



Universidade de Aveiro  
2020

**Rita Manuel Ferreira  
dos Santos Silva**

**Avaliação do Desempenho da Taxa de Uso de Materiais  
Circulares na União Europeia**



Universidade de Aveiro  
2020

**Rita Manuel Ferreira  
dos Santos Silva**

**Avaliação do Desempenho da Taxa de Uso de Materiais  
Ciculares na União Europeia**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Economia, realizada sob a orientação científica da Doutora Margarita Matias Robaina, Professora Auxiliar, e co – orientação da Doutora Marta Ferreira Dias, Professora Auxiliar, ambas do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor**

professor associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Prof. Doutor**

professor associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Prof. Doutora**

professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

A conclusão desta Dissertação não seria possível sem o apoio de algumas pessoas que sempre se mostraram disponíveis na orientação deste projeto. Agradeço às minhas orientadoras, a Prof.<sup>a</sup> Doutora Margarita Robaina e Prof.<sup>a</sup> Doutora Marta Ferreira Dias, que de imediato, aceitaram orientar a minha Dissertação de Mestrado, onde no decorrer do trabalho, sempre demonstraram disponibilidade, dedicação e compreensão.

Agradeço à minha família, sem exceção, por toda a compreensão e dedicação nestes últimos anos, onde sempre me apoiaram nas minhas decisões e nos períodos mais difíceis, onde me incentivaram a dar sempre o meu melhor e para nunca desistir dos meus sonhos. Obrigada por lutarem pelos meus sonhos comigo, são, de facto, os melhores.

**palavras-chave**

Economia Circular; Taxa de Uso de Material Circular; União Europeia; Indicadores de circularidade

**resumo**

A Economia Circular surgiu como modelo alternativo ao modelo económico linear, onde a União Europeia surge como pioneira nesta mudança de paradigma. O tema de investigação visa contribuir para um melhor conhecimento da Taxa de Uso de Material Circular (CMU), considerado como proxy da Economia Circular e segundo a Eurostat, ajuda a comparar como as economias se comportam utilizando, mais ou menos materiais circulares. Este estudo procura avaliar o comportamento dos países da UE, ajudar a projetar políticas futuras para uma economia mais circular e a resolver problemas e barreiras que limitam uma maior taxa de circulação de materiais nos países em estudo. Assim, foi estimada uma regressão linear para avaliar como o desempenho da Taxa de Uso de Material Circular é determinado de acordo com cinco variáveis independentes, como a Produtividade de Recursos, a Taxa de Reciclagem, a Taxa de Impostos Ambientais, a Taxa de Energia Renovável e Geração de Lixo. Este estudo foi realizado nos vinte e sete países da União Europeia, no período entre 2010 a 2017. A Produtividade de Recursos e a Taxa de Reciclagem revelaram ter impactos significativos, enquanto que a Geração de Resíduos apresentou impactos negativos na Taxa de Uso de Material Circular. Existe uma maior aposta por parte da UE em otimizar a produção e o consumo, em promover a reutilização de matérias-primas dando, assim mais tempo de vida útil aos materiais, e em fomentar a reciclagem.

**keywords**

Circular Economy, Circular Use Material Rate, European Union, Circularity Indicators

**abstract**

Circular economy emerged as an alternative to the linear economic model, where European Union is as a pioneer in changing the paradigm. This dissertation aims to contribute to a better understanding of Circular Material Use Rate, an indicator as a proxy of Circular Economy and according to Eurostat, helps to compare how economies behave using, more or less, circular materials. This study seeks to assess the behavior of UE countries, to help develop future policies for a more circular economy and to solve problems and barriers that limit a higher rate of movement of materials in the countries under study.

Thus, a linear regression was estimated to assess how the performance of the Circular Material Use Rate is determined according to five independent variables, such as Resource Productivity, Recycling Rate, Environmental Tax Rate, Renewable Energy Rate and Waste Generation. This study was carried out in the twenty-seven countries of the EU, in 2010 to 2017. Resource Productivity and Recycling Rate revealed to have considered impacts, while the Generation Waste has a negative impact on the Circular Material Use Rate. There is a greater commitment on the part of the EU to optimize production and consumption, to promote de reuse of raw materials, thus giving longer life to the materials, and to encourage recycling.

## Índice

Índice .....	i
Índice Figuras .....	ii
Índice Tabelas.....	iii
Lista Acrónimos .....	iv
1. Introdução.....	1
2. Revisão da Literatura .....	4
2.1. Definição de Economia Circular .....	4
2.2. Barreiras à Economia Circular .....	6
2.3. Estratégia da União Europeia para a Economia Circular .....	7
2.4. Indicadores da Economia Circular na perspetiva da União Europeia .....	9
2.5. Indicadores da Economia Circular: Casos de Estudo.....	11
3. Dados.....	15
3.1. Dados e Definição das Variáveis .....	15
3.2. Metodologia .....	20
3.3. Análise Estatística .....	22
4. Resultados Empíricos .....	26
5. Conclusões.....	36

## **Índice Figuras**

Figura 1 - Conceito de Economia Circular .....	5
Figura 2 - Monitorização da Economia Cicular .....	11
Figura 3 – Evolução da CMU (Período 2010 – 2017).....	22
Figura 4 - Evolução das Variáveis Independentes (ano base 2010).....	24

## Índice Tabelas

Tabela 1 - Quadro Resumo das Variáveis (Fonte: Elaboração Própria).....	19
Tabela 2 - Estatística Descritiva (Fonte: Elaboração Própria) .....	25
Tabela 3 - Matriz das Correlações .....	26
Tabela 4 - Resultados Teste ADF .....	27
Tabela 5 - Resultados Teste VIF .....	28
Tabela 6 - Resultados Teste Hausman.....	29
Tabela 7 - Resultados Teste Breusch - Pagan .....	30
Tabela 8 - Estimação das Variáveis.....	31

## **Lista Acrónimos**

**EC** – Economia circular

**UE** – União Europeia

**CMU** – Taxa de Uso de Material Circular

**CE** – Comissão Europeia

**GEE** – Gases Efeito de Estufa

**PAP** – Pegada Ambiental dos Produtos

**PAO** – Pegada Ambiental Organizações

**AEA** – Agência Europeia do Ambiente

**PIB** – Produto Interno Bruto

**REC** – Taxa de Reciclagem

**IAm** – Taxa de Impostos Ambientais

**PR** – Produtividade de Recursos

**DEA** – *Data Envelopment Analysis*

**RSPR** – Economia de Recursos e Redução de Poluentes

**WRRR** – Subsistema de Reutilização de Resíduos e Reciclagem de Recursos

**PCWD** – Controle de Poluição e Eliminação de Resíduos

**VRE** – *Value-based Resource Efficiency*

**INEC** – Índice de Circularidade das Economias Nacionais

**ERen** – Taxa de Energia Renovável

**GWaste** – Geração de Lixo Municipal

**U** – Uso de Materiais Circulares

**M** – Uso Geral de Materiais

**DMC** – Consumo de Material Doméstico

**EF** – Efeitos Fixos

**EA** – Efeitos Aleatórios

**ADF** – *Augmented Dickey-Fuller*

**VIF** – Fator de Inflação de Variância

**OLS** – Método dos Mínimos Quadrados

**MRLM** – Método Regressão Linear Múltipla

**ADF** – Teste Augmented Dickey-Fuller

**VIF** - Fator de Inflação de Variância

## **MRLM – Modelo Regressão Linear Múltipla**

## 1. Introdução

O mundo e toda a sua atividade económica necessitam dos bens e serviços produzidos pelo planeta Terra. O sistema operativo passa maioritariamente por um desenvolvimento linear, no qual, são extraídos recursos, que posteriormente são processados e transformados em produtos, e após a sua vida útil são descartados (Vaz et al., 2017). Com este modelo de economia linear e com o aumento da população mundial, o aumento da concentração de gases de efeito de estufa e o consumo excessivo de recursos, o resultado será a escassez e a exaustão do capital natural, social e financeiro (Vaz et al., 2017). A economia mundial tem sido delineada com base no modelo linear, ou seja, é um ciclo vicioso que se baseia em *take – make – dispose*, isto pressupõe significativos gastos energéticos, geração de resíduos e aumento das emissões dos gases de estufa, contribuindo para a deterioração dos ecossistemas. Este modelo, a longo prazo, não é viável, uma vez que os recursos do planeta são insuficientes para a gestão deste modelo (Henley, 2013).

É neste contexto de insustentabilidade que surge a Economia Circular (EC). Ao contrário da economia linear, a estratégia da Economia Circular pretende promover ativamente o uso e a produção eficiente dos recursos, através de processos e modelos de negócio que assentem na reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais (Vaz et al., 2017). A Economia Circular tem vindo a ganhar grande importância, quer pela necessidade de consciencialização, quer na necessidade de reverter para problemas ambientais, como a perda da biodiversidade, a poluição da água, do ar, do solo e ao esgotamento dos recursos naturais (Geissdoerfer et al., 2017).

Os agentes económicos, como os consumidores e as empresas, são os motores deste processo de mudança. No entanto, a União Europeia (UE) tem vindo a contribuir e apoiar o desenvolvimento sustentável e eficiente da economia. O papel da UE será promover o investimento e criar condições equitativas, eliminar obstáculos provenientes da legislação europeia, assegurar condições para a inovação.

Assim, a EC impulsionará a competitividade da UE, protegendo as empresas contra a escassez de recursos e a volatilidade dos preços, fomenta a criação de formas mais inovadoras e eficientes de produzir e consumir. Incentiva a criação de emprego, promove

oportunidades para a coesão social. Da mesma forma, que economiza energia, previne a utilização de recursos a um ritmo que a Terra não consegue suportar e renovar, em termos de poluição do ar, do solo, da água.

Devido à relevância deste tema, torna-se necessário a monitorização da Economia Circular, de forma a alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável. Assim, é fundamental criar novas ferramentas de estudo e utilizar indicadores de medição que auxiliem na avaliação da performance das economias a nível circular, ajudando, deste modo, a tomar decisões e a elaborar medidas rumo a uma economia mais circular.

Com esta dissertação pretende-se estudar e analisar o desempenho da Taxa de Uso de Material Circular (CMU) nos vinte e sete países da União Europeia, para o período de 2010 a 2017. O tema de investigação visa contribuir para um melhor conhecimento da CMU, um indicador recente na literatura, segundo a Eurostat, que ajuda a comparar como as economias se comportam utilizando, assim, mais ou menos materiais circulares. Este estudo procura avaliar o comportamento dos países da UE, ajudar a projetar políticas futuras para uma economia mais circular e a resolver problemas e barreiras que limitam uma maior taxa de circulação de materiais nos países em estudo, ou até como pode esta dissertação ser um contributo para investigações futuras.

A dissertação está dividida em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo onde se introduz o tema sobre a Economia Circular, o objetivo é fazer uma breve descrição do projeto e dos capítulos que o constituem. No capítulo dois apresenta-se a Revisão da Literatura, na qual se faz o enquadramento teórico do estudo e onde se expõe conceitos que são a base para o desenvolvimento do trabalho. No terceiro capítulo, Dados e Metodologia, descreve-se os dados, define-se as variáveis e apresenta-se a metodologia adotada, que auxiliaram no tratamento dos dados. O quarto capítulo corresponde aos Resultados Empíricos, onde se procede à análise e tratamento de dados recolhidos anteriormente, bem como à sua aplicabilidade prática, e se comparam os resultados obtidos com as hipóteses colocadas. O capítulo cinco apresenta as conclusões do estudo, e as suas limitações.



## 2. Revisão da Literatura

### 2.1. Definição de Economia Circular

O conceito de EC surgiu em 1966 e ganhou importância a partir do momento em que ficou reconhecido que o modelo linear era insustentável a longo prazo. Ao contrário do que acontece no modelo linear, na EC existe a possibilidade de reduzir, reutilizar e reciclar os bens e serviços, onde é possível um resíduo voltar a ser um recurso útil diminuindo os bens descartados (Prieto-Sandoval et al., 2018).

O conceito de EC tem origem na Ecologia Industrial, que permite reduzir impactos ambientais causados pelas indústrias, possibilita o crescimento económico, enfatiza os benefícios da reciclagem de materiais residuais e subprodutos. De um modo geral, promove a minimização de recursos e a adoção de tecnologias mais limpas (Andersen, 2007).

A transição para uma EC não é apenas para reduzir os impactos negativos da economia linear. A EC representa uma mudança que cria resiliência a longo prazo, gera oportunidades de negócio e fornece benefícios ambientais e sociais (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Segundo Geissdoerfer et al. (2017), a *“Economia Circular é definida como um sistema regenerativo onde a entrada de recursos e a saída de resíduos, emissões e energia são minimizados pelo abrandamento, encerramento e afunilamento de matéria e energia. Isto pode ser conseguido através de design, manutenção, reparação, reutilização, renovação e reciclagem de longa duração.”* (Geissdoerfer et al., 2017, p.759)

A EC reúne, assim, variados conceitos e ideologias (Figura1), tais como, crescimento económico, sustentabilidade, gestão de recursos, redução da poluição, proteção ambiental, reciclagem, reestruturação das organizações industriais e bem-estar social (Parlamento Europeu, 2015).

A EC pode trazer vários benefícios e oportunidades a curto prazo, desde a oscilação no preço das matérias-primas, a competitividade na economia, a criação de novos modelos

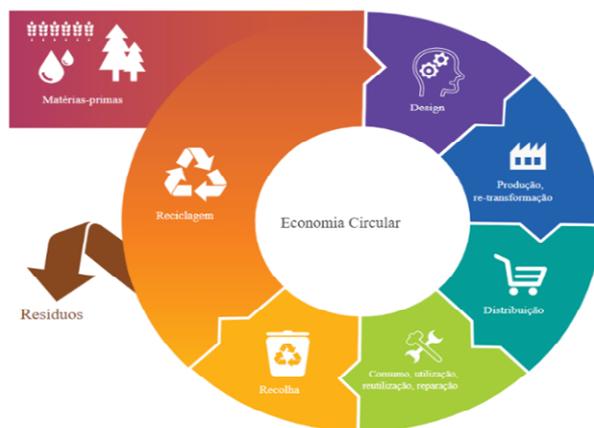
de negócios, a criação de valor, a conservação dos recursos naturais, a redução de emissões e o combate às alterações climáticas (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

A Agência Circular da Economia e Eficiência de Recursos do Reino Unido, ao analisar o potencial de uma EC, demonstrou que poderia criar até 3 milhões de empregos e reduzir o desemprego em todos os estados membros da UE até 2030. Ao mesmo tempo, poderia combater o aquecimento global, o consumo irracional de recursos, bem como outros fatores que levam à deterioração dos ecossistemas (Mitchell & James, 2015).

A transição para uma EC permite aos países desenvolvidos e em desenvolvimento aumentar o emprego e o crescimento económico, uma vez que o valor dos produtos, materiais e recursos é mantido na economia pelo maior tempo possível e a geração de resíduos é minimizada, com baixas emissões de carbono, assegurando uma economia mais competitiva (Eurostat, 2018).

A EC tem uma enorme importância na atualidade, visto que é um conceito interessante para os decisores políticos, para a política pública e para as empresas, uma vez que este conceito tem apresentado diversas vantagens, desde a diminuição da pegada ecológica à diminuição da utilização de matérias-primas primárias (Millar et al., 2019). É, assim, notória a importância da EC na sociedade em geral, uma vez que consegue mudar o paradigma, consciencializar para os problemas ambientais, apresentando soluções ao modelo linear.

*Figura 1 - Conceito de Economia Circular*



Fonte: European Commission, 2018)

## **2.2. Barreiras à Economia Circular**

A transição para uma EC encontra-se ainda numa fase primária, deparando-se com inúmeras barreiras. A literatura, com destaque para o trabalho de Kirchherr et al. (2018), divide as barreiras à Economia Circular em quatro categorias: política, cultura, tecnologia e economia (Kirchherr et al., 2018).

Kirchherr et al. (2018) mencionaram que um dos desafios à implementação de uma EC eram sobretudo barreiras culturais, referindo-se em especial à cultura organizacional e à dos consumidores (Kirchherr et al., 2018).

A cultura organizacional é um motivo deliberativo para as organizações adotarem modelos mais sustentáveis. Kirchherr et al. (2018) afirma que as organizações estão muitas vezes em discordância, uma vez que existe, por norma, um departamento ligado ao ambiente, onde a sua preocupação é a responsabilidade social e a imagem ambiental da empresa, estando dispostos a investir nestes modelos de EC. Por outro lado, existe um departamento financeiro, que pondera estas decisões, relativamente, ao risco, ao lucro e à posição no mercado competitivo (Kirchherr et al., 2018).

Adicionalmente, estão incluídos desafios ao nível da cultura humana, nomeadamente a falta de conhecimento e de interesse dos consumidores, caracterizados por consumos voláteis e excessivos, baseados em mudanças comportamentais repentinas (Kirchherr et al., 2018).

Para impulsionar a transição de uma economia linear para uma economia circular são também fundamentais fatores económicos e financeiros. Conforme o artigo de Tura et al. (2019) as empresas e organizações deparam-se sobretudo com custos de investimento elevados, falta de capacidade financeira e dificuldade em obter financiamento, e ainda a inexistência de métodos e ferramentas que possam quantificar os benefícios da implementação de projetos de economia circular a longo prazo (Tura et al., 2019).

Foram também reconhecidas barreiras ao nível da regulamentação e legislação. De acordo com Preston (2012) além da regulação ser complexa, há falta de políticas que incentivem a transição para uma economia mais circular (Preston, 2012). Segundo Kirchherr et al. (2018) as inúmeras leis e regulamentações existentes são algumas das razões que inibem as empresas para implementação de um EC, uma vez que dificultam o desenvolvimento

do processo. Para muitas empresas, existem inúmeras leis e regulações, que são vistas como obstáculos para a transição da EC. De forma a solucionar este problema para as empresas, seria fundamental incentivar as empresas através de financiamento público com o intuito de facilitar a implementação de modelos mais sustentáveis, bem como o seu crescimento no mercado (Kirchherr et al., 2018).

As barreiras de cariz tecnológico relacionam-se, segundo Ritzén & Sandström (2017), com investimentos iniciais elevados, com a necessidade de investir em ferramentas e procedimentos novos. Acrescentando ainda a falta de capacidades técnicas que as empresas apresentam na identificação, implementação e avaliação das opções tecnológicas que se adequam e que permitam ao mesmo tempo a redução dos impactos ambientais e a redução dos custos de produção (Ritzén & Sandström, 2017).

A EC tem vindo a ganhar cada vez mais relevância no panorama económico, no entanto é importante elaborar políticas abrangentes que mitiguem as barreiras à EC. Há efetivamente um conjunto de barreiras que demonstram o quão complexa e desafiadora é a mudança para uma economia mais circular por parte das organizações. Assim, é também importante realçar o papel modelador da União Europeia e da Comissão Europeia (CE), como agentes responsáveis por apoiar as empresas nesta transição, atuando sobre as barreiras mais iminentes, nomeadamente, cultura, mercado e política.

### **2.3 Estratégia da União Europeia para a Economia Circular**

A União Europeia tem um papel preponderante na forma como pode solucionar as barreiras à EC, através da elaboração de planos de ação e de acordos para incentivar os países europeus, onde são estabelecidas metas, que atuam como guias para a sustentabilidade (Kirchherr et al., 2018).

A Comissão Europeia desenvolveu um Plano de Ação para a Economia Circular, em dezembro de 2015. Este relatório apresenta os desafios para uma economia circular, de forma a minimizar a pressão nos recursos naturais e no ecossistema (European Commission, 2018a) . As medidas propostas visam contribuir para o fecho de ciclo de vida dos produtos através de uma maior taxa de reciclagem e de reutilização, apresentando vantagens para o ambiente e para a economia. O plano de ação promove

igualmente uma cooperação entre os países da UE, as regiões e os municípios, as empresas, os organismos de investigação, os cidadãos e outras partes interessadas na economia circular.

Assim, uma das medidas adotadas pela UE na sua estratégia para uma maior circularidade da economia foi o incentivo aos plásticos reciclados, em que a CE lançou uma campanha no sentido do compromisso voluntário. Existem, já, 70 empresas que assumiram estes compromissos, o que significa um crescimento do mercado dos plásticos reciclados de, pelo menos, 60 % até 2025. Com isto, a CE tem como objetivo a diminuição dos Gases de Efeitos de Estufa (GEE) e a diminuição da poluição atmosférica que resulta da incineração dos plásticos (European Commission, 2018a).

Para incentivar para uma EC, é essencial investir em inovação, e atribuir apoios financeiros à investigação. No período de 2016 a 2020, a CE intensificou os seus esforços em ambas as direções, num total de mais de 10 mil milhões de euros de financiamento público de apoio à transição de paradigma (European Commission, 2018a).

Para assegurar a circularidade de uma economia, é essencial a participação ativa dos consumidores na alteração dos padrões de consumo. As medidas da Pegada Ambiental dos Produtos (PAP) e da Pegada Ambiental das Organizações (PAO), elaboradas pela CE, colaboram com as empresas para que os consumidores consigam fazer escolhas informadas (European Commission, 2018a).

Tendo como estratégia, a longo prazo, prosperar o crescimento da economia, a transição de modelo deve ser através da ligação entre a ambição industrial e as vantagens competitivas das empresas (European Commission, 2018a).

Na área da tecnologia, a CE tem apoiado mediante investimentos no campo da inteligência artificial e da digitalização, permitindo a otimização da energia, um consumo de recursos de forma mais responsável e um desenvolvimento de modelos de negócio mais circulares (European Commission, 2018a). É visível, assim, por parte das entidades europeias, um interesse em fomentar a adoção do novo modelo económico, mais circular e sustentável.

## **2.4 Indicadores da Economia Circular na perspectiva da União Europeia**

As economias precisam de avaliar de que forma é que os fluxos de materiais estão a circular e de que forma se pode medir o progresso em direção a uma EC. Para se monitorizar esta transição é importante garantir uma correta seleção e combinação de indicadores a diferentes escalas. Esta necessidade de monitorização através da produção de sistemas de indicadores permite prever crises e redirecionar comportamentos e práticas (Su et al., 2013).

Em 2016, um estudo realizado pela Agência Europeia do Ambiente (AEA) identificou que existem benefícios da Economia Circular, tanto para empresas e indústrias, como para cidadãos, que consistem na produção e, conseqüente, consumo eficiente, criação de emprego, melhor gestão dos resíduos, menos utilização energética, ou maior utilização de energia proveniente de recursos renováveis. Assim, a AEA sugeriu que se classificassem os indicadores por áreas, apresentando, assim, cinco dimensões essenciais, a entrada de materiais, o ecodesign, a produção e consumo, a reciclagem de resíduos e os fluxos globais de energia (European Environmental Agency, 2016a).

Neste contexto, também a Comissão Europeia estabeleceu um quadro de monitorização da EC composto por indicadores que avaliam a circularidade de uma economia, divididos em quatro áreas, tais como: (i) Produção e Consumo; (ii) Gestão de Resíduos; (iii) Matérias-Primas Secundárias, e (iv) Competitividade e Inovação (Figura 2) (European Commission, 2018).

Relativamente à Produção e Consumo, é essencial a monitorização da produção e consumo para alcançar os objetivos da economia circular. Neste contexto, é importante que as famílias e os setores económicos diminuam a quantidade de resíduos que geram, para que a longo prazo este comportamento contribua para uma maior autossuficiência de matérias-primas selecionadas para a produção. Nesta área incluem-se indicadores como os contratos públicos verdes, que indicam quanto os fundos públicos contribuem para a economia circular, geração de resíduos, desperdício de comida e a autossuficiência de matérias-primas para produção na EU (European Environmental Agency, 2016a).

No que diz respeito à Gestão de Resíduos, esta tem como foco a parte de resíduos que são reutilizados, reciclados e efetivamente devolvidos ao ciclo económico para continuar a criar valor. Neste domínio podem incluir-se indicadores como a taxa de reciclagem de lixo municipal, a taxa de reciclagem de resíduos por tipo de embalagens, a reciclagem de bio resíduos, fluxos de resíduos específicos e a taxa de recuperação de resíduos (European Commission, 2018b).

Em relação à Gestão de Matérias-Primas Secundárias, esta tem como principal objetivo reintroduzir os materiais e produtos na economia, ou seja, criar novos materiais ou produtos através dos que já existiam. Os materiais reciclados substituem os recursos extraídos da economia, reduzem a pegada ecológica da produção e consumo excessivo da sociedade e dos setores económicos e diminuem o fornecimento e extração de matérias-primas primárias da economia. A área IV é composta pela taxa de uso de material circular, pelo comércio de matérias-primas recicláveis e pela contribuição de materiais reciclados na procura de matérias-primas (European Commission, 2018b).

Deste modo, a economia circular contribui para a criação de valor, criação de emprego e para o crescimento económico. O desenvolvimento de novas tecnologias inovadoras e o design de novos produtos promove processos industriais mais inovadores. A Competitividade e inovação englobam indicadores como investimentos privados, emprego e valor adicional bruto (European Commission, 2018b).

**Figura 2 - Monitorização da Economia Circular**

### Circular economy monitoring framework



Fonte: Eurostat Informação da página oficial:

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators>

## 2.5 Indicadores da Economia Circular: Casos de Estudo

Para determinar se uma economia está a seguir os princípios da EC, pode-se utilizar um indicador do grau de circularidade, que mede quanto a economia de um país é circular em conformidade com esses princípios. Ou seja, quanto mais circular for uma economia, menos recursos naturais serão utilizados, menos impacto tem no ambiente, e maior será o impacto económico (Robaina et al., 2020).

Assim, Busu (2019) analisou a relação entre a EC e o crescimento económico na UE, entre 2008 e 2017, através de um modelo de regressão linear. O estudo tem como variável dependente o Produto Interno Bruto (PIB) e variáveis independentes a produtividade de recursos, o emprego na produção ambientais, a taxa de reciclagem e a quota de mercado em empresas inovadoras com benefícios ambientais. Busu (2019) determinou que estas variáveis tiveram um impacto positivo e significativo no crescimento económico. O autor

afirmou ainda que indicadores como a inovação, produtividade recursos, taxas de energia renováveis são importantes tanto para a EC como para o crescimento económico. Estes resultados vão ao encontro do estudo de Busu & Trica (2019), uma vez que também analisaram o impacto da EC no crescimento económico na UE, baseados em indicadores como a Taxa de Uso de Material Circular, Taxa de Reciclagem (REC), Produtividade do Trabalho, Taxa de Impostos Ambientais (IAM) e a Produtividade de Recursos (PR). Estes autores provam que o crescimento económico e a circularidade da economia têm de andar de mãos dadas. A EC e os ativos ambientais contribuem, também, para o crescimento da atividade ambiental, ajudando a regular o risco de inundações, regular o clima e melhorar a qualidade do ar. Mais ainda, o crescimento económico aliado a conceitos sustentáveis e circulares ajuda a desenvolver novas tecnologias fundamentais para a gestão de ativos ambientais e a aumentar a produtividade e a reutilização de materiais e/ou resíduos (Busu & Trica, 2019).

A implementação dos princípios da EC é cada vez mais importante de forma a conseguir atingir os seus objetivos. Todavia, é fundamental criar novos instrumentos de estudo de forma a facilitar e apoiar tomadas de decisão relativamente a práticas mais circulares. No entanto, como a EC é um conceito que abrange várias áreas, fica difícil criar um único indicador capaz de determinar a circularidade de uma economia (Saidani et al., 2019). Deste modo, tem vindo a crescer o foco em perceber de que forma se pode avaliar a performance das economias circulares e a importância de elaborar novos índices de circularidade que permitam avaliar a performance de economias a nível circular.

Dessa forma Wu et al. (2014), com o objetivo de avaliar a eficiência da EC, estudaram 30 regiões da China, no período entre 2005 e 2010, através do modelo *Data Envelopment Analysis* (DEA). Dividiram o conceito de EC em 3 subsistemas nomeadamente Economia de Recursos e Redução de Poluentes (RSPR), no Subsistema de Reutilização de Resíduos e Reciclagem de Recursos (WRRR) e no Controle de Poluição e Eliminação de Resíduos (PCWD). No subsistema RSPR incluíram variáveis como capital, trabalho, energia renovável, PIB, água, emissão de gases de efeitos estufa, entre outros. No subsistema WRRR reuniram variáveis como investimento em tratamento da poluição industrial, lixo industrial e emissão de gases de estufa em indústrias. No subsistema PCWD abrangem variáveis como geração de resíduos, resíduos industriais e investimento em infraestruturas (Wu et al., 2014).

Da análise aos 3 subsistemas, os autores concluíram que no WRRR e PCWD a eficiência é bastante alta, sendo variáveis significativas no estudo da EC na China. Relativamente ao subsistema RSPR, a eficiência deste tende a ser baixa, sendo por isso o subsistema que o governo chinês deve ter em consideração, dando prioridade à melhoria do mesmo. Os autores afirmam que o desenvolvimento da EC na China depende da implementação de políticas para melhorar a eficiência energética (Wu et al., 2014).

Para além deste estudo, muitos outros foram realizados ao longo dos anos, com o intuito de desenvolver indicadores que monitorizassem a circularidade. Como é o caso da publicação de Di Maio et al., (2017) que propõem um novo indicador para observar a eficiência de recursos e a circularidade em 40 setores da Holanda. Este indicador, *Value-based Resource Efficiency* (VRE) foca-se no valor de matérias-primas não sustentáveis por setor em relação ao valor de matérias-primas numa economia. Os autores concluíram que a eficiência de recursos é menor, de acordo com o VRE, nos setores onde os preços praticados são mais elevados, nomeadamente nos setores eletrónicos e dos transportes. O preço unitário de matéria-prima é mais baixo nos setores onde este indicador é mais eficiente, o que acontece nos setores energéticos. Os autores acreditam que este indicador pode ser útil para monitorar a eficiência de recursos, devido à sua robustez, relação custo-eficácia e adaptabilidade a outros indicadores (Di Maio et al., 2017).

Neste âmbito, em 2020 Armand Kasztelan avaliou o nível circular das economias europeias segundo um Índice de Circularidade das Economias Nacionais (INEC). Este indicador está dividido em quatro áreas (já referidas anteriormente), que são a Produção e consumo, a Geração de Resíduos, Matérias – primas secundárias e a Competitividade e Inovação. O autor dividiu ainda a circularidade das economias por níveis, ou seja: nível I – alto, nível II – médio alto, nível III – médio baixo e o nível IV – baixo. O estudo mostra que em geral, o nível da circularidade da economia na UE, é baixo, de acordo com o INEC. Kasztelan (2020) reconhece que é importante o investimento neste índice, uma vez que contribuirá para o crescimento do PIB e do emprego. Para um valor mais alto do INEC é necessário um nível mais alto de uso de materiais circulares, bem como a participação de matérias-primas nas trocas comerciais (Kasztelan, 2020).

O crescente foco na área de estudo em conceitos tão abrangentes da Economia Circular, levanta constantemente questões à literatura existente. Atualmente uma grande

quantidade de questões levantadas pelas pesquisas estão direcionadas para descobrir de que forma se pode medir o progresso e a transição direcionada à maior circulação da economia (Potting et al., 2016).

A principal contribuição desta dissertação é a analisar o desempenho da CMU de todos os países constituintes da UE-27, indicador, que segundo a Eurostat, é considerado como fundamental para medir a circularidade de uma economia, uma que vez que é muitas vezes considerado como Taxa de Circularidade (Eurostat, 2018). Assim, esta dissertação contribui para a revisão já existente e ajuda a completar e a obter mais informações sobre como a Europa pode agir de acordo com novas políticas públicas futuras, de modo a melhorar a circularidade da economia.

Desta forma, esta dissertação propõe estimar qual a influência de algumas variáveis independentes, como a Produtividade de Recursos, a Taxa de Reciclagem, a Taxa de Energia Renovável (ERen), os Impostos Ambientais e Geração de Resíduos (Gwaste) na variável dependente, neste caso a CMU, nos vinte e sete países da UE, no período entre 2010 e 2017. De um modo geral, quanto maior for esta variável CMU mais circular será a economia, ou seja, maior é o uso de materiais circulares em percentagem do uso total de materiais nos países da UE, mais materiais recicláveis são utilizados nos processos produtivos e nos serviços, e maior é o benefício para o ambiente e para a sociedade.

### 3. Dados

#### 3.1 Dados e Definição das Variáveis

Baseado na investigação efetuada na revisão da literatura, este trabalho tem como objetivo avaliar a circularidade dos países da UE-27, através da influência de algumas variáveis explicativas na Taxa de Uso de Material Circular, neste caso considerada como variável dependente. O estudo utiliza variáveis que a Eurostat considera como indicadores da EC, tendo sido selecionadas as seguintes, a Taxa de Uso de Material Circular (CMU), a Produtividade de Recursos (PR), a Taxa de Reciclagem (REC), a Taxa de Energia Renovável (ERen), a Taxa de Impostos Ambientais (IAm), a Geração de Lixo Municipal (GWaste) (European Commission, 2018b). No ponto 3.2 explicam-se estas variáveis e os seus efeitos esperados com mais detalhe.

A análise empírica nesta dissertação refere-se a todos os países membros da UE, que são: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, República Checa, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Polónia, Portugal, Roménia e Suécia. Esta análise utiliza dados anuais para o período de 2010 a 2017, período escolhido de acordo com disponibilidade de dados.

A variável dependente do estudo é a Taxa de Uso de Material Circular (CMU) para cada país, medida em percentagem. É o rácio entre o uso circular de materiais (U) e o uso total de materiais (M). Este indicador, conhecido como taxa de circularidade, calcula a parcela de material reciclado e reintroduzido novamente na economia (Eurostat, 2018).

A EC tem como objetivo aumentar a quantidade de material reciclado e retornado à economia, com vista à redução de resíduos e limitar a extração de matérias-primas primárias. Assim, a CMU é uma *proxy* da EC, uma vez que esta variável reflete o esforço de um país em reutilizar os seus resíduos de forma a produzir matérias-primas secundárias, e evita a extração de materiais numa economia. Um valor mais alto da taxa de CMU significa que mais materiais secundários substituem as matérias-primas primárias, logo mais materiais estão a ser reutilizados, reduzindo assim, os impactos ambientais da extração de materiais primários (Eurostat, 2018).

As variáveis explicativas que foram consideradas para este estudo são:

- Produtividade de Recursos (PR)

A Produtividade dos Recursos é um dos indicadores mais comumente usado para a monitorização da EC. A PR, medida em Kg/€, relaciona o consumo interno de materiais (DMC) com o PIB, ou seja, a PR permite contabilizar quanto material é utilizado, em Kg, por cada Euro de produção (European Environmental Agency, 2016b).

De acordo com o artigo de Robaina et al. (2020) a PR é um indicador com grande variação entre os países europeus, sendo que países com economias baseadas em serviços demonstram uma maior eficiência de recursos, uma vez que se baseiam em atividades que utilizam menos recursos. Pelo contrário, países cujas economias assentam em atividades industriais, importam elevadas quantidades de matérias-primas e por isso consomem muitos recursos, logo têm um impacto negativo quanto à PR (Robaina et al. 2020). Os países membros que apresentam maior eficiência de produtividade dos recursos são a Holanda, seguido do Luxemburgo, Itália e o Reino Unido. A Bulgária, a Roménia, a Estónia e a Polónia são os Estados Membros com menor produtividade de recursos (Trica et al., 2019). A produtividade dos recursos, segundo Busu (2019), tem um efeito significativo no crescimento económico de um país, referindo que um aumento da produtividade dos recursos de 30% até 2030 prevê um crescimento do PIB de aproximadamente 1% (Busu, 2019).

Para este estudo espera-se que a PR afete positivamente a circularidade da economia, pois, quanto maior a PR, mais bens e serviços a economia produz com menos recursos, por exemplo, extraindo menos materiais virgens, consumindo menos energia ou reciclando mais (Robaina et al., 2020).

- Taxa de Energia Renovável (ERen)

A ERen mede a proporção do consumo de energia renovável no consumo final bruto de energia, medida em percentagem. O consumo final bruto de energia é a energia utilizada pelos consumidores finais (consumo final de energia) mais as perdas da rede e o autoconsumo das centrais elétricas.

Este indicador é, segundo Ellen MacArthur Foundation (2015) a fonte principal de energia para uma economia circular (espera-se por isso um impacto positivo em CMU), reduzindo a dependência de energia fóssil e os gases de efeitos de estufa, aumentando a adaptabilidade do sistema económico aos efeitos negativos do petróleo (Ellen Macarthur Foundation, 2015). A ERen é também um fator significativo no crescimento económico e no desenvolvimento sustentável (Busu, 2019).

- Taxa de Impostos Ambientais (IAM)

Os IAM são a proporção da receita tributária ambiental na receita de todos os impostos e contribuições sociais. Os IAM dizem respeito aos impostos dos quais a base tributária é uma unidade física com impacto negativo no meio ambiente. A receita tributária ambiental resulta de quatro tipos de impostos: sobre a energia, sobre o transporte, sobre a poluição e sobre os recursos (Abdullah & Morley, 2014).

A utilização deste tipo de impostos é importante para a EC, uma vez que são instrumentos eficazes para diminuir as externalidades negativas, ou seja, a incorporação de custos nas falhas ambientais (European Parliament & Council of the European Union, 2013). Estes impostos podem proporcionar incentivos, no sentido de uma utilização dos recursos mais eficiente do ponto de vista ecológico, e geram receitas que poderão ser utilizadas para melhorar as políticas ambientais (Agência Europeia do Ambiente, 2008). Portanto, esta variável permite testar se um nível mais alto de IAM aumenta a taxa de circularidade de uma economia.

- Taxa de Reciclagem (REC)

A REC é o rácio de resíduos reciclados na geração total de resíduos, medido em percentagem. A EC representa um novo padrão económico e visa criar uma sociedade orientada para a reciclagem. Muitos autores consideram a REC como um indicador determinante na redução do consumo dos recursos naturais, e, portanto, uma variável que contribui para uma economia mais circular. Um país com um nível mais alto da Taxa de Reciclagem, possui uma maior produtividade de recursos, e um maior uso de materiais circulares, logo contribui para uma economia mais circular (Robaina et al., 2020).

- Geração de Lixo Municipal (Gwaste)

A Gwaste mede os resíduos recolhidos pelas autoridades municipais, medido em Kg per capita. O indicador mede os resíduos coletados pelas autoridades municipais, que em grande parte são os resíduos gerados pelas famílias, pelo comércio, ou por instituições públicas (Agência Europeia do Ambiente, 2016).

A Gestão de Resíduos evoluiu bastante nos últimos anos, onde o foco é a reutilização dos resíduos e a reciclagem, reduzindo a pressão sobre o meio ambiente e criação de mais emprego nesta área. A redução deste indicador é um sinal da eficácia das ações de prevenção de resíduos e da alteração dos padrões de consumo por parte dos cidadãos, sendo que uma sociedade que produz menos resíduos tende a ser mais circular (Agência Europeia do Ambiente, 2016).

A prevenção dos resíduos urbanos tem o potencial de reduzir o impacto ambiental, não apenas nas fases de consumo, mas também durante o ciclo de vida dos produtos consumidos. Os países que desenvolveram sistemas eficientes de gestão de resíduos urbanos, por norma são países mais desenvolvidos, e apresentam melhor desempenho a nível circular. Com esta variável prevê-se um impacto negativo, sendo que uma economia que produza menos lixo, dispõe de uma economia mais circular (Agência Europeia do Ambiente, 2016).

**Tabela 1 - Quadro Resumo das Variáveis (Fonte: Elaboração Própria)**

<b>Nome</b>	<b>Sigla</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
Taxa de Uso de Material Circular	CMU	Rácio entre o uso de materiais circulares e o uso geral de materiais	Percentagem (%)
Produtividade de Recursos	PR	Relação entre o Consumo Doméstico de Materiais e o Produto Interno Bruto	Kg/Euro
Taxa de Energia Renovável	Eren	Relação entre o consumo de energia renovável e o consumo total bruto de energia	Percentagem (%)
Taxa de Impostos Ambientais	Iam	Peso dos impostos ambientais na receita total de impostos e contribuições sociais	Percentagem (%)
Taxa de Reciclagem	REC	Rácio entre as toneladas recicladas dos resíduos urbanos e o total de resíduos urbanos	Percentagem (%)
Geração de Resíduos	Gwaste	Resíduos recolhidos pelas autoridades municipais	KG per capita

### 3.2 Metodologia

Com o objetivo de analisar a performance circular por país, com uma amostra de 27 países, num período de 8 anos, a forma mais indicada para tratar este tipo de dados é utilizando o modelo de dados em painel.

Estimar uma regressão através de dados em painel tem algumas vantagens, nomeadamente, dispor de uma maior quantidade de informação, existir uma maior variabilidade dos dados, por outro lado existe menor colinearidade entre as variáveis, assim como há maior eficiência na estimação. A estimação de um modelo através de dados em painel pode ser realizada através de três formas: de uma Regressão Linear, de um modelo de Efeitos Fixos (EF) e de um modelo de Efeitos Aleatórios (EA).

Assim, nesta dissertação foi aplicada uma Regressão Linear através de dados em painel, onde é especificada uma variável dependente como função linear de variáveis independentes. Neste caso em específico, pretendemos verificar como varia a CMU, variável dependente em estudo, face às variáveis independentes definidas no ponto anterior.

O modelo de Regressão Linear apresenta-se como:

$$CMU_i = \beta_0 + \beta_1 PR_i + \beta_2 ERen_i + \beta_3 IAm_i + \beta_4 REC_i + \beta_5 Gwaste_i + u_i$$

Onde:

$CMU$  será a variável dependente,

$i$  = países, onde  $i = 1, 2, \dots, n$

$PR, ERen, IAm, REC, GWaste$  são as variáveis independentes

$\beta_k$  coeficientes das variáveis independentes

$u_i$  será a perturbação aleatória ou o termo do erro, com distribuição normal

O modelo EF aplica-se sempre que há interesse em analisar o impacto das variáveis, que oscilam ao longo do tempo. Neste modelo existe ligação entre as características não observáveis inerentes a cada uma das observações e as variáveis explicativas. No modelo EA, o comportamento específico dos indivíduos e períodos de tempo é desconhecido,

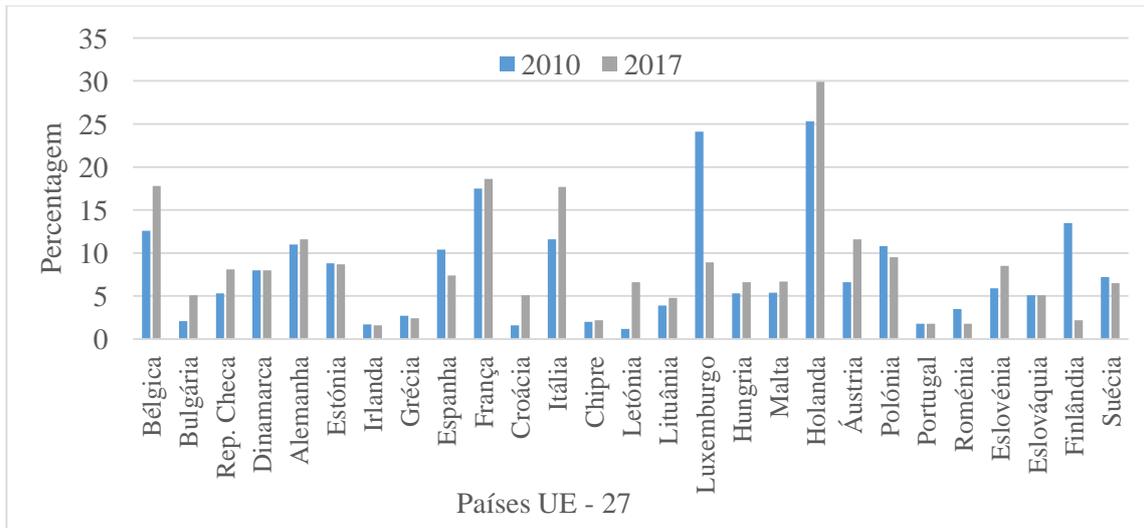
sendo que o efeito individual não está correlacionado com as variáveis explicativas, ou seja, os efeitos individuais podem-se representar através de uma variável aleatória. Para optar por qual o modelo mais adequado recorre-se ao teste de Hausman para cada variável dependente. Desta forma, se o p-value associado a este teste for superior a 5%, considera-se o modelo EA como mais oportuno. Caso contrário, ou seja, se o p-value for inferior a 5%, o modelo mais adequado é o modelo EF.

Antes da estimação, as variáveis foram transformadas em logaritmo com o objetivo de minimizar os problemas de heteroscedasticidade e permitir, na análise, realizar interpretação de valores em termos de elasticidades, ou seja, evitar que o modelo criado demonstre diferentes variâncias para os dados observados. Através do programa estatístico Stata estimou-se os valores dos coeficientes, onde se apresentam os resultados da estimação no capítulo seguinte.

### 3.3 Análise Estatística

Antes de apresentar os resultados do modelo apresentado no capítulo anterior, vamos analisar a evolução das variáveis incluídas no modelo. A figura 3, retrata a evolução da taxa de CMU, entre o período de 2010 e 2017, para os países membros da União Europeia. Este indicador analisa, a circularidade dos materiais usados pelos países abrangidos no estudo. Assim, verifica-se, que, na generalidade, a performance dos vinte e sete países da UE melhorou durante este período, sendo que países como a Bélgica, Itália, Rep. Checa, Bulgária, Holanda e Áustria apresentaram melhorias significativas, dando assim preferência a matérias-primas e recursos reutilizados e reciclados, em detrimento de materiais não renováveis, que dispõem de um destino final reduzido à deposição em aterro. Por outro lado, alguns países tiveram performances piores, apresentando uma percentagem de uso de materiais circulares no final do período (2017) mais baixa comparativamente ao seu início (2010). Alguns exemplos são a Finlândia, Espanha, Luxemburgo, Suécia e Polónia.

**Figura 3** – Evolução da CMU (Período 2010 – 2017)



**Fonte:** (Comissão Europeia, 2019)

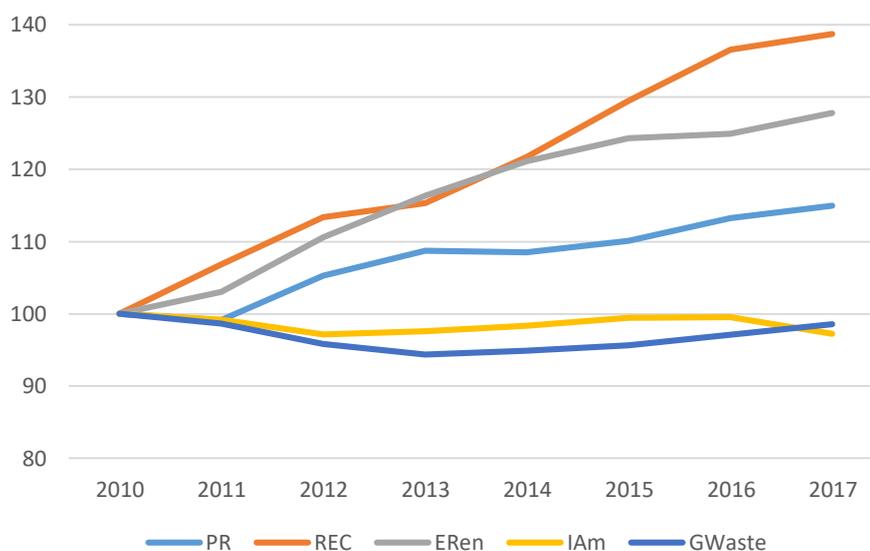
As variáveis independentes escolhidas para a estimação da CMU, com base no modelo criado, são analisadas de seguida no gráfico seguinte. A Figura 4 apresenta a taxa de crescimento das 5 variáveis independentes em estudo.

Através da sua análise, é perceptível uma evolução favorável no que diz respeito às variáveis PR, ERen e REC. Sendo assim, na UE, em média, houve uma crescente produtividade no que diz respeito aos materiais usados na economia dos seus países-membros (pese embora esta produtividade tenha variado entre os três setores económicos -primário, secundário e terciário) (Ferrão, 2015). Isto quer dizer que, na UE, com base na desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais, o valor económico dos bens, assim como a sua utilidade, foi expandido pelo maior período de tempo possível. Da mesma forma, a proporção da energia proveniente de recursos naturais (capazes de naturalmente se reabastecer), como é o caso da energia eólica, obtida do vento, que foi usada aumentou comparativamente ao uso de energias fósseis (Ernst & Young, 2020).

Por fim, e aliado à variação das restantes variáveis já abordadas, a dimensão dos resíduos produzidos que foi reciclada aumentou igualmente. É importante mencionar, que embora estes indicadores tenham todos apresentado uma variação positiva, o seu crescimento não foi sempre da mesma magnitude. De referir também que, mesmo o crescimento tendo sido relativamente constante, na passagem de 2013 para 2014, existiu uma estagnação de algumas variáveis, nomeadamente, a REC e a PR.

Em sentido inverso, as variáveis Gwaste e Iam apresentam um decréscimo ao longo do período analisado. A produção de resíduos reduziu igualmente desde 2010, que se fez acompanhar de uma diminuição da dimensão dos impostos ambientais nos impostos totais pagos nos membros da UE. Esta última diminuição pode ser causada pelos inúmeros obstáculos à sua mesma aplicação, visto que os mesmos impostos, que, usados corretamente, podem corrigir distorções relativas aos preços, entre outros benefícios, são também vistos como causadores de efeitos nefastos sobre a competitividade e capacidade de emprego por parte das empresas, especialmente das empresas com menores rendimentos. A receita dos impostos ambientais pode ter diminuído também devido à correção dos comportamentos ambientalmente nocivos que lhes deram origem.

**Figura 4** - Evolução das Variáveis Independentes (ano base 2010)



**Fonte:** Elaboração Própria (Dados da Eurostat)

Avançando para a estatística descritiva das variáveis utilizadas para análise, esta pretende resumir o conjunto dos dados obtidos, organizando-os em tabela de forma a gerar conclusões relativas às tendências e dispersões de cada variável (Morais, 2005). Para atingir esse propósito, analisa-se então o número de observações, o valor mínimo e máximo registado, a média, o desvio-padrão e, por fim, a mediana de cada fator, que são apresentados na tabela 2.

Existe o mesmo número de observações para todas as variáveis em estudo. A média e mediana são indicativos de quão próximos os dados estão de uma distribuição normal (Chang, 2008), assim, da análise da tabela 2, verifica-se que os dados estudados seguem uma distribuição normal, uma vez que os valores da média e da mediana são muito próximos.

No que diz respeito à dispersão de dados, estes diferem bastante entre cada variável, especialmente tendo em conta que a unidade de medida é igual para todas, com a exceção do GWaste e da PR. Essa mesma diferença de unidade de medida é talvez a maior causa para um intervalo de dados tão grande entre os valores observados, nomeadamente no GWaste. Relativamente ainda à dispersão de dados, é possível analisar, que no que se refere à produtividade de recursos e impostos ambientais, há, de facto, uma maior

dispersão de dados por parte dos países membros da UE, comparando com variáveis, por exemplo, como a REC, onde há membros que apresentam 4% como o total de resíduos urbanos que são reciclados, enquanto que há outros que exibem percentagens quase na casa dos 70%. Uma outra variável que apresenta uma dimensão semelhante de dispersão de resultados é a referente às Energias Renováveis, que tem como valor mínimo 1% e máximo de 54% (valores arredondados). No capítulo seguinte, apresentam-se os resultados relativos à estimação realizada.

**Tabela 2 - Estatística Descritiva**

	Nº Observações	Min	Max	Média	Desvio Padrão	Mediana
CMU	216	1,20	29,90	8,3255	6,1788	6,90
PR		0,2716	4,4574	1,5938	0,9360	1,3542
REC		4,00	67,20	32,6440	15,7378	32,35
ERen		0,9790	54,2010	18,9791	11,4501	15,6815
Iam		4,40	11,7500	7,5517	1,7572	7,6850
GWaste		247,00	829,00	475,8524	122,4849	465,50

## 4. Resultados Empíricos

Depois de terem sido recolhidos e tratados os dados, o programa econométrico escolhido foi o *Stata* de forma a gerar uma regressão linear, bem como realizar diversos testes capazes de validar o modelo criado.

De forma a identificar potenciais problemas de correlação entre variáveis, antes de realizar a regressão, foi feita uma análise à matriz de correlações de Pearson. Os coeficientes de Pearson assumem valores entre -1 e 1, sendo que valores muito próximos de 1 ou -1 apresentam correlações muito elevadas, e valores abaixo de 0 indicam correlações negativas. Assim, se o valor for positivo, quando uma variável aumenta, a outra aumentará também, mas se o valor do coeficiente de Pearson for negativo, então quando uma aumenta, a outra diminui e vice-versa. Conforme é possível ver na Tabela 3, em primeiro lugar, não existem correlações perfeitas (=1) entre as diferentes variáveis. Para além disso, não existem correlações consideradas muito elevadas entre as variáveis em estudo, sendo que nenhum valor de correlação excede os 0,8 pontos (positivos ou negativos). Dessa forma, resta afirmar que entre todas as variáveis em questão existem apenas correlações moderadas (valores entre 0,5 e 0,7) e fracas (entre 0,3 e 0,5). As variáveis que apresentam melhor correlação com a CMU são a PR e a REC, enquanto que as variáveis EREN e IAM apresentam uma correlação negativa com a CMU.

**Tabela 3 - Matriz das Correlações**

	CMU	PR	EREN	IAM	REC	GWASTE
CMU	1					
PR	0,5085*** 0,0000	1				
EREN	-0,1936*** 0,0043	-0,3732*** 0,0000	1			
IAM	-0,3827*** 0,0000	-0,4177*** 0,0000	-0,0150 0,8266	1		
REC	0,5255*** 0,0000	0,4928*** 0,0000	0,1345** 0,0484	-0,4295*** 0,0000	1	
GWASTE	0,1294* 0,0576	0,6354*** 0,0000	-0,2614*** 0,0001	-0,1373** 0,0439	0,3739*** 0,0000	1

De seguida, por forma a avaliar a existência ou não de estacionaridade, foi efetuado o Teste Augmented Dickey-Fuller (ADF), necessário face ao modelo apresentado incluir séries temporais.

Nesta fase, importa analisar então a unidade de raiz do modelo, se a mesma é igual a 1 (sendo unitária, portanto), de maneira a entender se ao longo dos ciclos periódicos existentes, existe uma tendência nos valores observados, sobre os quais choques aleatórios (como crises de petróleo, por exemplo, na análise da economia de um país) provocam impactos permanentes, ou se os mesmos valores são aleatórios, no que ao tempo diz respeito.

No Teste ADF, a hipótese nula é que uma série temporal possui raiz unitária, e, portanto, não é estacionária, contra a hipótese alternativa de que a série temporal é estacionária. Os resultados da Tabela 4, do Teste ADF, como p-value < 0,05, revelam que a hipótese de não estacionaridade é rejeitada para todas as variáveis estudadas, onde todas as variáveis são estatisticamente significativas a 1%. A existência da estacionaridade neste modelo permite, portanto, concluir que o mesmo seja capaz de prever valores para as variáveis em questão em períodos futuros.

***Tabela 4 - Resultados Teste ADF***

	Level t-Statistic	Prob.*
CMU	-10,572***	0,0000
PR	-12,968***	0,0000
EREN	-18,421***	0,0000
IAM	-10,802***	0,0000
REC	-12,425***	0,0000
GWASTE	-15,344***	0,0000

**Nota:** \*, \*\*, \*\*\* Estatisticamente significativo a 10%, 5% e 1%, respetivamente

Para melhor analisar a validade do modelo, verificou-se igualmente a existência de multicolinearidade. Por outras palavras, estudou-se a possibilidade de haver uma correlação demasiado forte entre duas ou mais variáveis independentes, diminuindo a

fiabilidade da estimação por parte do modelo criado. Havendo um problema de multicolinearidade, significará que pelo menos uma das variáveis independentes é obsoleta para o modelo criado, podendo ser retirada e/ou substituída por outra.

Nesse sentido, foi calculado o Fator de Inflação de Variância (VIF), que mede a correlação da variável com todas as outras do modelo. Sendo que o valor de VIF foi inferior a 10, como se pode observar na Tabela 5, detetou-se que não existe problemas de multicolinearidade entre as variáveis.

**Tabela 5 - Resultados Teste VIF**

	VIF	1/ VIF
PR	2,78	0,359873
REC	2,16	0,463216
EREN	2,03	0,492029
GWASTE	1,81	0,552200
IAM	1,39	0,717636

**Fonte:** Elaboração Própria

Posteriormente, foi realizado o Teste de Hausman, capaz de avaliar a consistência de cada estimador comparado a um outro estimador alternativo. No fundo, o teste analisa a ausência de correlação entre as variáveis independentes e as perturbações aleatórias ( $u_i$ ) do modelo gerado, sendo que é exatamente essa a hipótese nula. Caso esta se confirme, o modelo conta com variáveis explicativas consistentes, sendo que, para a estimação de valores para a variável dependente, a utilização de um modelo de efeitos aleatórios será mais adequada.

De acordo com o teste, devemos então aceitar a hipótese nula caso o *p-value* seja maior que 5%. Caso contrário, ou seja, no cenário em que o *p-value* seja menor que 5%, devemos rejeitar a hipótese nula e utilizar um modelo de efeitos fixos. De acordo com a Tabela 6, que expõe os resultados para o Teste de Hausman, devemos aceitar  $H_0$ , uma

vez que  $\text{Prob} > \chi^2 = 0,1418 > 0,05$ . Consequentemente, o modelo mais adequado será o modelo de EA.

**Tabela 6 - Resultados Teste Hausman**

	<b>(b) Fixed (fe)</b>	<b>(B) Random (re)</b>	<b>(b-B) Difference</b>	<b>SQT (diag(V_b-V_B)) S.E</b>
<b>PR</b>	0,2632258	0,3935396	-0,1303138	0,149921
<b>EREN</b>	-0,030594	-0,108452	0,0778575	0,0588249
<b>IAM</b>	0,4172508	0,1289058	0,288345	0,1556559
<b>REC</b>	0,2930165	0,3348777	-0,0418612	0,0237323
<b>GWASTE</b>	-0,041722	-0,253401	0,2116788	0,2063559
<b>Test</b>	Ho: difference in coefficients not systematic			
<b>Chi2(6)</b>	$(b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 8,27$			
<b>Prob&gt;chi2</b>	0,1418			

**Fonte:** Elaboração Própria

Por fim, foi realizado o Teste de Breusch-Pagan, um teste com o objetivo final de testar a heteroscedasticidade do modelo de regressão linear. Tendo como base o multiplicador de Lagrange, é avaliada a hipótese de a variância dos erros da regressão estarem dependentes dos valores das variáveis explicativas. Caso não se verifique, e a heteroscedasticidade esteja presente no modelo, os valores estimados através da regressão dispõem de um nível de disparidade maior. Através deste mesmo teste, conclui-se, igualmente, qual o modelo econométrico utilizado para a estimação dos dados, entre o Método dos Mínimos Quadrados (OLS) ou o Método Regressão Linear Múltipla (MRLM).

Caso se verifique a heteroscedasticidade no modelo, então, as variâncias das variáveis (independentes e dependentes) diferem, provocando uma variância da perturbação aleatória ( $u_i$ ) igual a 0, resultando na conclusão que o método mais adequado será o método OLS. A hipótese alternativa assume que a variância da perturbação aleatória ( $u_i$ ) é diferente de zero. Nesse caso, o método aplicado será o método MRLM.

$$H0: Var(u_i)=0$$

$$H1: Var(u_i) \neq 0$$

Realizado o teste de Breusch-Pagan, cujos resultados estão mencionados na Tabela 7, é concluído que a hipótese nula deve ser rejeitada, uma vez que  $Prob > chibar2 = 0,0000 < 0,05$ . Dessa forma, é claro que o método a ser utilizado será o método MRLM.

**Tabela 7 - Resultados Teste Breusch - Pagan**

	<b>Var</b>	<b>sd=sqrt(Var)</b>
<b>CMU</b>	0,6172287	0,785639
<b>E</b>	0,0646336	0,2542314
<b>U</b>	0,3285596	0,5732012
<b>Chibar2(01)</b>	455,00	
<b>Prob &gt; chibar2</b>	0,0000	

**Fonte:** Elaboração Própria

Tendo determinado o método a ser aplicado, este será utilizado com o objetivo final de estimar o desempenho da circularidade de uma economia, pelo desempenho da CMU, com base nos dados relativos à PR, ERen, IAm, REC e Gwaste verificados nos países da UE-27 entre 2010 e 2017.

Para a análise da regressão, a CMU foi então considerada como a variável dependente, que, por sua vez, é influenciada por um conjunto de variáveis independentes, como PR, ERen, IAm, REC e GWaste.

A Tabela 8 mostra os resultados da estimação do modelo MRLM com o erro padrão, que auxilia no controlo de possíveis problemas de heterocedasticidade presentes no modelo.

**Tabela 8 - Estimação das Variáveis**

CMU	Coef	P-value
<b>PR</b>	0,499552	0,000
<b>ERen</b>	-0,222653	0,094
<b>IAm</b>	-0,2188624	0,190
<b>REC</b>	0,6067242	0,000
<b>GWaste</b>	-1,0866626	0,000
<b>Contante</b>	7,381742	0,000
<b>R<sup>2</sup></b>	0,5348	

**Fonte:** Elaboração Própria

Realizado o modelo de regressão, e de forma a avaliar a legitimidade do modelo, analisou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que denota a proporção da variação da variável dependente que é justificada pela variação das variáveis independentes, sendo que o seu valor máximo (e ideal) é 1 ou 100%. Para este modelo,  $R^2$  é 0,5348, o que significa que mais de metade da variação de CMU é justificada pela variação de PR, EREN, IAM, REC e Gwaste.

Relativamente aos coeficientes das variáveis explicativas, de acordo com a Tabela 8, existem três coeficientes estatisticamente significativos, sendo eles os das variáveis PR, REC e GWaste, visto que apresentam um p-value  $< 0,05$ . Dois dos coeficientes, relativos à Eren e IAM, apresentam um p-value  $> 0,05$ , e não são estatisticamente significativos. Logo são variáveis que, para estudos futuros, não deverão ser consideradas ou deverão ser substituídas por outras que melhor representem a CMU.

Analisando a amostra selecionada para a criação do modelo, existe a possibilidade de que um dos resultados se deva a um erro amostral, ou seja, que a amostra selecionada não reflita corretamente toda a população. Ora, o p-value de cada variável estuda precisamente a probabilidade de isso acontecer. Nesse caso, quanto menor for esse indicador, maior o nível de significância, logo maior a probabilidade de uma variação nos dados da variável independente ser um reflexo verdadeiro de toda a população.

Uma vez que os coeficientes ERen e IAm não são estatisticamente significativos, estes foram retirados, de forma a analisar o seu potencial impacto no indicador  $R^2$  e nas restantes variáveis independentes, mais concretamente nos seus coeficientes. Na tabela 9, pode ver-se a estimação do modelo apenas com os coeficientes estatisticamente significativos. Com base nesses dados, pode afirmar-se que os resultados relativamente às variáveis PR, Gwaste e REC não se alteram, ou seja, continuam coeficientes estatisticamente significativos e o seu sinal não se altera, confirmando, dessa forma, a sua importância e sentido de afetação na relação com a CMU.

**Tabela 9** - Estimação das Variáveis

CMU	Coef	P-value
<b>PR</b>	0,6589006	0,000
<b>REC</b>	0,5230019	0,000
<b>GWaste</b>	-1,086617	0,000
<b>Contante</b>	6,571247	0,000
$R^2$	0,4371	

**Fonte:** Elaboração própria

Da análise da tabela 8, várias conclusões podem ser retiradas relativamente aos resultados dos coeficientes. A PR apresenta um impacto positivo na CMU, ou seja, um aumento da PR traduz-se num aumento da CMU. Assim, verifica-se que o resultado deste coeficiente vai ao encontro das pesquisas realizadas previamente, visto que de acordo com Van Ewijk, (2018), uma maior produtividade de recursos origina uma redução do consumo excessivo de matérias-primas, de forma a produzir mais matérias-primas secundárias, evitando a extração de materiais primários, devido ao um aumento do uso de materiais circulares (Van Ewijk, 2018).

De facto, uma melhor e mais eficiente utilização de recursos, quer seja porque é dado aos mesmos recursos diferentes fins daqueles que originalmente estavam planeados (aumentando o seu período de vida), quer seja por aproveitar restos que anteriormente eram vistos como inúteis, mas agora acumulam-se e reaproveitam-se, evitando assim a compra e, conseqüente, extração de mais matérias-primas, o consumo doméstico de

materiais diminuí, aumentando assim a proporção de uso de materiais circulares face à totalidade de materiais usados na economia (Van Ewijk, 2018).

Dessa forma, os setores de atividade obtêm benefícios económicos, visto que aumentam a sua produtividade em geral, mas também o seu grau de competitividade, não se expondo à volatilidade dos preços das mesmas matérias-primas (Van Ewijk, 2018).

Em conformidade com a revisão de literatura, a REC apresenta igualmente um valor positivo, o que significa que a REC tem um impacto estatisticamente significativo na CMU. Ou seja, quanto maior a taxa de reciclagem, maior será a taxa de uso de material circular, e conseqüentemente, mais circular será a economia. A REC tem sido caracterizada como uma forma para implementar uma economia mais circular, uma vez que reduz em grande escala o uso de novas matérias-primas no mercado, diminuindo os gases com efeito de estufa emitidos para atmosfera. Isto acontece porque, em primeiro lugar, a reciclagem permite uma divisão dos produtos em componentes, facilitando uma desmontagem e recuperação de materiais que serão usados, no futuro, para outros fins, permitindo renovar o seu ciclo de vida, sem que seja necessária a aquisição de novos materiais. Os materiais sendo reutilizados poderão incorporar produtos com maior valor acrescentado (*upcycling*) ou reconvertidos em produtos de menor qualidade (*downcycling*). Caso a reciclagem não seja efetuada, e os resíduos sejam dispostos em aterros, estes não conseguirão voltar a ser utilizados, fugindo assim ao círculo fechado previsto para os materiais, avançando para uma exploração mais intensiva ainda dos recursos naturais que rapidamente se extinguirão. Sendo assim, é claro que a circularidade dos materiais aumenta com um aumento da proporção dos resíduos que são reciclados.

Com um aumento de vida dos materiais e com novas finalidades para além das que inicialmente foram atribuídas aos mesmos, a REC exhibe benefícios relacionados com o custo de produção de matérias-primas para os setores de atividade. Mais concretamente, é diminuído o custo de fabrico dos produtos e a conseqüente volatilidade dos seus preços de venda. Para além disso, diminuí a dependência face aos custos das matérias-primas, reduzindo-se assim também a fragilidade as empresas no que diz respeito à volatilidade dos preços das mesmas matérias (IAPMEI, 2018).

Por fim, o coeficiente da taxa de reciclagem está também em pé de igualdade com a interpretação do atual Ministro do Ambiente, João Fernandes, que estabelece que “A economia circular é uma cadeia de valor sustentável, que começa na concepção de produtos que utilizem menos recursos e mais matérias reutilizadas ou recicladas e que produzam menos resíduos” (IAPMEI, 2018).

No que à variável Gwaste diz respeito, os resultados da tabela 8 demonstram um impacto negativo na CMU, não fomentando, assim, o uso de material circular. Em concordância com trabalhos anteriores, espera-se que uma economia que produza menos resíduos seja mais eficiente em termos de recursos, com menos riscos ambientais decorrentes da gestão de resíduos. A mudança para uma EC tem como objetivo manter o valor dos produtos e materiais pelo maior tempo possível, retornando-os a um novo ciclo após terem atingido o seu ciclo final, minimizando a geração de resíduos. Assim, quanto menos resíduos forem descartados e quanto mais resíduos forem reciclados, menos materiais são extraídos, beneficiando o uso de materiais circulares, o que proporciona uma economia mais circular (Eurostat, 2020).

Relativamente aos IAM é, como foi referido acima, uma variável não estatisticamente significativa e apresenta sinal negativo. Por outras palavras, um aumento nos impostos ambientais traduz-se numa diminuição da circularidade da economia. As conclusões retiradas do modelo são contrárias às mesmas provenientes da revisão de literatura, sendo que esta variável teria um impacto positivo na EC, uma vez que as taxas ambientais corrigem as externalidades negativas e incorporam custos à poluição, tais como a aplicação do “poluidor-pagador”. De facto, a tributação ambiental é comumente referida como um elemento fundamental para desacelerar as mudanças climáticas e promover uma economia mais circular e sustentável (Newton & Pederson, 1996).

Todavia, a inexistência de significância estatística no modelo vai ao encontro do estudo de Alfonso Andretta, que afirma que a abordagem para um maior grau de circularidade da economia passa por mudar o foco para os impostos laborais e não ambientais. Mais especificamente, de acordo com o autor, uma melhor alternativa a aumentar os impostos ambientais seria diminuir os impostos relativos ao trabalho, permitindo às empresas que fortaleçam os seus recursos humanos, e, conseqüentemente, a sua capacidade de inovar (Andretta et al., 2018).

A necessidade de mão-de-obra qualificada da parte da economia circular, permitirá um maior incentivo por parte das empresas ao investimento em Investigação & Desenvolvimento, de forma a inovar o máximo possível relativamente aos materiais e serviços, obtendo um maior período de vida útil das matérias-primas, através de um aumento do uso circular de materiais.

Embora a ERen, no modelo estimado, seja uma variável estatisticamente não significativa, tem um impacto negativo na CMU, ou seja, um aumento na ERen proporciona uma diminuição na CMU. No entanto e de acordo com a revisão de literatura, a ERen é a principal fonte de energia para uma economia mais circular (EllenMac Foudantion, 2015), o que permite reduzir a necessidade do uso de materiais fósseis que não são capazes de se reabastecer naturalmente e que trazem também consequências nefastas para o planeta através da sua utilização. A nível económico, há também benefícios, visto que a energia renovável contribui para o crescimento do PIB e proporciona a criação de emprego. A nível da balança comercial, a energia renovável permite a redução nas importações de matérias-primas não renováveis, tais como, petróleo e carvão, o que incentiva ao consumo de energias renováveis. Todavia, existem alguns obstáculos ao nível do investimento em infraestruturas e em dispositivos, uma vez que estes têm um grande investimento inicial que só será compensado a longo prazo (EllenMac Foudantion, 2015).

Pese embora estas últimas duas variáveis não tenham sido consideradas estatisticamente significativas para a estimação do modelo de acordo com o desempenho da CMU numa economia, foram incluídas neste estudo, pois segundo a revisão de literatura são indicadores que ajudam a avaliar a performance circular. De facto, o resultado obtido não foi o esperado, no entanto é de realçar que estas mesmas variáveis, segundo as perspetivas da CE para os indicadores da EC e segundo a Ellen MacFoundation, são variáveis importantes na análise da circularidade de uma economia, no entanto, não são variáveis a reter para estudar o uso circular de materiais.

## 5. Conclusões

O objetivo da realização desta dissertação foi desenvolver o tema da EC na EU, modelo que substitui o modelo económico linear e que tem tido a atenção de muitos investigadores nos últimos anos. Ao longo do estudo foram inúmeras as vantagens apontadas na implementação de economia circular, sendo que o principal objetivo desta é manter o valor dos produtos, materiais e recursos pelo maior tempo possível, minimizando a geração de resíduos, promovendo o maior uso de materiais circulares, bem como incentivando à reciclagem e à reutilização de materiais. Deste modo, foi feita uma Revisão de Literatura no diz respeito ao conceito da EC, bem como sobre barreiras existentes, e ainda sobre o papel da UE na adoção de indicadores que permitam contribuir para o monitoramento da EC, capazes de mensurar o seu desempenho nos diversos países.

A motivação desta dissertação surge no âmbito da investigação sobre de que forma variáveis como Produtividade de Recursos, Taxa de Energia Renovável, Taxa de Reciclagem, Geração de Resíduos e Taxa de Impostos Ambientais, variáveis independentes da regressão, influenciam o desempenho da Taxa de Uso de Material Circular na União Europeia. O estudo incidiu sobre os vinte e sete países da União Europeia, no período entre 2010 e 2017. A CMU é um indicador que é considerado como *proxy* da EC, uma vez que este retrata o interesse de um país em reutilizar os seus resíduos de forma a produzir matérias-primas secundárias, evitando retirar matérias-primas primárias e otimizando a geração de resíduos de uma economia.

Dos resultados obtidos constata-se que apenas a Produtividade Recursos, a Taxa de Reciclagem e o Geração de Resíduos apresentaram impactos significativos na Taxa de Uso de Material Circular, e com o sinal esperado. Desta forma, quanto maior for a produtividade de recursos e a taxa de reciclagem maior será a CMU, no entanto, a nível da Geração de Resíduos, o sentido é inverso, uma diminuição desta variável estimula uma maior taxa de uso de materiais circulares.

De acordo com os resultados e embora a Taxa de Energia Renovável e a Taxa de Impostos Ambientais sejam consideradas por muitos autores, como Ellen MacFoundation, Mihai Busu (2020) e Hua-qing Wua (2019), bons indicadores de circularidade, são variáveis que no nosso modelo não se mostraram significativas na explicação da variável Taxa de Uso de Material Circular. Relativamente à Taxa de Impostos Ambientais, e uma nota para

futuras investigações, propõe-se o estudo dos impostos ambientais em percentagem do PIB, uma vez que permitem uma comparação da tributação ambiental entre os Estados Membros da UE, tendo em conta a dimensão das diferentes economias nacionais.

Nos dias de hoje é fundamental caminhar para uma economia mais circular, uma vez que ajuda no combate às práticas insustentáveis de exploração de recursos, tratamento de recursos ineficientes e de níveis de poluição atingidos. É assim evidente o valor das políticas públicas para promover uma economia mais circular, deste modo é fundamental dar continuidade às estratégias que a União Europeia tem vindo apresentar.

Para uma mudança de paradigma, uma maior reutilização de bens e materiais tem o potencial de reduzir a geração de resíduos. Uma das medidas para promover a reutilização e estimular a geração de resíduos é transformar os subprodutos de uma indústria em matérias – primas de outra indústria, oferecer incentivos económicos para os produtores utilizarem mais produtos verdes no mercado, bem como apoiar as empresas numa maior taxa de reciclagem.

Pode-se concluir assim que há uma maior aposta por parte da UE em otimizar a produção e o consumo, em promover a reutilização de matérias-primas dando, assim mais tempo de vida útil aos materiais, e em fomentar a reciclagem.

É, também, importante dar incentivos fiscais às empresas para fomentar modelos de negócio mais sustentáveis e ecológicos e promover a EcoInovação e a Pesquisa & Desenvolvimento de forma a criar novos processos e tecnologias que tornem as atividades económicas mais sustentáveis e promovem o crescimento económico.

Uma das limitações do estudo foi o facto de a base de dados não apresentar dados para anos mais recentes. Para investigações futuras sugere-se ainda que o estudo do desempenho da Taxa de Uso de Material Circular sejam utilizadas outras variáveis, tais como a densidade populacional, a tecnologia, o consumo de materiais domésticos, entre outras. Recomenda-se, também, uma análise para anos mais recentes, de forma a perceber se as medidas que a UE tem vindo adotar, tais como, o Pacote de Economia Circular, o Plano de Ação da UE, entre outros, tem tido impactos positivos na circularidade das economias europeias.



## 6. Referências

- Abdullah, S., & Morley, B. (2014). Environmental taxes and economic growth: Evidence from panel causality tests. *Energy Economics*, 42(October), 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.11.013>
- Agência Europeia do Ambiente. (2008). *Taxas Ambientais: Implementação E Eficácia Ambiental*.
- Agência Europeia do Ambiente. (2016). *Municipal waste management across European countries*. <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/municipal-waste-management-across-european-countries>
- Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2(1), 133–140. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0013-6>
- Andretta, A., Addato, F. D., Serrano-bernardo, F., & Bonoli, A. (2018). *ENVIRONMENTAL TAXES TO PROMOTE THE EU CIRCULAR ECONOMY ' S STRATEGY : SPAIN vs . ITALY*. 17(10), 2311.
- Busu, M. (2019). Adopting circular economy at the European Union level and its impact on economic growth. *Social Sciences*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/socsci8050159>
- Busu, M., & Trica, C. L. (2019). Sustainability of circular economy indicators and their impact on economic growth of the European Union. *Sustainability (Switzerland)*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195481>
- Chang, N. Bin. (2008). Economic and policy instrument analyses in support of the scrap tire recycling program in Taiwan. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.026>
- Comissão Europeia. (2019). *Circular material use rate*. Eurostat. [https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei\\_srm030?fbclid=IwAR1yAvwn1LHSfvfD0ZINJWhAME-](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei_srm030?fbclid=IwAR1yAvwn1LHSfvfD0ZINJWhAME-)

pltmnwGCgAEfwIkZcyP2FjQ-VhoLDCms

Di Maio, F., Rem, P. C., Baldé, K., & Polder, M. (2017). Measuring resource efficiency and circular economy: A market value approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.009>

Ellen Macarthur Foundation. (2015). “*Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition.*”

Ellen MacArthur Foundation. (2015). Growth within: a circular economy vision for a competitive europe. *Ellen MacArthur Foundation*, 100.

Ernst & Young. (2020). *Indicadores de Economia Circular: Um Contributo para o Sistema Estatístico Nacional.*

European Commission. (2018a). A European Strategy for Plastics. *European Commission*, July, 24. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02368>

European Commission. (2018b). *Measuring progress towards circular economy in the European Union – Key indicators for a monitoring framework.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2018:17:FIN>

European Environmental Agency. (2016a). Circular economy in Europe. *Developing the Knowledge Base. In European Environment Agency.*

European Environmental Agency. (2016b). More from less - material resource efficiency in Europe. 2015 overview of policies, instruments and targets in 31 countries. In *Rotterdam update January 2016* (Issue 10). <https://doi.org/10.2800/240736>

European Parliament, & Council of the European Union. (2013). Living well, within the limits of our planet: the 7th EAP (2014-20). *Official Journal of the European Union*, 56(354), 171–200.

Eurostat. (2018). Circular material use rate. In *Statistical Office of the European Communities.*

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=e>

n&pcode=cei\_srm030

Eurostat. (2020). *Material flows in the circular economy*.

Ferrão, P. (2015). A produtividade dos recursos naturais como pilar das cidades sustentáveis. *Jornal I*. <https://online.sapo.pt/artigo/398678/a-produtividade-dos-recursos-naturais-como-pilar-das-cidades-sustentaveis-?seccao=Opinião>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Henley, W. (2013). The circular economy: could it present a new way of doing business? *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/circular-economy-new-way-doing-business>

IAPMEI. (2018). *Sistemas de Incentivos à Economia Circular*. 19.

Kasztelan, A. (2020). *How Circular Are the European Economies? A Taxonomic Analysis Based on the INEC ( Index of National Economies ' Circularity )*.

Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. (2018). Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150(December 2017), 264–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>

Millar, N., McLaughlin, E., & Börger, T. (2019). The Circular Economy: Swings and Roundabouts? *Ecological Economics*, 158, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.012>

Mitchell, P., & James, K. (2015). *Economic growth potential of more circular economies*. November, 28. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1026.5049>

Morais, C. (2005). Descrição , análise e interpretação de informação quantitativa Escalas de medida , estatística descritiva e inferência estatística Índice. *Instituto Politécnico de Bragança*, 15, 31.

- Nathan, A. J., & Scobell, A. (2012). How China sees America. In *Foreign Affairs* (Vol. 91, Issue 5, pp. 1–15). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Newton, A. R., & Pederson, D. O. (1996). *TAXAS AMBIENTAIS - Implementação e Eficácia Ambiental* (Vol. 26, Issue 4).
- Parlamento Europeu.* (2015). <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e-beneficios>
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2016). Circular Economy: Measuring innovation in the product chain - Policy report. *PBL Netherlands Environmental Assessment Agency*, 2544, 42.
- Preston, F. (2012). A Global Redesign? Shaping the Circular Economy. *Energy, Environment and Resource Governance*, March, 1–20. <https://doi.org/10.1080/0034676042000253936>
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 179, 605–615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>
- Ritzén, S., & Sandström, G. Ö. (2017). Barriers to the Circular Economy - Integration of Perspectives and Domains. *Procedia CIRP*, 64, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>
- Robaina, M., Villar, J., & Pereira, E. T. (2020). The determinants for a circular economy in Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), 12566–12578. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07847-9>
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207(October 2018), 542–559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in

- China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>
- Trica, C. L., Banacu, C. S., & Busu, M. (2019). Environmental factors and sustainability of the circular economy model at the european union level. *Sustainability (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/su11041114>
- Tura, N., Hanski, J., Ahola, T., Ståhle, M., Piiparinen, S., & Valkokari, P. (2019). Unlocking circular business: A framework of barriers and drivers. *Journal of Cleaner Production*, 212, 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.202>
- Van Ewijk, S. (2018). *Resource efficiency and the circular economy Concepts, economic benefits, barriers, and policies*. January, 1–21.
- Vaz, A. S., Costa, I., Pinheiro, L., Pinto, C., Lobo, H., Vilar, F., & Carvalho, A. (2017). Liderar a transição - Plano de ação para a economia circular. O Desafio dos Recursos Hídricos. *Revista Recursos Hídricos*, 38(2), 29–35. <https://doi.org/10.5894/rh38n2-d4>
- Wu, H. Q., Shi, Y., Xia, Q., & Zhu, W. D. (2014). Effectiveness of the policy of circular economy in China: A DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan. *Resources, Conservation and Recycling*, 83, 163–175. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.003>