a análise da média de algumas das variáveis ao longo do tempo permite obter uma noção sobre a evolução do fluxo de resíduos de plástico dentro da UE.

Gráfico 1: Evolução da média de plástico importado e exportado entre os países da EU (Kg)



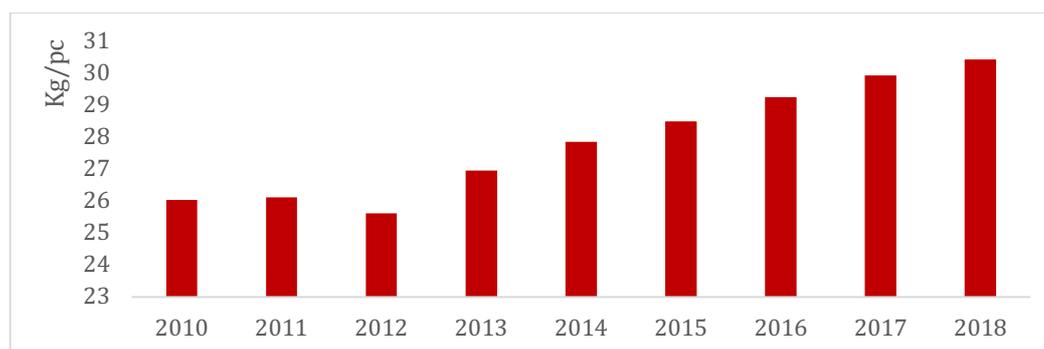
Fonte: Autor

As variáveis importação e exportação de resíduos de plástico refletem o fluxo de plástico entre os países da UE-27. De acordo com os dados obtidos e através da análise do gráfico 1,

é no ano 2018 que a média de importação de plástico atinge o seu máximo, enquanto a partir de 2015 a média da exportação de plástico entre os países tem vindo a diminuir. Segundo Fan et al. (2022) e Wen et al. (2021) os países em desenvolvimento tem vindo a proibir e a diminuir a importação de plástico, tornando mais difícil exportar resíduos plásticos. Assim os países desenvolvidos serão obrigados a encontrar soluções que permitam a redução do consumo de plásticos e ao mesmo tempo melhorar a sua tecnologia de reciclagem.

No gráfico 2 é apresentada a evolução da média da produção de resíduos de plástico por pessoa na EU. Verifica-se que a variável produção de resíduos de plástico (Waste_prod) tem vindo a aumentar desde 2012, atingindo máximos no ano de 2018.

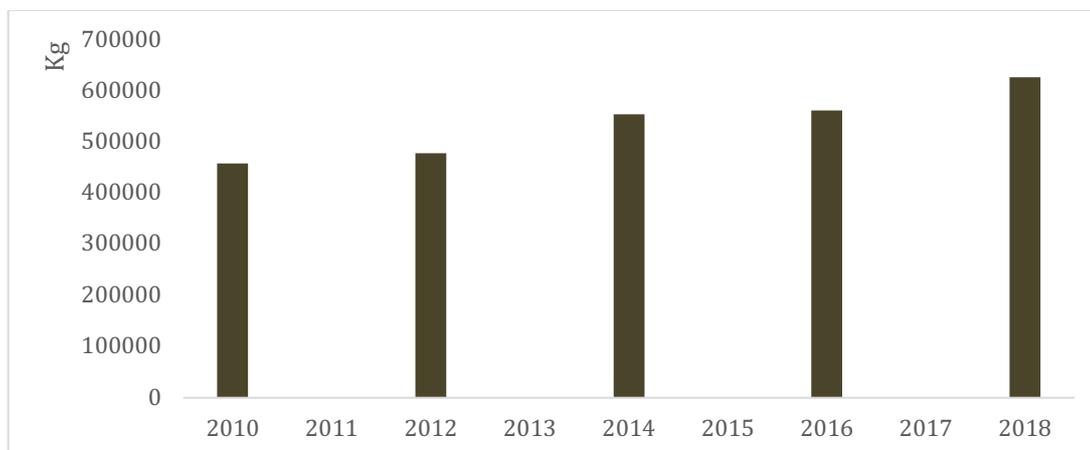
Gráfico 2: Evolução da média da produção resíduo de plástico (Kg/pc)



Fonte: Autor

Relativamente ao gráfico 3, onde é apresentado a quantidade total de resíduos de plástico dentro do país (Waste_amount), sendo este o somatório de todos os resíduos existentes, é também no ano 2018 que a média da UE atinge o maior valor.

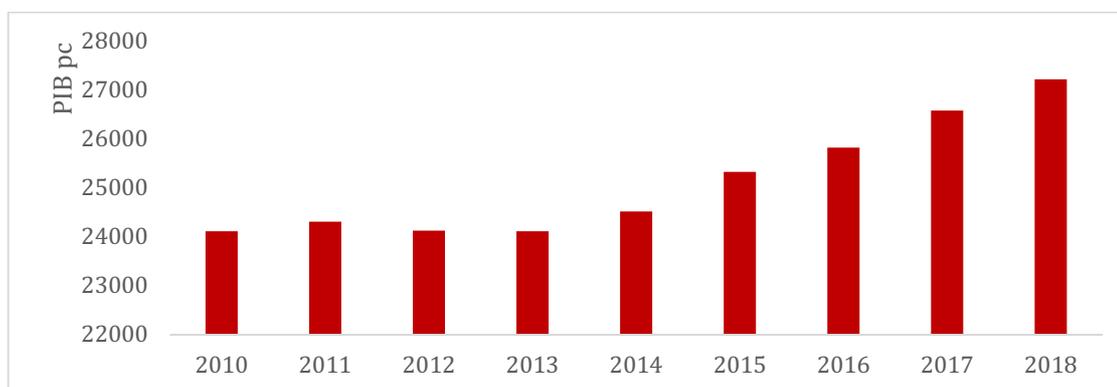
Gráfico 3: Evolução da média do total de resíduos de plástico no país (Kg)



Fonte: Autor

O crescimento observado destas variáveis, no gráfico 2 e 3 apontam uma vez mais para a necessidade de uma colaboração comunitária e uma consciencialização geral sobre a importância de agir e implementar ações que visam o combate ao desperdício de plástico.

Gráfico 3: Evolução da média do PIB per capita da UE27 (€)

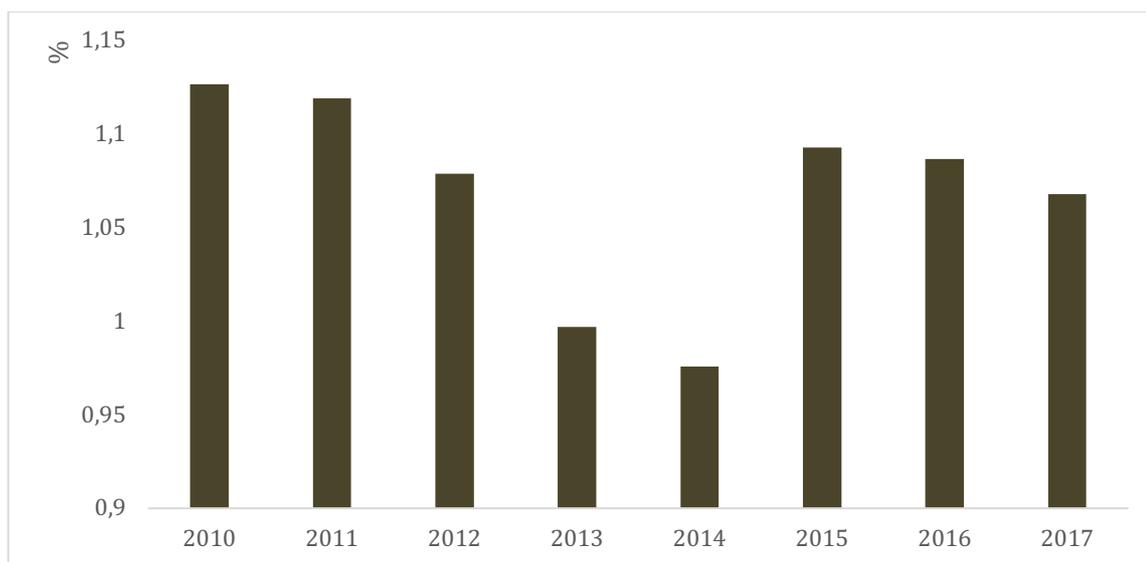


Fonte: Autor

No gráfico 4 observa-se uma grande evolução da média do PIBpc no período em estudo, o que poderá levar ao aumento de resíduos plásticos até um certo nível (Fan et al. 2022), uma vez que um aumento no PIB também pode simbolizar aumento da capacidade de

investimento em tratamentos de resíduos (Cordier et al. 2021), o que por sua vez pode simbolizar a redução dos mesmos.

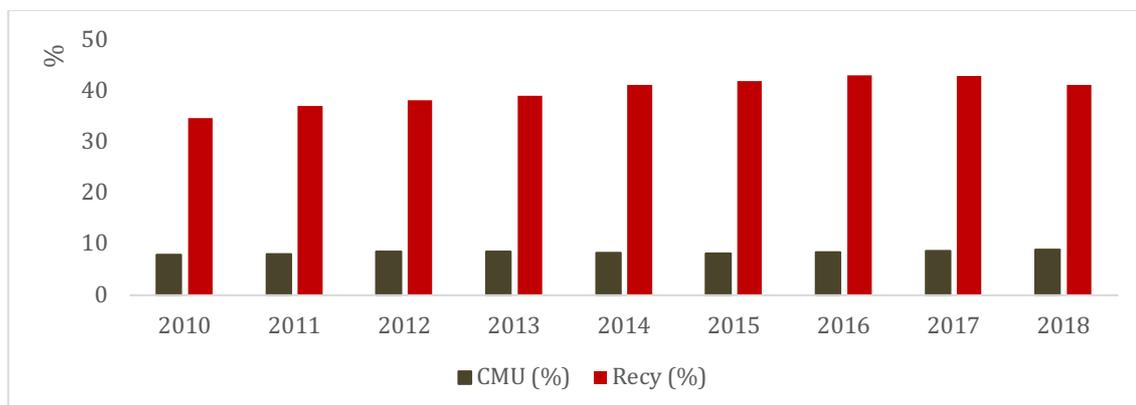
Gráfico 4: Evolução da média do índice de complexidade económica (%)



Fonte: Autor

Relativamente à informação do gráfico 5, o índice de complexidade económica pode corresponder ao aumento da geração de resíduos plásticos, na medida em que, de acordo com a literatura o plástico desempenha um papel fundamental no desenvolvimento económico do país (Fan et al. 2022).

Gráfico 5: Evolução da média de uso de material circular e da taxa de reciclagem



Fonte: Autor

No gráfico 6, observa-se uma evolução crescente da taxa de uso e material circular (CMU) atingindo o seu máximo em 2018, o que demonstra a importância que cada vez mais as pessoas têm vindo a dar a esta problemática, direcionando o seu comportamento para a reutilização de material. Tal sugere que a economia circular poderá alavancar a eficácia e eficiência das políticas contra a poluição plástica existentes, no sentido de transformar o desperdício de plástico em materiais secundários acabando por reduzir a quantidade de resíduos (Fadeeva & Van Berkel, 2021).

Relativamente à taxa de reciclagem a sua média atinge o maior valor no ano de 2016 e desde então tem vindo a diminuir. Tal acontecimento pode ser justificado pela implementação de alternativas ao combate à poluição, como por exemplo a importância da economia circular e da inovação de materiais biodegradáveis (Karayilan et al. 2021).

4.3 Resultados empíricos

Foram realizados 3 modelos de variável dependente binária. Estimou-se inicialmente o Modelo linear de probabilidade, que consistiu em correr uma regressão pelo método dos mínimos quadrados ordinários, com objetivo de a nossa variável dependente tomar valores de 0 e 1 para obter um \hat{y} estimativa. No entanto, como a mesma diz respeito a uma

probabilidade, o valor que irá tomar não irá cumprir com a obrigatoriedade de verificação de $0 \leq \hat{Y} \leq 1$, apresentando valores negativos ou superiores a 1 (sendo esta uma desvantagem deste modelo).

Os modelos Logit / Probit são modelos que tem funções de distribuição normal e logística, que para além de satisfazerem determinadas propriedades assintóticas, nomeadamente a propriedade da consistência, ainda garantem que as probabilidades da variável dependente ocupem necessariamente valores entre 0 e 1. Na tabela 6 são apresentados os resultados obtidos da estimação de três modelos diferentes, o modelo 1, 2 e 3. O modelo 1 e 2 corresponde à regressão logística multinomial de efeitos aleatórios, no entanto estes diferem pelo facto de o modelo 2 ser corrigido. O modelo 3 corresponde à regressão logística multinomial de efeitos fixos. De notar que em nos modelos 1 e 2, foi adicionado os efeitos fixos a nível de cada país.

Tabela 6: Resultados dos Modelos

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Waste_Prod	0.472*** (0.132)	0.440*** (0.105)	1.377*** (0.099)
Waste_amount	0.000 (0.000)	0.000* (0.000)	
CMU	0.550*** (0.178)	0.572*** (0.216)	1.589*** (0.277)
ECI	-1.867 (1.187)	-1.601** (0.803)	0.168** (0.111)

Educ	-0.043 (0.033)		
GDPpc	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	0.999*** (0.0001)
GVA	0.780** (0.406)	0.744* (0.395)	1.877** (0.604)
Waste_imp	0.000 (0.000)		
Efeitos Fixos a nível de país			
Wald chi2	42.06	50.11	62.89
Log pseudolikelihood	-35.368201	-36.336985	-25.485964
N° obs.	297	297	297

Fonte: Autor

Notas: Erros padrão entre parênteses. Nível de significância ***, **, * a 1%, 5% e 10%, respetivamente. A variável dependente é uma variável dummy igual a 1 quando o país cumpre com a meta e igual a 0 caso contrário. A heterocedasticidade foi corrigida utilizando o procedimento de White com recurso ao comando vce (robust).

Antes da interpretação resultados, são apresentados os testes estimados para o ajustamento e a robustez do modelo. O teste de Wald é um teste de significância conjunta para inferir se as variáveis independentes têm poder explicativo sem a variável dependente, pelo que tem como hipótese nula os coeficientes das variáveis tomarem valor 0. Se $H_0=0$ (Prob>chi2 for > 0.1), então não rejeitamos a hipótese nula o que sugere que a remoção dessas variáveis não

irá afetar o ajuste do modelo uma vez que um preditor com um coeficiente muito pequeno em relação ao seu erro padrão não contribui para a previsão da variável dependente. No caso de $H_0 \neq 0$ ($(\text{Prob} > \chi^2) < 0.1$), rejeita-se a hipótese nula pelo que essas variáveis devem ser incluídas no modelo de modo a ocorrer uma melhoria estatisticamente significativa no ajuste do modelo.

Tabela 7: Resultados teste Wald

Comparação entre variáveis	Qui-Quadrado/p-value
Waste_amount - ECI	8.99 (0.0112)
Waste_amount - Educ	2.91 (0.2332)
Waste_amount - Imp	2.82 (0.2437)
ECI - Educ	3.05 (0.2179)
ECI - Waste_Imp	2.57 (0.2765)
Educ - Waste_Imp	1.70 (0.4265)

Fonte: Autor

De acordo com a tabela 7, quando as variáveis são comparadas entre si, os resultados para o teste de combinação de Wald demonstram que no caso do índice de complexidade económica e o desperdício de plástico total, o valor p-value associado a um qui-quadrado de 8.99 é inferior a 0.1 ($(\text{Prob} > \chi^2) < 0.1$), pelo qual se rejeita a hipótese nula, o que indica que a sua inclusão no modelo é relevante, enquanto no caso das variáveis educação e plástico importado deverão ser excluídos.

Relativamente à interpretação dos resultados da tabela 6, no que diz respeito à produção de lixo (Waste_prod), quando este aumenta, maior é a probabilidade de a variável dependente tomar valor 1 comparativamente a tomar valor 0. Como o valor corresponde a cumprir com a meta, então significa que o aumento da produção de lixo faz aumentar a probabilidade de a meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plástico até 2025 ser cumprida. O mesmo se verifica no caso da variável quantidade total de resíduos de plástico dentro do país (Waste_amount), uso de material circular (CMU) e valor acrescentado bruto dos serviços e bens do setor ambiental (GVA). Segundo os nossos resultados, quando os valores destas quatro variáveis aumentam, a probabilidade de a meta ser cumprida é maior.

Relativamente às variáveis de índice de complexidade económica (ECI) e PIB per capita (GDPpc), quando estes aumentam, menor é a probabilidade de a variável dependente tomar valor 1 comparativamente a tomar valor 0. Neste sentido, podemos afirmar que segundo os nossos resultados, um aumento no índice de complexidade económica e no PIB per capita, diminuirá a probabilidade de a meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos até 2025 ser cumprida. Como nos modelos Logit/Probit, a estimativa do coeficiente β_j indica-nos apenas o sentido positivo/negativo da influência de x_j sobre a probabilidade de $Y=1$, é necessário calcular as estimativas dos efeitos marginais para obter a magnitude dessa influência.

Tabela 8: Efeitos marginais médios

	Waste_prod	Waste_amount	CMU	ECI	GDPpc	GVA
	-0.016***	0.000***	-0.021***	0.059**	0.000***	-0.027**
	(0.002)	(0.000)	(0.004)	(0.027)	(0.000)	(0.009)
DV						
	0.016***	0.000***	0.021***	-0.059**	0.000***	0.027**
	(0.002)	(0.000)	(0.004)	(0.027)	(0.000)	(0.009)

Fonte: Autor

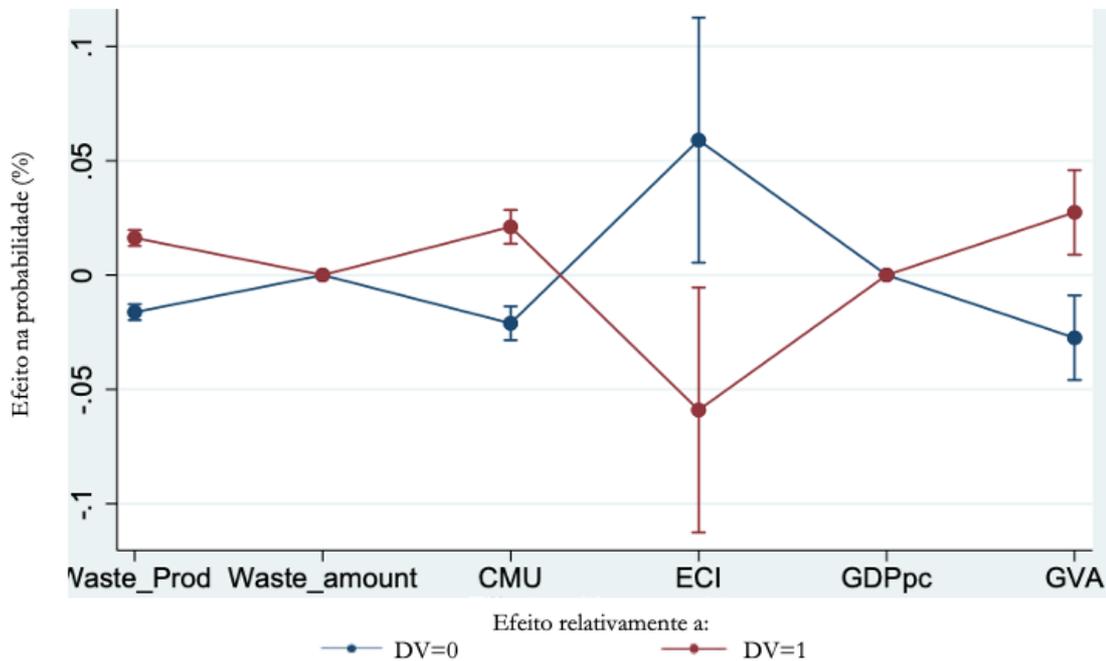
Notas: Erros padrão entre parênteses. Nível de significância ***, **, * a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

O valor da probabilidade de influenciar a variável dependente tomar valor 1 relativamente a tomar valor 0, varia pelo valor do efeito marginal.

Quando a variável contínua aumenta 1 unidade, a variável dependente varia o valor marginal em %, ou seja, face a uma variação positiva da produção de lixo por pessoa em 1 kg, a probabilidade de cumprir com a meta dos 25% aumenta 1.6%, ceteris paribus. Tal significa que o aumento da produção de lixo, aumenta a probabilidade de a meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos até 2025 ser cumprida em 0.016%. O mesmo se verifica na variável CMU e com a variável GVA. Face à variação positiva 1% em ambas as variáveis, a probabilidade de a meta ser cumprida aumenta em 0.021% e 0.027% respetivamente, ceteris paribus.

Em relação à variável ECI quando este aumenta 1%, a probabilidade de a variável dependente tomar valor 1 comparativamente a tomar valor 0 diminui 0.059%, ceteris paribus. O que significa que o índice de complexidade económica diminui a probabilidade de a meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos até 2025 ser cumprida em 0.059%.

Gráfico 6: Efeitos marginais médios



Fonte: Autor

De acordo com a tabela 8 e a sua representação no gráfico 7, verifica-se que o efeito das variáveis waste_amount e GDPpc na alteração da probabilidade de cumprir com as metas é aproximadamente nulo. Verifica-se também que a variável com maior influência na probabilidade de cumprir com a meta é o ECI, no entanto a mesma também apresenta o maior desvio padrão.

4.4. Discussão dos resultados

Na tabela 9 resume-se os resultados da nossa estimação com os efeitos das variáveis independentes sobre a nossa variável dependente, onde concluímos com base nos resultados, o impacto destas na probabilidade de cumprir com a meta em análise.

Tabela 9: Efeito na probabilidade de cumprir com a meta

Efeito positivo na probabilidade de cumprir com a meta	Efeito negativo na probabilidade de cumprir com a meta
Waste_prod ↑	ECI ↓
CMU ↑	
GVA ↑	
↑ Efeito Positivo ↓ Efeito Negativo	

Fonte: Autor

A variável CMU e GVA, têm efeito positivo no objetivo de cumprir com a meta, no sentido em que ambas as variáveis dizem respeito à preocupação ambiental e por sua vez à redução da poluição de plásticos (Fan et al. 2022). Os resultados observados do efeito de ambas vão de encontro com a literatura apresentada, no sentido em que cada vez mais é importante não só a redução da produção de material de plástico, mas também o tratamento do material no seu fim de vida (Lau et al., 2020; Li et al., 2021; Nielsen et al., 2020). A mesma interpretação é válida para as variáveis, produção de resíduos de plástico (Waste_prod) na medida em que apesar de esta variável corresponder à quantidade de resíduos de plástico, os nossos resultados revelam que o aumento da mesma tem efeito positivo no objetivo de cumprir com a meta. Os resultados sugerem que para além de ser importante a diminuição da produção de plásticos, a solução para cumprir com a meta está na melhoria da qualidade de gestão dos resíduos.

Apesar de o índice de complexidade económica (ECI) ser um variável relativa ao desenvolvimento económico do país (Fan et al. 2022) o resultado obtido indica que esta afeta negativamente a probabilidade de a meta ser cumprida. Este resultado sugere que apesar de

os países terem maior capacidade de produção de riqueza, se a ambição do combate à poluição não evoluir da mesma forma, como por exemplo através das reformas de políticas ambientais, as metas propostas ao combate da poluição, dificilmente serão cumpridas. Tal resultado remete para a importância da implementação de medidas para aperfeiçoar a gestão dos resíduos, aumentar a capacidade de reciclagem e tornar a gestão de resíduos cada vez mais eficiente (Sharma et al. 2021; Shen et al. 2020).

Existe, portanto, a necessidade de uma colaboração comunitária e uma consciencialização geral sobre a importância de agir e implementar ações que visam o combate ao desperdício de plástico. Avaliar os impactos socioeconómicos da poluição por plásticos e quantificar tanto os custos referentes à inação como à prevenção e gestão de resíduos de plástico é fundamental em todos os setores. Apresenta-se em seguida algumas recomendações por setor obtidas no relatório “X-Ray dos Plásticos” (ANP & WWF, 2019).

Relativamente à comunidade científica, desenvolver parcerias e projetos multidisciplinares (nacionais e internacionais) e melhorar estratégias de comunicação entre a comunidade científica e agentes, é sem dúvida fundamental para colmatar as complexidades da área da investigação. Com o desenvolvimento de sistemas de inclusão disciplinada de dados e melhoria na comunicação entre entidades regionais, nacionais e internacionais, a obtenção de respostas aos problemas tornar-se-á mais eficiente. Assim para além de obter respostas sobre as melhores formas de atuação, a partilha de informação e colaboração entre entidades contribui para um desenvolvimento eficiente de várias soluções, desde novas reformas políticas a novas técnicas de gestão de resíduos.

A grande indústria da produção de plásticos, tem um papel essencial na decisão de como é fabricado este material. Em colaboração com as entidades científicas, as empresas devem investir na pesquisa e investigação para o desenvolvimento de produtos alternativos aos plásticos. Recomenda-se a alternativa dos plásticos biodegradáveis e a produção de plásticos capazes de serem geridos no seu fim de vida de maneira mais eficiente. Para além disso, também será fundamental o investimento em novas infraestruturas para obter uma produção de materiais alternativos com o objetivo de reduzir os resíduos e diminuir as perdas de materiais de plástico durante o seu processamento e transporte. É essencial haver uma igual preocupação tanto a montante (redução da produção de plásticos) como a jusante (aumento

da reciclagem) do ciclo de vida dos plásticos (Lau et al., 2020; Li et al., 2021; Nielsen et al., 2020) para colmatar a presença excessiva de plásticos no meio ambiente.

A gestão dos resíduos pode ser melhorada com o aumento de pontos públicos de entrega e com a melhoria dos sistemas de recolha de resíduos seguindo as normas de higiene, qualidade e separação dos itens por setor e tipo de material. Assim, implementar novos sistemas de recolha torna-se fundamental para impedir a perda de resíduos e melhorar a gestão dos mesmos.

Ao nível do setor de retalho, recomenda-se o melhoramento dos rótulos dos produtos de plástico descartável e a diminuição da oferta e venda de plásticos descartáveis como por exemplo a não oferta do saco de plástico e o incentivo à reutilização dos mesmos. Neste setor tem-se vindo a observar algumas ações de sensibilização aos consumidores com a divulgação de campanhas para a redução do desperdício de plástico no meio ambiente. Sendo os consumidores um dos agentes com maior capacidade de controlar o desperdício de plástico (Kautish et al., 2021), cabe aos mesmos ter um papel de cidadão ativo e responsável nas suas escolhas enquanto consumidor e diminuir o consumo de produtos de plástico descartável optando sempre que possível, alternativas sustentáveis. Neste setor também pode ser aplicada a abordagem da responsabilidade alargada ao produtor. Esta abordagem implica que os produtores sejam responsáveis pela gestão dos materiais de plástico por eles produzidos, quando estes se transformam em resíduos. Desta forma pretende-se melhorar as taxas de reciclagem e reduzir os custos de gestão de resíduos aos municípios, sendo transferido parte destes custos para os produtores e consumidores (TCE, 2020).

O setor político e regulamentação tem uma tarefa importante, sendo um agente relevante no combate à problemática da poluição plástica (Vimal et al., 2020). Com a capacidade de intervir em todos os momentos do ciclo de vida dos plásticos, este setor deve incentivar o desenvolvimento de plataformas e canais de informação de forma a sensibilizar os cidadãos, apoiar com incentivos à reciclagem e reforçar a legislação para a gestão de resíduos e políticas públicas nacionais estabelecendo indicadores que avaliem e acompanhem o cumprimento das medidas propostas e metas estabelecidas.

Com a consciencialização geral da população sobre os impactos do desperdício de plástico no meio ambiente e todas as consequências daí originadas, os países que produzem grandes quantidades de resíduos de plástico, terão o incentivo extra de cumprir com as metas

impostas uma vez que os cidadãos têm presente a gravidade da inação sobre o tratamento dos resíduos. Verifica-se a partir dos resultados obtidos neste estudo, que o impacto da variável produção de resíduos de plástico (Waste_prod), apontam para um efeito positivo no objetivo de cumprir com a meta. O mesmo efeito sugere a aplicação de medidas propostas ao nível da comunidade científica, do setor do retalho e do setor público com a melhoria da partilha de comunicação e campanhas de sensibilização.

Uma vez que existe a necessidade de investimento na área do combate ao desperdício de plástico em todos os setores como na comunidade científica, no setor industrial e retalho, na gestão de resíduos e política, o incentivo de criar valor acrescentado bruto dos serviços e bens do setor ambiental (GVA) será superior, pelo que, de acordo com os nossos resultados, esse efeito positivo no GVA terá um papel fundamental para que as metas sejam cumpridas. Da mesma forma, uma das soluções mais importantes na gestão dos resíduos é a reutilização de matérias de plástico, pelo que o uso de material circular (CMU) é um fator importante para que o combate ao desperdício de plástico seja possível e que as metas impostas sejam cumpridas.

Capítulo 5 - Conclusão

A poluição plástica é das mais preocupante aos dias de hoje e o seu impacto ambiental é imensamente devastador. O estudo realizado na presente dissertação discute a literatura existente sobre os impactos originados pela poluição plástica e as metas para a redução da mesma com o objetivo da obtenção de resposta para a mitigação da poluição plástica por via de redução de desperdício de plástico, analisando o impacto de algumas variáveis socioeconómicas dos países da EU-27 na influência sobre a probabilidade de se cumprir com a meta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos até 2025.

Após apresentação do tema e da metodologia utilizada, procedeu-se ao desenvolvimento do modelo onde se concluiu, após análise dos resultados obtidos, que as variáveis produção de resíduos de plástico, uso de material circular e valor acrescentado bruto dos serviços e bens do setor ambiental, detêm uma influência positiva correspondente ao cumprimento da meta proposta. Enquanto o índice de complexidade económica afeta negativamente a probabilidade de a meta ser cumprida. Assim políticas de consciencialização dos consumidores, direcionada para a reutilização do material de plástico, incentivando o uso de material circular, poderá ser relevante para facilitar o cumprimento da meta no sentido em que a solução para a redução do desperdício de plástico assenta na transformação do resíduo em material secundário, o que permite não só a redução de desperdícios de plástico como facilitará a gestão dos mesmos.

Após se verificar que as variáveis *Waste_prod*, *CMU* e *GVA* contribuem positivamente para cumprir com a meta imposta de 25% de conteúdo reciclado em garrafas de plásticos até 2025 ser cumprida. Conclui-se que a consciencialização e sensibilização geral da população sobre os impactos do desperdício de plástico no meio ambiente e todas as consequências daí originadas, o uso de material circular como apoio à gestão dos resíduos de plástico aumentando a reutilização e o investimento no setor para aumento do valor acrescentado bruto dos serviços e bens do setor ambiental, são fundamentais para que a meta imposta seja cumprida.

Como principal limitação deste estudo destaca-se a dificuldade da obtenção de dados e classificação dos resíduos de plástico. Seria fundamental num próximo trabalho analisar não só o impacto dos resíduos de plástico, mas também todos os resíduos existentes, elaborando

uma segmentação de dados com diferentes tipos de materiais poluentes. Como sugestão, seria relevante entender melhor como o conceito de economia circular poderá ajudar esta problemática e qual o impacto das alternativas do plástico na poluição ambiental, nomeadamente a utilização do papel como matéria alternativa ao plástico.

Referências

- ANP, & WWF. (2019). *X-RAY DOS PLÁSTICOS: Repensar o Plástico em Portugal*. Retrieved from https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/xray_dos_plasticos_repensar_o_plastico_em_portugal.pdf
- Beaumont, N. J., Aanesen, M., Austen, M. C., Börger, T., Clark, J. R., Cole, M., ... Wyles, K. J. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 142(January), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022>
- Clode, J., Sepúlveda, P., Almeida, S., & Monteiro, J. (2020). Will COVID-19 Containment and Treatment Measures Drive Shifts in Marine Litter Pollution? *Frontiers in Marine Science*, 7(August), 2018–2021. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00691>
- Cordier, M., Uehara, T., Baztan, J., Jorgensen, B., & Yan, H. (2021). Plastic pollution and economic growth: The influence of corruption and lack of education. *Ecological Economics*, 182, 106930. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106930>
- Cox, Garth A. Covernton, Hailey L. Davies, John F. Dower, F. J. and S. E. D. (2019). Human Consumption of Microplastics.pdf. *Environmental Science & Technology*, 53, 7068–7074.
- de Sá, L. C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T. L., & Futter, M. N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Science of the Total Environment*, 645, 1029–1039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>
- EUROSTAT. (2021). No Title. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
- Fadeeva, Z., & Van Berkel, R. (2021). ‘Unlocking circular economy for prevention of marine plastic pollution: An exploration of G20 policy and initiatives.’ *Journal of Environmental Management*, 277(June 2020), 111457. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111457>

- Fan, Y. Van, Jiang, P., Tan, R. R., Aviso, K. B., You, F., Zhao, X., ... Klemeš, J. J. (2022). Forecasting plastic waste generation and interventions for environmental hazard mitigation. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127330. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127330>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 3–8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Hartmann, N. B., Hüffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., ... Wagner, M. (2019). Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environmental Science and Technology*, 53(3), 1039–1047. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>
- Horton, A. A. (2022). Plastic pollution: When do we know enough? *Journal of Hazardous Materials*, 422(June 2021), 126885. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126885>
- Karayilan, S., Yilmaz, Ö., Uysal, Ç., & Naneci, S. (2021). Prospective evaluation of circular economy practices within plastic packaging value chain through optimization of life cycle impacts and circularity. *Resources, Conservation and Recycling*, 173(June). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105691>
- Kautish, Rajesh Sharma, Sachin Kumar Mangla, Fauzia Jabeen, U. A. (2021). Understanding choice behavior towards plastic consumption: An emerging market investigation. *Resources, Conservation & Recycling*, 174, 105828.
- Kershaw, P. J., E. (2015). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics_full_study.pdf
- Klemeš, J. J., Fan, Y. Van, & Jiang, P. (2021). Plastics: friends or foes? The circularity and plastic waste footprint. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 43(13), 1549–1565. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1801906>
- Klemeš, J. J., Fan, Y. Van, Tan, R. R., & Jiang, P. (2020). Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127(April). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109883>

- Larrain, M., Van Passel, S., Thomassen, G., Van Gorp, B., Nhu, T. T., Huysveld, S., ... Billen, P. (2021). Techno-economic assessment of mechanical recycling of challenging post-consumer plastic packaging waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 170(April), 105607. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105607>
- Lau, W. W. Y., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., ... Palardy, J. E. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, 369(6509), 1455–1461. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABA9475>
- Li, L., Zuo, J., Duan, X., Wang, S., Hu, K., & Chang, R. (2021). Impacts and mitigation measures of plastic waste: A critical review. *Environmental Impact Assessment Review*, 90(July), 106642. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106642>
- Liwarska-Bizukojc, E. (2021). Effect of (bio)plastics on soil environment: A review. *Science of the Total Environment*, 795, 148889. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148889>
- Ma, X., Park, C., & Moultrie, J. (2020). Factors for eliminating plastic in packaging: The European FMCG experts' view. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120492. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120492>
- Nielsen, T. D., Hasselbalch, J., Holmberg, K., & Strippel, J. (2020). Politics and the plastic crisis: A review throughout the plastic life cycle. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 9(1), 1–18. <https://doi.org/10.1002/wene.360>
- OEC. (2021). The Observatory of Economic Complexity. Retrieved from <https://oec.world>
- Petersen, F., & Hubbart, J. A. (2021). The occurrence and transport of microplastics: The state of the science. *Science of the Total Environment*, 758, 143936. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143936>
- PlasticEurope-Association of Plastics Manufactures. (2020). Plastics – the Facts 2020. *PlasticEurope*, 1–64. Retrieved from https://www.plasticseurope.org/application/files/3416/2270/7211/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf⁰<https://www.plasticseurope.org/en/resources/pub>

lications/4312-plastics-facts-2020

Qin, M., Chen, C., Song, B., Shen, M., Cao, W., Yang, H., ... Gong, J. (2021). A review of biodegradable plastics to biodegradable microplastics: Another ecological threat to soil environments? *Journal of Cleaner Production*, 312(June), 127816.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127816>

Sharma, B., Shekhar, S., Sharma, S., & Jain, P. (2021). The paradigm in conversion of plastic waste into value added materials. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100254.
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100254>

Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G., & Zhang, Y. (2020). (Micro)plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change. *Journal of Cleaner Production*, 254.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120138>

Siltaloppi, J., & Jähi, M. (2021). Toward a sustainable plastics value chain: Core conundrums and emerging solution mechanisms for a systemic transition. *Journal of Cleaner Production*, 315(June). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128113>

Stafford, R., & Jones, P. J. S. (2019). Viewpoint – Ocean plastic pollution: A convenient but distracting truth? *Marine Policy*, 103(0), 187–191.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.003>

Stoica, M., Marian Antohi, V., Laura Zlati, M., & Stoica, D. (2020). The financial impact of replacing plastic packaging by biodegradable biopolymers - A smart solution for the food industry. *Journal of Cleaner Production*, 277, 124013.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124013>

TCE. (2020). *Intervenção da UE para dar resposta ao problema dos resíduos de plástico*. UE.
Retrieved from
https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/RW20_04/RW_Plastic_waste_PT.pdf

Trivedi, P., & Cameron, A. (2005). *Microeconometrics methods and applications*. Retrieved from
<https://ipcg.org/evaluation/apoio/Microeconometrics - Methods and>

Applications.pdf

- UNComtrade. (2021). International Trade Statistics Database. Retrieved from <https://comtrade.un.org>
- Vered, G., & Shenkar, N. (2021). Monitoring plastic pollution in the oceans. *Current Opinion in Toxicology*, 27, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2021.08.005>
- Vimal, K. E. K., Mathiyazhagan, K., Agarwal, V., Luthra, S., & Sivakumar, K. (2020). Analysis of barriers that impede the elimination of single-use plastic in developing economy context. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122629. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122629>
- Wen, Z., Xie, Y., Chen, M., & Dinga, C. D. (2021). China's plastic import ban increases prospects of environmental impact mitigation of plastic waste trade flow worldwide. *Nature Communications*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20741-9>
- Wong, S. L., Nyakuma, B. B., Wong, K. Y., Lee, C. T., Lee, T. H., & Lee, C. H. (2020). Microplastics and nanoplastics in global food webs: A bibliometric analysis (2009–2019). *Marine Pollution Bulletin*, 158(July), 111432. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111432>
- Wooldridge, J. M. (2002). Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. In *Books.googlecom* (Vol. 58). <https://doi.org/10.1515/humr.2003.021>
- Zhao, X., Cornish, K., & Vodovotz, Y. (2020). Narrowing the Gap for Bioplastic Use in Food Packaging: An Update. *Environmental Science & Technology*, Vol. 54, pp. 4712–4732. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03755>

Anexos

Anexo 1: Síntese de Contribuições

Referência	Método	Variável Dependente	Variáveis Explicativas	Principais conclusões
• (Cordier et al., 2021)	– Mínimos Quadrados (OLS)	– Resíduos de plástico (Kg/pc).	– PIB; Educação; Corrupção.	– A educação e o combate à corrupção reduzem o desperdício de plástico em 34% e 28%, respectivamente.
• (Fan et al., 2022)	– Artificial Neural Network (ANN); SHAP Análise e Clustering Análise.	– Resíduos de plástico gerados.	– PIB; Resíduos de plástico; Taxa de reciclagem; População; Energia; Taxa de material circular; Receita Tributária ambiental; Investimento em Proteção Ambiental; Emprego em economia circular; VAB; Plásticos importados e exportados.	– Serão produzidas 17 MT de resíduos de plástico por ano em 2030 e a meta da taxa de reciclagem de 55%, não será suficiente para reduzir os impactos ambientais.
• (Larrain et al., 2021)	– Avaliação Técnico-Económica (ATE)	– Reciclagem de embalagens plásticas.	– Composição e características do plástico; Características de rendimentos e fluxos de processos industriais; Dados de consumo de energia e Suposições económicas.	– É necessário existirem incentivos políticos que aumentem as taxas de reciclagem de plástico.
• (Stoica et al., 2020)	– Mínimos Quadrados (OLS)	– Desempenho da embalagem em polímero/biopolímero.	– Clareza; Resistência química; Barreira de gás; Barreira de umidade; Resistência ao impacto; Propriedades mecânicas; Flexibilidade; Resistência à raspagem; Migração e Biodegradabilidade.	– Os modelos captam as tendências atuais de desenvolvimento de embalagens de alimentos baseadas em biopolímeros.
• (Kautish et al., 2021)	– Modelo de ativação de norma (NAM)	– Comportamento de escolha do consumidor	– Medidas comportamentais significativas; Preocupação ambiental; Percepção da eficácia do consumidor e características demográficas.	– A preocupação com a natureza é um fator importante para o comportamento de escolha do consumidor em relação ao consumo de plástico.
• (Vimal et al., 2020)	– Laboratório de Avaliação e Tomada de Decisão	– Consumo de sacos de plástico	– Barreiras à formulação de políticas; Barreiras a iniciativas governamentais;	– Falta de infraestruturas para produtos biodegradáveis de uso único,

(DEMATEL)			Barreiras financeiras; Barreiras à tecnologia e infraestrutura; Barreiras ao produtor; Barreiras relacionadas ao consumidor	falta de apoio financeiro, falta de iniciativas para promover produtos biodegradáveis de uso único e o elevado custo das tecnologias, são as barreiras mais significativas no cenário indiano.
• (Ma et al., 2020)	– Factor Mapping Grid	– Consumo de embalagens de plástico.	– Comportamento de compra do consumidor; Colaboração externa; Funcionalidade de embalagem; Custo; Programas de sustentabilidade; Infraestrutura e Legislação	– As empresas necessitam apoios para mudar a sua forma de negócio e os consumidores mudarão o seu comportamento quando existirem soluções mais económicas.

Fonte: Autor

Anexo 2: Síntese de recomendações por setor

Recomendações para a comunidade científica

- Aumentar o conhecimento base sobre os níveis da poluição plástica no ambiente.
- Desenvolver sistemas de integração sistemática de dados e interligação entre entidades regionais, nacionais e internacionais.
- Desenvolver parcerias e projetos multidisciplinares (nacionais e internacionais) e melhorar estratégias de comunicação entre os vários atores e a comunidade científica.
- Avaliar os impactos socioeconómicos da poluição por plásticos e quantificar tanto os custos associados à inação como à prevenção e gestão de resíduos de plástico.

Recomendações para o setor industrial de produção de plásticos

- Pesquisa e inovação para o desenvolvimento de produtos de plástico que facilitem a sua gestão em fim de vida.
- Programas multidisciplinares para o desenvolvimento de materiais alternativos ao plástico.
- Ações de avaliação do ciclo de vida de materiais alternativos (plásticos biodegradáveis ou compostáveis).
- Investimento em infraestruturas que permitam à indústria a diminuição das perdas de materiais de plástico durante o seu processamento e transporte.

Recomendações para o setor da gestão resíduos

- Aumentar pontos públicos de entrega de resíduos.
- Reavaliar o design dos contentores de forma a impedir a perda de resíduos.
- Desenvolver sistemas de recolha de resíduos seguindo padrões de higiene,
- Design e implementação de novos sistemas de recolha de plásticos.

qualidade e separação de itens por setor/material.	
Recomendações para o setor do retalho	
<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da oferta e venda de plásticos descartáveis. • Introdução de sistemas de depósito de descartáveis, em particular, de garrafas de plástico, com vista ao cumprimento de metas a nível da EU. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria da rotulagem de produtos de plástico descartável. • Divulgação de recomendações para a diminuição da pegada de plástico no ambiente.
Recomendações para o setor político	
<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos à reciclagem e promoção de um mercado de agregados reciclados. • Estabelecer de indicadores que avaliem as tendências das medidas aplicadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reforçar a legislação para a gestão de resíduos e políticas públicas nacionais. • Apoiar plataformas de partilha de informação de forma a sensibilizar e consciencializar os cidadãos.
Recomendações para os consumidores	
<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o consumo de produtos de plástico de uso único optando por alternativas sustentáveis. • Ser um cidadão ativo e responsável nas suas escolhas enquanto consumidor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a colaboração em projetos de sensibilização ambiental. • Envolver-se diretamente com o setor do retalho e o poder local para acionar medidas que promovam a redução de plásticos desnecessários.

Fonte: Autor

Nota: Informação retirada do relatório “X-Ray dos plásticos: Repensar o plástico em Portugal” (ANP & WWF, 2019)