

# iscte

INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA

---

**Economia da Empresa e da Concorrência**

## **Índice Circular Sustentável: aplicação à Navigator**

**Ana Carolina Almeida Rei**  
Nº91919

Orientadora:  
Professora Doutora Mónica Alexandra Vilar Ribeiro de Meireles, Prof. Auxiliar,  
ISCTE Business School, Departamento de Economia

Junho 2021

**Economia da Empresa e da Concorrência**

**Índice Circular Sustentável: aplicação à Navigator**

**Ana Carolina Almeida Rei**  
Nº91919

Orientadora:  
Professora Doutora Mónica Alexandra Vilar Ribeiro de Meireles, Prof. Auxiliar,  
ISCTE Business School, Departamento de Economia

Junho 2021

## **Agradecimentos**

O trabalho realizado só foi possível com a ajuda de algumas pessoas, que estiveram sempre disponíveis e que foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação, e às quais gostaria de deixar o meu agradecimento.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Mónica Meireles, por todo o apoio prestado ao longo de toda a elaboração desta dissertação, pela sua disponibilidade e prontidão, sempre que questões me iam surgindo ao longo da tese.

Em segundo lugar, à Ana Nery, “Sustainability Manager” da Navigator, por toda a ajuda e dedicação e pelo fornecimento de toda a informação que foi necessária da empresa.

Em terceiro lugar, à minha família, pelo apoio e motivação durante toda a realização do mestrado. Sem dúvida que são o pilar principal para a concretização dos objetivos pessoais e profissionais.

Por último gostaria também de agradecer aos amigos que me acompanharam nesta jornada e que estiveram sempre prontos a ajudar e incentivar.



## Resumo

Cada vez mais a Economia Circular tem recebido uma grande atenção em todo o mundo, ganhando destaque como ferramenta para reduzir o impacto ambiental da produção e uso de recursos. Tanto nos países como a nível empresarial tem existido uma evolução na melhoria da Economia Circular, levando a um desenvolvimento mais sustentável a nível de produção e consumo.

As empresas têm enfrentado diferentes desafios para combinar o melhor desempenho económico com uma maior responsabilidade ambiental e social, de modo que a monitorização da sustentabilidade se tornou essencial para as empresas tomarem decisões e gerirem as suas atividades.

A avaliação da sustentabilidade pode ser feita utilizando índices ou conjuntos de indicadores. Assim, neste trabalho é desenvolvido e aplicado o Índice Circular Sustentável que avalia a sustentabilidade e circularidade das empresas da indústria transformadora. Este índice é aplicado à empresa “The Navigator Company” para o ano de 2019, de modo a responder às seguintes questões: “Qual o nível de sustentabilidade e circularidade da “The Navigator Company”?” e “Qual(is) a(s) dimensão(ões) que a “The Navigator Company” precisa de melhorar para ter um maior nível de sustentabilidade e circularidade?”.

Constatou-se que o Índice Circular Sustentável da empresa é de 0,49, mostrando que a empresa é razoavelmente sustentável e circular, aplicando noções de sustentabilidade, tendo também presentes algumas preocupações com a Economia Circular. Concluiu-se, também, que a dimensão Social e a dimensão Económica são as áreas prioritárias para mudanças de comportamento, pois são as dimensões menos sustentáveis com um valor de 0,04 e 0,08 respetivamente.

**Palavras-chave:** Economia Circular; Sustentabilidade; Indicadores; Índice Circular Sustentável.

**Classificação JEL:** Q01; Q56.



## **Abstract**

The Circular Economy has been receiving more and more attention around the world for the last few years, gaining prominence as a tool to reduce the environmental impact of production and the use of resources. Both in countries and at the corporate level there has been an evolution in improving the Circular Economy, leading to a more sustainable development at both production and consumption levels.

Companies have faced different challenges to combine better economic performance with greater environmental and social responsibility, thus the sustainability monitoring has become essential for companies to make decisions and manage their activities.

Sustainability assessment can be achieved using indices or sets of indicators. Thus, in this paper the Sustainable Circular Index that assesses the sustainability and circularity of manufacturing companies is developed and applied. This index is applied to "The Navigator Company", for the year 2019, to answer the following questions: "What is the level of sustainability and circularity of "The Navigator Company"?" and "What dimension(s) does "The Navigator Company" need to improve to have a higher level of sustainability and circularity?".

It was found that the Sustainable Circular Index of the company is 0.49, showing that the company is reasonably sustainable and circular, applying notions of sustainability and also taking into account some concerns about the Circular Economy. It was also, concluded that the Social dimension and the Economic dimension are the priority areas for behavioral changes, since they are the least sustainable dimensions with a value of 0.04 and 0.08, respectively.

**Keywords:** Circular Economy; Sustainability; Indicators; Sustainable Circular Index.

**JEL Classification:** Q01; Q56.



# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Revisão de Literatura</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Economia circular</b> .....	<b>3</b>
2.1.1	Transição da Economia Linear para a Economia Circular .....	3
2.1.2	Princípios da Economia Circular .....	5
2.1.3	Níveis da Economia Circular .....	6
2.1.4	Economia Circular nas empresas .....	7
2.1.5	Economia Circular: estado da arte.....	8
<b>2.2</b>	<b>Políticas</b> .....	<b>10</b>
2.2.1	Os 17 objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	10
2.2.2	Acordo de Paris.....	12
<b>2.3</b>	<b>Sustentabilidade Empresarial</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Medição da Sustentabilidade e Circularidade</b> .....	<b>16</b>
2.4.1	Índices Sustentáveis .....	17
2.4.2	Índices Circulares .....	18
2.4.3	Índices sustentáveis e circulares a nível micro .....	21
<b>3</b>	<b>Construção do Índice Circular Sustentável: Uma aplicação ao caso da Navigator</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Setor da celulose e papel</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>A empresa Navigator</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Construção do Índice Circular Sustentável</b> .....	<b>31</b>
3.3.1	Fase 1 – Seleção de indicadores de sustentabilidade e circularidade .....	31
3.3.2	Fase 2 – Ponderação dos indicadores.....	34
3.3.3	Fase 3 – Normalização .....	36
3.3.4	Fase 4 – Método de agregação para construção do Índice .....	37
3.3.5	Fase 5 – Construção do Índice Circular Sustentável .....	38
3.3.6	Sub-índices.....	39
<b>4</b>	<b>Análise e Discussão dos Resultados do Índice Circular Sustentável da Navigator</b> .....	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Fases da construção do Índice Circular Sustentável</b> .....	<b>41</b>
4.1.1	Fase 1 – Seleção de indicadores de sustentabilidade e circularidade .....	41
4.1.2	Fase 2 – Ponderação dos indicadores.....	43
4.1.3	Fase 3 – Normalização .....	45
4.1.4	Fase 4 – Método de agregação para construção do Índice .....	47
4.1.5	Fase 5 – Construção do Índice e Sub-índices .....	47
<b>4.2</b>	<b>Medidas de Circularidade e Sustentabilidade da Navigator</b> .....	<b>47</b>
4.2.1	Economia Circular .....	48
4.2.2	Preservação da água.....	48
4.2.3	Roteiro para Neutralidade Carbónica.....	49
4.2.4	Resposta da Navigator aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	50
<b>5</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>53</b>
	<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>57</b>



## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Economia Circular .....	4
Figura 2.2 - Os 17 objetivos de Desenvolvimento Sustentável .....	11

## Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Cálculo dos índices apresentados .....	20
Quadro 2.2 - Indicadores de Sustentabilidade sugeridos por Salvado et al. (2015) .....	23
Quadro 2.3 - Indicadores de Circularidade propostos por Azevedo et al.(2017) .....	24
Quadro 3.1 - Indicadores de Circularidade para a Navigator .....	33
Quadro 3.2 - Indicadores para o Índice Circular Sustentável na Navigator .....	34
Quadro 4.1 - Valores dos indicadores de sustentabilidade e circularidade da Navigator.....	42
Quadro 4.2 - Classificação dos especialistas e ponderações das dimensões e respectivos indicadores da Navigator .....	45
Quadro 4.3 - Normalização dos indicadores da Navigator .....	46
Quadro 4.4 - Sub-índices das dimensões da Navigator .....	47



## **Glossário**

AHP (Processo de Hierarquia Analítica)

CEPI (Confederação Europeia das Indústrias de Papel)

CQNUAC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas)

DJGI (Índice Dow Jones Global)

DJSI (Índice Dow Jones de Sustentabilidade)

EC (Economia Circular)

ETARs (Estações de Tratamento de Águas Residuais)

GEE (Gases Efeito de Estufa)

GRI (Global Reporting Initiative)

ICM (Índice de Circularidade Material)

ICS (Índice Circular Sustentável)

IEC (Índice de Economia Circular)

MFA (Análise de Fluxo de Materiais)

ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável)

RP (Indicador de Produtividade de Recursos)

SFA (Análise de Fluxo de Substâncias)

SI (Simbiose Industrial)

TBL (Triple Bottom Line)

UE (União Europeia)

WCED (Comissão Mundial das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento)

# 1 Introdução

O modelo de Economia Linear, que depende de grandes quantidades de materiais e energia facilmente acessíveis, tem levado à escassez e ao aumento, a longo prazo, dos preços dos recursos, da energia e do espaço de aterros sanitários. Esta economia faz com que os líderes empresariais e os decisores políticos repensem a utilização de materiais e energia, dissociando o desenvolvimento económico global do consumo de recursos finitos, através de uma Economia Circular que tem em conta o excesso de desperdício, a escassez de recursos naturais e a poluição ambiental (MacArthur, 2013).

A Economia Circular (EC) promove um modelo de desenvolvimento económico, produção, distribuição e recuperação de produtos com potencial para compreender e implementar padrões radicalmente novos e ajudar a sociedade a alcançar um maior desenvolvimento sustentável e bem-estar com baixos ou nenhuns custos materiais, energéticos e ambientais (Ghisellini et al., 2016).

A EC é vista como uma nova estratégia empresarial que pode ser adotada para operar a nível global, nas cidades e regiões (nível macro), nos parques industriais (nível meso) e nas empresas (nível micro).

Este tipo de economia está a ganhar cada vez mais força à medida que as principais associações de defesa e organismos governamentais mundiais reconhecem esta abordagem como uma forma de impulsionar as economias, sem explorar os recursos a um ritmo que exceda a capacidade da Terra. Assim, a Economia Circular está a ganhar uma atenção crescente por parte de investigadores, decisores políticos e governos, que definem políticas importantes para um desenvolvimento global mais sustentável como “Os 17 objetivos de desenvolvimento Sustentável” e o “Acordo de Paris”.

O ritmo crescente das alterações climáticas, causadas principalmente pelo aumento das emissões de gases com efeito de estufa, contribui também para a complexa relação entre o crescimento económico e a degradação ambiental (Cole et al., 1997).

Neste contexto, as empresas vêm-se obrigadas a desenvolver estratégias que integram o crescimento económico e a sustentabilidade promovendo novas práticas e sensibilização, tanto a nível individual como institucional, para assegurar que as sociedades e as nações se comprometam com um mundo mais sustentável. Assim, nos últimos anos, uma abordagem de desenvolvimento sustentável tem estado cada vez mais presente nas empresas e uma transição para uma EC tem sido gradualmente mais implementada. Na EC, os produtos, materiais e

recursos são mantidos na economia pelo maior tempo possível, minimizando a produção de resíduos e representando uma oportunidade de transformar a economia, criando vantagens competitivas novas e mais sustentáveis para as empresas (Lazarevic & Valve, 2017).

Para haver progressos na direção de um desenvolvimento sustentável é necessário haver a identificação de indicadores e índices sustentáveis, pois fornecem informação sobre as condições económicas, sociais e ambientais na elaboração de políticas e comunicação pública na transferência de informação sobre os países e desempenho das empresas (Böhringer & Jochem, 2007; Singh et al., 2009).

Atendendo à importância de avaliar a sustentabilidade e circularidade das empresas, neste estudo, construiu-se um Índice Circular Sustentável aplicado à empresa “The Navigator Company”, para o ano de 2019. A sustentabilidade empresarial foi avaliada juntamente com a circularidade adaptando o Índice Circular Sustentável de Salvado et al. (2015) e de Azevedo et al. (2017) à empresa. De modo a dar resposta às seguintes questões de investigação: “Qual o nível de sustentabilidade e circularidade da “The Navigator Company”?” e “Qual(is) a(s) dimensão(ões) que a “The Navigator Company” precisa de melhorar para ter um maior nível de sustentabilidade e circularidade?”.

Este índice avalia a sustentabilidade empresarial num contexto de Economia Circular, medindo ao mesmo tempo as três dimensões sustentáveis (social, ambiental e económica) e juntando a circularidade. O índice está dividido em cinco fases: a fase 1 que é a seleção de indicadores de sustentabilidade (das dimensões social, ambiental e económica) e circularidade; fase 2 que é a ponderação dos indicadores; fase 3 a normalização; fase 4 o método de agregação para construção do Índice; e a fase 5 que é a construção do Índice.

Este trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão de Literatura, Construção do Índice Circular Sustentável: uma aplicação ao caso da Navigator, Análise e Discussão dos Resultados do Índice Circular Sustentável da Navigator e Conclusões.

Depois da introdução geral, será efetuada, no segundo capítulo, uma introdução ao tema, tendo por base a literatura existente, abordando os principais conceitos relacionados com este estudo (Economia Circular, sustentabilidade e indicadores). No terceiro capítulo será apresentado o Índice Circular Sustentável aplicado ao estudo de caso da Navigator, no quarto capítulo serão apresentados e interpretados os resultados obtidos, sendo mencionados no último capítulo as conclusões, as limitações do presente estudo e as sugestões de pesquisas futuras.

## **2 Revisão de Literatura**

### **2.1 Economia circular**

A Economia Circular (EC) tem recebido uma grande atenção em todo o mundo, ganhando assim destaque como ferramenta para reduzir o impacto ambiental da produção e uso de recursos. Este conceito de “Economia Circular” foi mencionado pela primeira vez por Pearce e Turner (1990).

#### **2.1.1 Transição da Economia Linear para a Economia Circular**

A Economia Circular aparece no sentido de combater a Economia Tradicional, a designada Economia Linear.

Na Economia Linear os bens são produzidos através da extração ilimitada de recursos naturais e utilizados até serem descartados como lixo, existindo uma redução na vida útil do produto. Assim, este tipo de Economia, a longo prazo, torna-se inviável, pois os recursos existentes no planeta tornar-se-ão insuficientes, a extração e a utilização dos recursos aumentarão, assim como o consumo de energia e as emissões de CO<sub>2</sub>, o que levará a um grande impacto no ambiente (Noya et al., 2017; Sariatli, 2017; Jawahir & Bradley, 2016).

Já na Economia Circular assume-se que todos os produtos e serviços que são produzidos através de fatores provenientes da natureza, no fim da sua vida útil voltam novamente à natureza sob a forma de resíduos ou outras formas que tenham baixo impacto ambiental, de modo a serem reutilizados e a voltarem a gerar valor, convertendo-se assim em recursos renováveis.

Esta economia caracteriza-se essencialmente pelo baixo consumo de materiais e recursos na produção, baixo nível de poluição emitido para a atmosfera e elevadas taxas de circulação permitindo assim que os recursos sejam reutilizados como se pode ver na Fig.2.1 (Ying & Li-jun, 2012; Kazancoglu et al., 2018; Lieder & Rashid, 2016; Jun & Xiang, 2011; Jawahir & Bradley, 2016).

Figura 2.1 - Economia Circular



Fonte: Parlamento Europeu, (2015).

Contudo, na transição de uma Economia Linear para uma Economia Circular é necessário que se modifique a cadeia de abastecimento. Esta alteração acontece através da formação de uma cadeia de abastecimento verde que tem como objetivo otimizar a alocação de recursos, aumentando os benefícios tendo sempre em vista a minimização dos impactos no meio ambiente (Kazancoglu et al., 2018; Ying & Li-jun, 2012; Sariatli, 2017).

Também a mudança ao longo da cadeia de valor é necessária na transição para uma economia mais circular. Esta mudança passa pela produção de produtos a novos modelos de negócio e de mercado, de novas formas de transformar os resíduos num recurso a novos modos de proceder por parte dos consumidores. Estas ações enquadram-se em todas as indústrias (Smol et al., 2015).

Assim sendo, a maior diferença entre a Economia Linear e a Economia Circular é que esta transforma o modo de economia de “recurso – produtos - resíduos” da Economia Linear para “recurso – produtos – resíduos – recursos renováveis” estando de acordo com o conceito de desenvolvimento sustentável, permitindo assim satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras de satisfazer as suas necessidades, protegendo sempre o meio ambiente e conseguindo benefícios económicos e sociais, criando uma harmonia entre estes (Ying & Li-jun, 2012; Kazancoglu et al., 2018; Lieder & Rashid, 2016).

A Economia Circular é também muito associada à ecologia industrial, pois esta poderia ajudar na transição de uma Economia Linear para uma Economia Circular, na medida em que existe integração e cooperação entre indústrias, no sentido de adotarem processos de produção em que os resíduos que são gerados poderiam servir como matérias-primas ou subprodutos para outras empresas ou indústrias, sempre com o objetivo de reduzir o consumo de recursos e descargas para o ambiente (Andersen, 2007; Jurgilevich et al., 2016).

Encontrando-se ainda numa fase inicial de desenvolvimento, a implementação da EC é uma solução para a redução dos impactos ambientais. O objetivo da promoção da EC é desagregar o crescimento económico da pressão ambiental (Ghisellini et al., 2016).

### **2.1.2 Princípios da Economia Circular**

Para a implementação do modelo de EC, e para a sua evolução, existe a necessidade constante do acompanhamento dos principais fundamentos inicialmente estabelecidos e que conduzirão à melhoria contínua do modelo.

A EC é essencialmente uma economia ecológica (Ying & Li-jun, 2012; Noya et al., 2017) que se baseia no princípio dos 3Rs, ou seja, Reduzir (diminuir a quantidade de substâncias no processo de produção e consumo), Reutilizar (aumento do tempo da utilização do produto ou serviço) e Reciclar (regeneração do produto após o uso).

Posteriormente, surgiu o princípio dos 6Rs que junta aos já referidos Reduzir, Reutilizar e Reciclar, os conceitos de Redesenhar (redesenho dos produtos da geração seguinte), Recuperar (recolha dos produtos no fim da utilização, preparando-os subsequentemente para os utilizar nos ciclos de vida seguintes) e Remanufaturar (restauração de produtos com materiais já utilizados noutros produtos que terminaram já o seu ciclo de vida) (Jawahir & Bradley, 2016; Sihvonen & Ritola, 2015).

Mais recentemente, surgiu o princípio dos 9R's que junta aos últimos 6Rs os conceitos Reparar (reparo e manutenção do produto com defeito de modo a que possa ser utilizado como na sua função inicial), Remodelar (restaurar um produto antigo e atualizá-lo) e Repensar (tornar o produto mais intensivo, por exemplo compartilhando-o) (Nobre & Tavares, 2019; Fitzsimons et al., 2020; Van Buren et al., 2016).

### 2.1.3 Níveis da Economia Circular

A implementação da Economia Circular é feita a três níveis: o nível micro, que é a implementação ao nível das empresas, o nível meso, nos parques industriais onde existe simbiose e o nível macro, nas cidades e regiões (Zhijun & Nailing, 2007).

Vista como um novo modelo de negócio que conduz a um desenvolvimento mais sustentável, a China, que é um país emergente, tem implementado bastante a Economia Circular. Devido ao seu rápido desenvolvimento económico e rápida industrialização, este país é um dos maiores consumidores de recursos naturais no mundo, o que conduz a problemas ambientais e sociais (Zhijun & Nailing, 2007; Geng & Doberstein, 2008; Fang et al., 2007; Mathews & Tan, 2011).

Também o Japão e a União Europeia (UE) implementam bastante a EC, através de legislação, políticas e regulamentos. Adotam o conceito de Economia Circular de modo a conseguirem estratégias sustentáveis para diminuir os resíduos e aumentar a eficiência dos recursos (Ogunmakinde, 2019). Na União Europeia, por exemplo, a transição para uma EC significa mais 600 mil milhões de euros em ganhos económicos anuais no setor transformador (Korhonen et al., 2018).

Ogunmakinde (2019) estudou a implementação da EC em três países pioneiros, a China, o Japão e a Alemanha. Aborda as várias estratégias implementadas, incluindo políticas ou legislações adotadas nos países. O autor conclui que na China a EC é implementada nos três níveis (micro, meso e macro) tendo em vista a eficiência dos recursos, na Alemanha e no Japão é implementada através da legislação, de políticas e de regulamentos tendo por base a redução de resíduos. Contudo, conclui que a colaboração da população é também essencial para a adoção de uma Economia Circular.

No entanto, embora a EC seja uma alternativa à Economia Linear, alguns países só começaram a implementar a EC mais recentemente como é o caso de alguns países africanos, que só a partir de finais de 2017 começaram a promover mais a EC com a Aliança Africana da Economia Circular. Esta Aliança tem como objetivo desenvolver juntamente com o Fundo para o Ambiente global e o Fórum Económico Mundial uma aliança à escala continental que impulsionará a transformação da África para uma Economia Circular, proporcionando crescimento económico, empregos e resultados ambientais positivos para África (Berg et al., 2018).

Se todos os países continuassem numa Economia Linear, a população não conseguiria sobreviver, a Terra deixaria de ter capacidades para fornecer o essencial à vida humana e em poucos anos o planeta ir-se-ia degradando (Bonviu, 2014).

#### **2.1.4 Economia Circular nas empresas**

A segurança e eficiência dos recursos são fundamentais para a competitividade e a resiliência económica futura, tanto para os países como para as empresas dos diversos setores (Preston, 2012).

A Economia Circular oferece bastantes oportunidades de negócio. Mas para impulsionar esta mudança é preciso investir em inovação, recolher e partilhar dados, difundir as melhores práticas e encorajar as empresas a colaborarem entre elas.

As principais estratégias para se conseguir uma Economia Circular dos fluxos de recursos passam por uma mudança para produtos mais duradouros, reutilização de componentes, remanufatura e produção de produtos com menos materiais (Allwood et al., 2011).

Fazer alterações na produção de produtos, nas suas cadeias de valor, é um grande passo para qualquer empresa e por isso, só será replicado se conduzir ao sucesso comercial (Preston, 2012).

A colaboração entre empresas é importante porque estas precisam de sincronizar investimentos de inovação ou novas máquinas e infraestruturas logísticas, ou simplesmente porque é necessário reunir conhecimentos e competências (Preston, 2012).

A maioria dos parques eco-industriais têm demonstrado eficiência de recursos e poupanças de energia, mas pouco têm desafiado os padrões da produção e do consumo. Os próximos parques eco-industriais poderiam integrar cadeias de abastecimento globais e uma rede de zonas industriais, em vez de apenas utilizarem a simbiose industrial (Preston, 2012).

Existem sectores como a agricultura, o agroalimentar e a construção que apresentam um grande potencial de circularidade (FCT, 2019). No setor agrícola, por exemplo, a implementação da Economia Circular agrícola é a base essencial do sistema económico social nacional global para desenvolver a Economia Circular e estabelecer uma sociedade de reciclagem (Jun & Xiang, 2011). Na Europa são gerados cerca de 1,3 mil milhões de toneladas de resíduos, em que 700 milhões de toneladas são de resíduos agrícolas (Pawelczyk, 2005; Toop et al., 2017).

No setor agroalimentar a EC tem como objetivo reduzir os resíduos, mas ao mesmo tempo fazer também o melhor uso possível dos resíduos produzidos, utilizando processos e procedimentos economicamente viáveis para aumentar o seu valor (Toop et al., 2017).

Já no setor da construção a aplicação da EC tem sido em grande parte limitada à minimização e reciclagem de resíduos de construção. Na Europa a maior parte da investigação no setor da construção tem-se centrado em soluções para gerir a produção de resíduos (Adams et al., 2017).

### **2.1.5 Economia Circular: estado da arte**

Os progressos realizados nas últimas décadas com o intuito de melhorar o bem-estar humano, têm sido feitos muito à custa da degradação duradoura do ambiente e do esgotamento dos recursos naturais.

De modo a dar resposta aos vários desafios globais como as alterações climáticas ou escassez de água, os decisores políticos devem concentrar-se em acelerar a transição para uma Economia Circular. Uma regulamentação inteligente pode recompensar a liderança do setor privado relativamente ao investimento, inovação e práticas relacionadas com a EC e proporcionar incentivos ao longo da cadeia de abastecimento (Preston, 2012).

A extração global de recursos tem crescido drasticamente. Entre 1970 e 2010 a extração global anual de materiais triplicou, passando de 22 mil milhões para 70 mil milhões de toneladas, sendo um dos grandes motivos o crescimento das economias emergentes como a China e a Índia (Ekins & Hughes, 2016).

Para satisfazer as necessidades de uma população crescente, seria necessário que a extração de recursos aumentasse de 85 para 186 mil milhões de toneladas até 2050, o que levaria a danos irreversíveis no ambiente e a colocar em perigo a capacidade da Terra de continuar a fornecer recursos que são essenciais para o desenvolvimento humano (Ekins & Hughes, 2016).

Mas, com a aplicação de políticas e iniciativas com vista à melhoria da eficiência de recursos e ao combate às alterações climáticas, estas podem levar a uma diminuição global de recursos até 28% aumentando paralelamente o valor da atividade económica em 1% em 2050. A prática das ações políticas poderá também reduzir cerca de 60% as emissões globais de gases com efeito de estufa em 2050, em relação aos níveis de 2015 (Ekins & Hughes, 2016).

McDowall et al. (2017) exploram as diferenças no enfoque de políticas de Economia Circular na China e na Europa, e concluem que a perspetiva da China sobre a EC é ampla,

incorporando a poluição e outras preocupações acerca de recursos e resíduos, dando resposta aos desafios ambientais criados pelo rápido crescimento da industrialização. Já a Europa apresenta políticas de EC num âmbito mais restrito, concentrando-se mais nos resíduos e recursos e nas oportunidades de negócio.

Na Europa, os países pioneiros nos conceitos de prevenção e redução de resíduos foram os Países Baixos e a Alemanha, que se viram com o desejo de desviar os resíduos dos aterros (Parto & Herbert-Copley, 2007).

O setor dos resíduos contribui significativamente para o aumento das emissões de gases com efeito de estufa (GEE), não só pela quantidade de resíduos gerados como também pelo tratamento de resíduos, que é um processo bastante poluente.

Segundo o estudo de Pais-Magalhães et al. (2021) os países com maior eficiência ambiental que resultam da geração de resíduos são os que incluem na sua gestão de resíduos uma maior variedade de tratamento de resíduos. Estes são mais eficientes que os países que ainda utilizam a deposição em aterro como forma principal de eliminação de resíduos. Os países da Europa que têm melhor desempenho ambiental e económico são o Luxemburgo, o Reino Unido, os Países Baixos, a Bélgica e a Suécia.

Na UE delinearão-se vantagens para o setor industrial, como a redução de custos de material e maiores lucros (Lieder & Rashid, 2016).

Vários estudos têm sido feitos nesta área, onde a adaptação de uma Economia Circular é essencial para que se consiga satisfazer as ambições económicas, ambientais e sociais, de modo que se consiga um bem-estar da população no presente e no futuro.

Fan e Fang (2020) avaliam o nível de desenvolvimento de 31 regiões da China em 2017 mostrando que as várias regiões provinciais têm desenvolvimentos diferentes ao nível da EC. A Economia Circular na China é fundamental para a promoção da sustentabilidade, por isso este país investe bastante em melhorias tecnológicas. Os autores concluem que os fatores que mais afetam o desenvolvimento da EC são a estrutura industrial, a promoção de políticas, o desenvolvimento tecnológico e a sensibilização da população. A China precisa de desenvolver uma orientação governamental eficaz, restrições legais e conseguir a participação pública orientada para o lucro de modo a que consiga implementar iniciativas de EC em diferentes situações e nas diferentes regiões.

No estudo de Ghisellini et al. (2016), os autores abordam as principais características e perspetivas da EC, expondo as origens, princípios básicos, vantagens e desvantagens e a implementação da EC nos seus diferentes níveis (micro, meso e macro). Na China a EC é promovida como um objetivo político nacional de cima para baixo, enquanto que nos EUA,

no Japão e na União Europeia a EC é uma ferramenta para idealizar políticas ambientais e de gestão de resíduos de baixo para cima. Os autores concluem que a EC não é a ferramenta mais apropriada para sistemas económicos orientados para o crescimento, ou seja, não se pode afirmar que a EC conduza a um maior crescimento económico. No entanto, em sistemas económicos estáveis ou em possível descida da sua economia, a eficiência da EC e a proteção ambiental são fatores fundamentais para orientar políticas de transição para novos padrões de produção e consumo, sendo capazes de atrasar a descida e permitir que haja uma transição mais suave para estilos de vida e dinâmicas socioeconómicas diferentes e mais compatíveis com o ambiente.

## **2.2 Políticas**

Cada vez mais a Economia Circular está a ganhar atenção por parte de investigadores, decisores políticos e governos. Assim sendo, foram definidos “Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” e o “Acordo de Paris” que são duas políticas importantes para um desenvolvimento global mais sustentável.

### **2.2.1 Os 17 objetivos de Desenvolvimento Sustentável**

De maneira a conseguir uma gestão sustentável dos recursos, que é um fator crítico para a erradicação da pobreza e para a formação de um futuro sustentável (Ekins & Hughes, 2016; Leal Filho et al., 2019), as Nações Unidas, em 2015, definiram a Agenda para o Desenvolvimento Sustentável de 2030. Esta Agenda é constituída por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que se podem observar na Fig.2.2. Estes objetivos têm em vista várias dimensões do desenvolvimento sustentável, tanto a nível económico, como social e ambiental, promovendo também a paz, a justiça e instituições eficazes.

Figura 2.2 - Os 17 objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Nações Unidas, (2015).

O setor privado é essencial para alcançar os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável através de ações de sustentabilidade empresarial. Embora todos os objetivos sejam considerados de igual importância, cada empresa interpreta e dá a importância que pretende na sua implementação consoante as metas que cada organização pretende implementar (Ike et al., 2019).

O estudo de Ike et al. (2019) identificou os objetivos específicos considerados pelas empresas multinacionais japonesas de produção que expandem as suas operações para os países em desenvolvimento. Concluiu que as empresas multinacionais escolhidas se concentram num conjunto particular de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ao alargar as suas operações para a Indonésia, Tailândia, Vietname e Filipinas. Sendo este conjunto de objetivos constituído pelo objetivo 4: Educação de Qualidade, o objetivo 8: Trabalho Digno e Crescimento Económico, objetivo 9: Indústria, Inovação e Infraestruturas, o objetivo 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis, o objetivo 12: Produção e Consumo Sustentáveis, o objetivo 14: Proteger a Vida Marinha e, por último, o objetivo 17: Parcerias para a Implementação dos Objetivos. Os decisores políticos dos países devem assegurar a existência de ODS, no entanto, as organizações não governamentais e a comunidade foram também considerados como influentes na escolha de prioridades de certos objetivos considerados pelas empresas.

De maneira a permitir a transição para uma Economia Circular, a Comissão Europeia manifestou interesse em melhorar significativamente a eficiência de recursos da economia europeia. Meyer (2011) estimou que as melhorias na eficiência de recursos através de cadeias

de valor poderiam levar a uma poupança entre 17% e 24% de matérias-primas e poderiam também levar a uma poupança de custos de cerca de 630 milhões de euros na Europa. No entanto Domenech e Bahn-Walkowiak (2019) argumentam que o roteiro de eficiência de recursos da União Europeia tem como objetivo a dissociação entre a utilização de recursos e o crescimento económico. Os autores concluíram que o objetivo das políticas ainda está muito concentrado na produção dos fluxos de recursos, ou seja, na produção de resíduos e de emissões de gases.

### **2.2.2 Acordo de Paris**

Após a adoção da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC), que é umas das três<sup>1</sup> convenções adotadas na Cimeira da Terra, que se realizou no Rio de Janeiro em 1992, foi reconhecida a necessidade de ação coletiva para proteger o ambiente e as pessoas e limitar as emissões de gases com efeito de estufa na atmosfera. Desde então, a comunidade internacional passou mais de duas décadas a negociar regras juridicamente vinculativas sobre a forma de controlar as emissões globais.

Em 1997, assinou-se o Protocolo de Quioto onde foram definidos objetivos juridicamente vinculativos para a limitação de emissões de gases com efeito de estufa dos países desenvolvidos. No entanto, as emissões dos principais GEE (dióxido de carbono, metano e óxido nitroso) em vez de diminuírem, que era o objetivo, aumentaram de forma constante (Falkner, 2016; Christoff, 2016).

Apesar de apenas ter sido implementado em países desenvolvidos, o Protocolo não desempenhou um papel significativo na condução da maioria das políticas climáticas nacionais de alguns países. Na Rússia, Canadá e Austrália, por exemplo, o Protocolo de Quioto quase não teve efeito sobre a redução de emissões enquanto outros, como o Japão, foram-se afastando gradualmente do Protocolo. A UE foi o único grupo de grandes emissores que se manteve empenhado em implementar os seus compromissos de acordo com o Protocolo (Bang et al., 2015). Os EUA, o maior emissor de dióxido de carbono do mundo até 2006, foi o único país que se recusou a ratificar o Protocolo.

Mas em 2015, os líderes mundiais chegaram a acordo sobre os novos objetivos contra as alterações climáticas. Nessa data foi criado o Acordo de Paris que inclui um plano de ação

---

<sup>1</sup> As outras duas convenções adotadas na Cimeira da Terra foram a Convenção sobre a Diversidade Biológica (tratando da proteção da biodiversidade) e a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (tratando da redução da Desertificação).

para limitar o aquecimento global, que entrou em vigor a 4 de Novembro de 2016, e em que todos os países da União Europeia ratificaram o acordo.

Este Acordo contém o objetivo de temperatura mais rigoroso de qualquer acordo climático internacional até à data (Christoff, 2016). De facto, até 2030, tem como objetivo manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais e em dedicar esforços para limitar o aumento a 1,5°C (Falkner, 2016; Ekins & Hughes, 2016) e diminuir as emissões de GEE em pelo menos 40% comparativamente a 1990 (Liobikienė & Butkus, 2017).

Com o intuito de alcançar as reduções das emissões de gases com efeito de estufa a longo prazo, o Acordo obriga as partes a apresentar regularmente planos de ação nacionais integrais das alterações climáticas para reduzirem as suas emissões, que preferencialmente devem ser entregues em intervalos regulares de cinco anos (Falkner, 2016; Analytics, 2015).

Portugal comunicou logo desde o início que cumpriria o objetivo da neutralidade carbónica até 2050, sendo a primeira nação do mundo a assumir este compromisso. Segundo um relatório da Comissão Europeia emitido a 30 de novembro de 2020, mostrava que Portugal era o Estado-membro que se encontrava mais perto dos objetivos europeus de redução de emissões para 2030 (Silva & Fernandes, 2010).

Em contraste com o Protocolo de Quioto, que não tinha objetivos a longo prazo, os objetivos do Acordo de Paris pedem investimentos globais em programas de sequestro de carbono, a fim de alcançar reduções de emissões a longo prazo. Ou seja, uma das diferenças entre o Protocolo de Quioto e o Acordo de Paris é que o primeiro apenas impôs a obrigação de redução de emissões a países desenvolvidos enquanto que o segundo obriga todos os emissores a tomarem medidas a nível nacional para limitar o aquecimento global.

A 1 de Junho de 2017, o Presidente Donald Trump anunciou que os EUA se retirariam do Acordo de Paris. Esta saída dos EUA fez com que houvesse uma perturbação no processo de cooperação climática, que não trouxe benefícios para os EUA nem para a governação climática global (Zhang et al., 2017). Contudo, na sequência da vitória de Joe Biden nas eleições presidenciais americanas de 2020, os EUA retornaram oficialmente ao Acordo de Paris, em Fevereiro de 2021, com o objetivo de combater a crise climática (Broom & Gray, 2020).

O Acordo de Paris reconhece a primazia da política interna nas alterações climáticas e permite aos países estabelecerem o seu próprio nível de ambição para a mitigação das alterações climáticas. Estabelece um quadro para fazer promessas voluntárias que podem ser comparadas, com o intuito de que a ambição global possa ser aumentada através de um

processo “naming and shaming”, ou seja, os países fazem as suas promessas que são públicas a nível internacional e caso não sejam cumpridas o país passa a “vergonha” do incumprimento das mesmas, no entanto também é uma maneira de dar ideias de objetivos para outros países (Falkner, 2016; Christoff, 2016). Enquanto que os países desenvolvidos deverão continuar a assumir a liderança, empreendendo objetivos de redução absoluta de emissões em toda a economia, os países em desenvolvimento deverão continuar a intensificar os seus esforços de mitigação, sendo apenas incentivados a avançar ao longo do tempo para o tipo de objetivos de redução ou limitação de emissões que se aplicam aos países industrializados (Falkner, 2016). Cada país escolhe e adequa os seus planos de ação nacionais consoante as suas circunstâncias económicas ao decidir o nível de “esforços de mitigação” a aplicar para as metas de redução absoluta das emissões emitidas. Isto quer dizer que as economias emergentes, cujas emissões aumentam de acordo com o seu crescimento económico, já não se podem desculpar pelo seu estatuto oficial de países em desenvolvimento, esperando-se assim que deem um maior contributo para a mitigação das alterações climáticas globais, como é o exemplo da China e da Índia (Hurrell & Sengupta, 2012).

As alterações climáticas representam um grande desafio principalmente para as sociedades mais pobres, uma vez que a incapacidade de reduzir rapidamente as emissões está a impossibilitar o controlo do aquecimento global durante as próximas décadas (Falkner, 2016). Relativamente à parte económica os países em desenvolvimento exigiram, nas negociações do Acordo de Paris, regras claras e compromissos firmes ao nível de ajuda financeira para a redução das alterações climáticas e adaptação às mesmas. A UE e outros países dispuseram-se a ajudar financeiramente os países em desenvolvimento com os custos dos programas contra as alterações climáticas.

Em 2020 foi concluída a avaliação formal do progresso das emissões dos gases com efeito de estufa e devem ser assumidos novos compromissos para o período pós 2025. É esta confiança na ambição voluntária dos países nas políticas climáticas que marca a diferença mais significativa da abordagem do Protocolo de Quioto.

O Acordo de Paris espera que os novos compromissos excedam a ambição dos existentes, de modo a aumentar a ambição climática, no geral (Falkner, 2016).

Segundo Analytics (2015), a necessidade de preencher a lacuna entre os níveis de emissões previstos apresentados pelos planos de ação nacionais em 2025 e os níveis necessários para limitar o aquecimento global a menos de 2°C significa que seria necessária uma ação consideravelmente mais rápida e dispendiosa em que fossem adotados objetivos mais

ambiciosos adotados para 2025 e em que os governos tomassem agora medidas imediatas para os atingir.

Para Victor e Kennel (2014) os objetivos do Acordo de Paris não são atingíveis. Segundo estes autores, existiu pouca base científica para o valor de 2°C que foi adotado, pois este objetivo não teve em conta a absorção de calor pelos oceanos.

### **2.3 Sustentabilidade Empresarial**

Atualmente ainda existe muita discussão sobre como definir sustentabilidade e alguns autores argumentam, mesmo, que o conceito de sustentabilidade não pode ser “devidamente definido” (Costanza & Patten, 1995).

Segundo o relatório de Brundtland et al. (1987), também conhecido como “O Nosso Futuro Comum”, da Comissão Mundial das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento (WCED), a sustentabilidade é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas necessidades. Para Wang (2005) a sustentabilidade é o equilíbrio entre crescimento financeiro, melhoria ecológica e equidade ética.

Na perspetiva empresarial a definição de Brundtland et al. (1987) além do enfoque nos aspetos económicos de uma empresa, sugere também, satisfazer as necessidades das partes interessadas de uma empresa sem comprometer a sua capacidade de satisfazer as necessidades das futuras partes interessadas.

Já Burritt e Petersen (2003) definem sustentabilidade numa abordagem empresarial em que influencia os efeitos sociais, ambientais e económicos de uma empresa no seu desenvolvimento sustentável e no desenvolvimento sustentável da economia e da sociedade. Este conceito de sustentabilidade está alinhado com o critério “Triple Bottom Line” (TBL) desenvolvido por John Elkington e retratado por Berkovics (2010), que considera o desenvolvimento sustentável como um conceito tridimensional que envolve as três dimensões equitativamente, ou seja, o crescimento económico e o bem-estar social em harmonia com o ambiente.

Do ponto de vista empresarial, as sinergias resultantes do enfoque nestas três dimensões são o ponto de partida para a implementação de iniciativas de sustentabilidade. Neste sentido, as empresas têm enfrentado enormes desafios na tentativa de operacionalizar o conceito de desenvolvimento sustentável para que este possa ser utilizado como uma ferramenta na evolução de uma perspetiva empresarial puramente económica para uma perspetiva mais

sustentável. Deste novo ponto de vista, a inclusão de preocupações ambientais e sociais permite às empresas e às suas cadeias de abastecimento continuar a desenvolver-se a longo prazo (Carter & Rogers, 2008), preservando ao mesmo tempo o ambiente e a sociedade.

O sucesso e a competitividade de uma empresa a longo prazo são a base da sua dimensão económica. Ao contrário da dimensão social e ambiental, a dimensão económica é essencialmente quantitativa por natureza, centrando-se na utilização eficiente dos recursos para alcançar um retorno do investimento (Rumelt, 1974).

O verdadeiro desafio do desenvolvimento sustentável é encontrar novas estratégias para as empresas colaborarem com fornecedores, clientes e outras partes interessadas, de modo a cumprir não só as suas responsabilidades económicas, sociais e ambientais, mas também de beneficiar de vantagens competitivas (Elkington, 1994).

Assim, tem havido um grande foco na aplicação da sustentabilidade e na sua medição com diversos indicadores.

## **2.4 Medição da Sustentabilidade e Circularidade**

A Economia Circular pode ser utilizada como uma forma para alcançar o desenvolvimento sustentável, fechando os circuitos de produção e consumo, de modo a encontrar um equilíbrio entre aspetos económicos, ambientais e sociais numa economia, setor ou processo industrial individual (Ghisellini et al., 2016; Lozano, 2008).

O desenvolvimento sustentável é um conceito difícil de medir e avaliar devido à sua abrangência. Existe falta de definições e critérios precisos que avaliem as medidas que levem a uma Economia Circular (Haas et al., 2015).

Para haver progressos na direção de um desenvolvimento sustentável é necessário haver a identificação de indicadores e índices tanto a nível sustentável como a nível circular, pois fornecem informação sobre as condições económicas, sociais, ambientais e circulares na elaboração de políticas e comunicação pública na transferência de informação sobre os países e desempenho das empresas (Böhringer & Jochem, 2007; Singh et al., 2009).

Os indicadores são utilizados para recolher, realizar e usar informação com os objetivos de ajudar os decisores a tomarem decisões melhores, conduzir a escolhas políticas mais inteligentes, medir o progresso e inspecionar os mecanismos de *feedback* (Caeiro et al., 2012). Estes devem ser aplicados consoante o objetivo da abordagem, em vez de se criar um conjunto generalizado de indicadores que se adequem a todas as aplicações (Dewulf & Van Langenhove, 2005).

Assim, um indicador resume, foca e condensa a grande complexidade do ambiente dinâmico existente numa quantidade manipulável de conhecimento significativo (Singh et al., 2009) e pode ser qualificado como quantitativo ou qualitativo (Meadows, 1998).

Um índice é uma comparação de uma quantidade com padrões científicos ou arbitrários e que se baseia na maioria das vezes em vários indicadores (Boulanger, 2008). Mas, em alguns índices não são cumpridos os requisitos científicos fundamentais, o que os torna bastante inúteis, se não mesmo enganosos relativamente ao aconselhamento político (Böhringer & Jochem, 2007).

#### **2.4.1 Índices Sustentáveis**

O papel dos indicadores de desenvolvimento sustentável foi mencionado na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992. Esta apela aos países individuais, assim como às organizações governamentais e não governamentais internacionais, que desenvolvam e identifiquem indicadores de desenvolvimento sustentável que melhorem a base de informação para que se tomem decisões a todos os níveis (UNCED, 1992).

Vários índices de desenvolvimento sustentável foram desenvolvidos, no entanto a variedade existente de indicadores de desenvolvimento sustentável coloca um problema, pois os decisores políticos exigem um índice que possa ser claro na sua interpretação e facilmente comunicado ao público em geral (Bass & Dalal-Clayton, 2012).

O Índice Dow Jones de Sustentabilidade (DJSI), lançado em 1999, é um dos índices de sustentabilidade mais importantes. Ele acompanha o desempenho de 10% das melhores empresas do Índice Dow Jones Global (DJGI), que são líderes em termos de sustentabilidade empresarial (Searcy & Elkhawas, 2012). De acordo com este índice, sustentabilidade significa criar valor a longo prazo para os acionistas, agarrando oportunidades e gerindo riscos derivados de desenvolvimentos económicos, sociais e ambientais (Jones, 2005).

No estudo de Lee e Huang (2007), estes autores propuseram um índice de sustentabilidade para avaliar o desenvolvimento sustentável na cidade de Taipé entre 1994 e 2004. Os indicadores usados para o índice assentam nas dimensões económicas, sociais, ambientais e institucionais. Os autores concluíram que os indicadores das dimensões sociais e ambientais estão a progredir para o desenvolvimento sustentável enquanto que as dimensões económica e institucional estão a ter um desempenho relativamente fraco. Contudo, no geral, o índice de

sustentabilidade de Taipé indica uma tendência gradual para o desenvolvimento sustentável no período de tempo referido.

Já no estudo de Salvado et al. (2015), estes autores propõem um índice de sustentabilidade que fornece às empresas informações sobre o seu nível de sustentabilidade nas dimensões económica, social e ambiental, mostrando o seu desempenho tanto a nível individual como a nível da cadeia de abastecimento e aplicam-no a um estudo de caso na indústria automóvel. Os autores concluem que existe um baixo nível de sustentabilidade e que é necessário dar mais atenção às dimensões social e ambiental.

#### **2.4.2 Índices Circulares**

Sendo o modelo de Economia Circular operante a 3 níveis (macro, meso e micro), torna-se essencial identificar os diferentes graus de aplicabilidade das estratégias políticas de circularidade definidas pelas organizações (Kirchherr et al., 2017).

A nível macro, para medir a EC a nível nacional vários autores adotaram a Contabilidade e Análise de Fluxo de Materiais (MFA). A MFA assenta num princípio metodológico simples e genérico, de modo a que exista um equilíbrio e conservação dos materiais (Moriguchi, 2007). Moriguchi (2007) analisou os progressos na análise do fluxo de materiais e a sua utilização no fornecimento de indicadores de produtividade de recursos, baseando-se na evolução da política japonesa. Já Qing et al. (2011) avalia o desenvolvimento da EC da província de Shaanxi (na China) através de um Índice que tem em conta o desenvolvimento social e económico, a eficiência de recursos, a reciclagem e reutilização de recursos, a proteção ambiental e a redução de poluição. Os resultados mostram que a evolução da EC nesta província está em desenvolvimento ascendente.

A nível meso, os estudos propõem diferentes índices para medir o nível de adoção da EC em setores industriais específicos. Li e Su (2012) propuseram um índice baseado no desenvolvimento económico, na exploração de recursos, na redução da poluição, na eficiência ecológica e potencial de desenvolvimento para avaliar o nível de desenvolvimento de EC nas empresas químicas chinesas. Wen e Meng (2015) combinam a abordagem da Análise de Fluxo de Substâncias (SFA) com o indicador de Produtividade de Recursos (RP) para avaliar a contribuição da adoção da Simbiose Industrial (SI) para o desenvolvimento da EC em parques industriais.

A nível micro, a Fundação Ellen MacArthur (2021) propôs o Índice de Circularidade Material (ICM), possível de ser calculado online, que permite que as empresas identifiquem o valor

circular aditivo a partir dos seus materiais e produtos e reduzam os riscos da volatilidade dos preços dos materiais e do seu fornecimento. Di Maio e Rem (2015) propõem um índice simples e robusto fácil de calcular e interpretar, o Índice de Economia Circular (IEC). Este define a relação entre o valor do material obtido a partir de produtos reciclados e o que entra na instalação de reciclagem. Os autores argumentam que para se conseguir um desenvolvimento mais sustentável é preciso recuperar o máximo possível do valor do material dos resíduos através de uma reciclagem eficaz.

A título de exemplo apresenta-se no quadro 2.1 a forma de cálculo de alguns destes índices.

Quadro 2.1 - Cálculo dos índices apresentados

Autores	Cálculo	Designação
Qing et al. (2011)	$F = 0,1493F_1 + 0,1824F_2 + 0,2228F_3 + 0,2228F_4 + 0,2228F_5$	<p>F – Desenvolvimento da Economia Circular</p> <p>F<sub>1</sub> - Pontuação integrada do subsistema de desenvolvimento económico e social</p> <p>F<sub>2</sub> - Pontuação integrada do subsistema de eficiência de recursos</p> <p>F<sub>3</sub> - Pontuação integrada do subsistema de reciclagem e reutilização de recursos</p> <p>F<sub>4</sub> - Pontuação integrada do subsistema de proteção ambiental</p> <p>F<sub>5</sub> - Pontuação integrada do subsistema de redução da poluição</p> <p>Os valores presentes na fórmula correspondem ao peso das diferentes variáveis.</p>
Li e Su (2012)	$R = \sum_{i=1}^n W_i * R_i$	<p>R – Nível de desenvolvimento da Economia Circular</p> <p>W<sub>i</sub> – Peso do indicador i</p> <p>R<sub>i</sub> – Valor da normalização do indicador i</p>
Wen e Meng (2015)	$RP_i = \frac{\sum IAV}{\sum DMI_i}^2$	<p>RP<sub>i</sub> – Produtividade dos recursos i (i= cobre, água e energia)</p> <p><math>\sum IAV</math> - Valor acrescentado industrial das empresas na cadeia de produção das placas de circuito impresso</p> <p><math>\sum DMI_i</math> – Entradas diretas dos recursos i</p>
Di Maio e Rem (2015)	$CEI = \frac{\text{Valor do material produzido pelo reciclador (valor de mercado)}}{\text{valor do material que entra na instalação de reciclagem}}$	<p>CEI – Índice de Economia Circular</p>

Fonte: Elaboração própria.

<sup>2</sup> Depois de calculada a fórmula RP, analisam-se num gráfico estes resultados em conjunto com os da SFA.

Banaitê (2016) analisa como os sistemas de avaliação da economia circular refletem os princípios básicos da economia circular e as componentes do desenvolvimento sustentável, estudando dois níveis de circularidade de forma diferente, o nível micro e o nível macro.

Ao nível micro a implementação dos princípios de circularidade tem como objetivo a medição do grau de circularidade da organização, principalmente através da implementação de indicadores que ajudem na caracterização, condição e problemas com que a organização se defronta.

Por outro lado, a nível macro os indicadores são importantes relativamente à avaliação, monitorização e melhoria de políticas e programas no que concerne à Economia Circular e desenvolvimento sustentável. Os indicadores são fundamentais neste nível pois permitem a comparação em termos globais do desempenho de determinada região segundo os objetivos definidos de acordo com as três dimensões fundamentais, nomeadamente as dimensões social, económica e ambiental.

Para complementar as dimensões anteriores há um quarto nível, o nível nano. Este nível é considerado num grau de análise mais reduzido e onde se integram os produtos e respetivos materiais e componentes (de Oliveira et al., 2021).

Nenhum indicador é universalmente aplicável (Lehtonen et al., 2016) e para gerir a sustentabilidade não existe um método único e robusto, mas sim diversas técnicas que foram adaptadas pelas empresas de modo a incorporar diferentes aspetos isolados da sustentabilidade (Nawaz & Koç, 2018).

Contudo, atualmente, continua a existir uma lacuna de indicadores para a Economia Circular, principalmente a nível micro (Elia et al., 2017).

### **2.4.3 Índices sustentáveis e circulares a nível micro**

À medida que o interesse na Economia Circular cresce, existe uma necessidade de preparar estratégias de transição baseadas em informação relativa ao desempenho circular, riscos e oportunidades associadas por parte das empresas (de Oliveira et al., 2021).

A nível micro a implementação de princípios de Economia Circular numa empresa necessita que sejam estabelecidos indicadores específicos consoante as características, condições e problemas existentes de cada empresa. A determinação de indicadores muito unificados e apenas um padrão de indicadores pode não alcançar o desenvolvimento completo da Economia Circular em diferentes empresas (Su et al., 2013).

Conjuntos de indicadores que combinam as dimensões social, económica e ambiental ajudam as empresas a medir os seus esforços de sustentabilidade numa escala muito maior comparativamente com a utilização de indicadores individuais (Joung et al., 2013).

Mas, uma questão que dificulta a medição da sustentabilidade é a falta de consenso nos indicadores de sustentabilidade (Sikdar, 2003), o que corresponde a uma barreira importante para a implementação de estratégias de sustentabilidade (Veleva & Ellenbecker, 2001).

Geralmente, a sustentabilidade empresarial é avaliada usando indicadores das três dimensões principais, designadamente a económica, ambiental e social (Berkovics, 2010). No entanto, existem autores que argumentam que a junção de outros indicadores é necessária para melhorar a avaliação das contribuições económicas (Moriguchi, 2007).

Apesar das diversas iniciativas de medir a sustentabilidade, nem todas têm um enfoque integrador onde medem ao mesmo tempo todas as dimensões (Labuschagne et al., 2005; Singh et al., 2009).

Qualquer medida para avaliar ações empresariais relativamente à Economia Circular deve-se basear na durabilidade material e/ou do produto, de modo a permitir que os gestores possam visualizar a sua contribuição para uma Economia Circular (Moriguchi, 2007).

Com o intuito de diminuir a lacuna existente de indicadores a nível micro, Azevedo et al. (2017) propõem um índice que avalia a sustentabilidade e a circularidade empresarial de empresas da indústria transformadora num contexto de Economia Circular, o Índice Circular Sustentável (ICS). O estudo de Azevedo et al. (2017) baseia-se no estudo de Salvado et al. (2015), referido no subcapítulo 2.4.1. e inclui quatro dimensões, nomeadamente a económica, ambiental e social, referidas no estudo de Salvado et al. (2015), acrescentando a estas a dimensão de circularidade, que é uma das diferenças em relação ao estudo de Salvado et al. (2015). Outra das diferenças é que o índice proposto por Azevedo et al. (2017) é para ser aplicado a uma empresa individual e não para uma cadeia de abastecimento e o método de medição dos indicadores sugerido em vez de ser o Processo de Hierarquia Analítica (AHP) é o método Delphi.

Cada uma das dimensões é direcionada por objetivos. Na dimensão económica, o valor económico direto gerado e distribuído juntamente com as despesas em pesquisa e desenvolvimento e o emprego têm de ser maximizados. Do mesmo modo, na dimensão da circularidade, os *inputs* oriundos de materiais novos e de materiais reciclados e reutilizados, a eficiência do processo de reciclagem, o tempo de vida e a intensidade dos produtos usados também têm de ser maximizados (Azevedo et al., 2017). Já na dimensão ambiental, a energia utilizada, a água consumida e os resíduos perigosos devem ser minimizados. Da mesma

forma, na dimensão social, a rotação de trabalhadores, os acidentes de trabalho, a perda de produtividade e o trabalho precário também têm de ser minimizados (Azevedo et al., 2017). O quadro 2.2 expressa os indicadores para cada dimensão de sustentabilidade sugeridos por Salvado et al. (2015) e o quadro 2.3. os indicadores de circularidade para as empresas do setor da indústria transformadora propostos por Azevedo et al. (2017).

Quadro 2.2 - Indicadores de Sustentabilidade sugeridos por Salvado et al. (2015)

<b>Dimensão da Sustentabilidade</b>	<b>Indicadores de Sustentabilidade</b>	<b>Unidade de Medida</b>
Social	Número de acidentes por ano por empresa <i>i</i>	Quantidade
	Perda de produtividade por empresa <i>i</i>	%
	Percentagem de mulheres na empresa <i>i</i>	%
	Percentagem de trabalhadores temporários pela empresa <i>i</i>	%
	Taxa de absentismo por empresa <i>i</i>	%
	Rotação de trabalhadores por empresa <i>i</i>	Quantidade
	Percentagem de pessoas com necessidades especiais por empresa <i>i</i>	%
Económico	Valor económico direto gerado e distribuído por empresa <i>i</i>	€
	Despesas em pesquisa e desenvolvimento por empresa <i>i</i>	€
	Número de pessoas empregadas por empresa <i>i</i>	Quantidade
Ambiental	Taxa de resíduos não perigosos por empresa <i>i</i>	%
	Taxa de resíduos perigosos por empresa <i>i</i>	%
	Quantidade de água consumida por ano em processos industriais por empresa <i>i</i>	m <sup>3</sup>
	Quantidade de energia usada por ano por empresa <i>i</i>	kW/h

Fonte: Salvado et al. (2015).

Quadro 2.3 - Indicadores de Circularidade propostos por Azevedo et al.(2017)

Indicador	Caracterização	Cálculo	Unidade de Medida
Input no processo de produção	Quantidade de <i>inputs</i> provenientes de materiais virgens e reciclados e componentes reutilizados	<p>Quantidade de material virgem (VM) para cada subconjunto, peça e/ou material: <math>V_{(x)}</math></p> $= M_{(x)}(1-F_{R(x)} - F_{U(x)}), \text{ onde}$ <p><math>M_{(x)}</math> - Massa do produto <math>x</math></p> <p><math>F_{R(x)}</math> - Fração de massa da matéria-prima de um produto <math>x</math> de fontes recicladas</p> <p><math>F_{U(x)}</math> - Fração de massa da matéria-prima de um produto <math>x</math> de fontes reutilizadas</p> <p>Quantidade total de material virgem:</p> $V = \sum_x^i V_{(x)}$ <p>A quantidade de resíduos gerados no momento da coleta para cada subconjunto, peça e/ou material:</p> $W_{o(x)} = M_{(x)}(1-C_{R(x)}-C_{U(x)}), \text{ onde:}$ <p><math>C_{R(x)}</math>-Fração de massa de um produto <math>x</math> coletado para entrar num processo de reciclagem</p> <p><math>C_{U(x)}</math> - Fração de massa de um produto <math>x</math> para a reutilização de componentes</p>	Quantidade
Utilidade durante a fase de uso	Tempo de vida e intensidade do produto utilizado, em comparação com um produto médio da indústria de tipo semelhante. Considera a maior durabilidade dos produtos e também os modelos de negócios de reparação/ manutenção e	$Util_{usePhase} = \left(\frac{L}{L_{av}}\right) \times \left(\frac{U}{U_{av}}\right)$ <p><math>\frac{L}{L_{av}}</math> - É responsável por qualquer redução, ou aumento, do fluxo de resíduos num determinado período de tempo para produtos que têm um tempo de vida <math>L</math> mais longo, ou mais curto, do que a média da indústria;</p> <p><math>L_{av}</math> - Baseia-se na premissa de que, se a vida útil de um produto for duplicada, os resíduos criados e os materiais virgens utilizados por ano pela porção linear do fluxo de um produto são reduzidos para metade;</p>	Quantidade

	consumo partilhado.	$\frac{U}{U_{av}}$ - Reflete a medida em que um produto é utilizado até à sua capacidade máxima; $U$ - Número de unidades funcionais obtidas durante a utilização de um produto; $U_{av}$ - Número de unidades funcionais alcançadas durante a utilização de um produto de tipo semelhante. Espera-se que, na maioria dos casos, ou os tempos de vida ou as unidades funcionais, mas não ambas, sejam utilizados para calcular a UtilusePhase. Se forem utilizados exclusivamente os tempos de vida, isto significa assumir que $\frac{L}{L_{av}} = 1$ . Se forem utilizadas exclusivamente unidades funcionais, isto significa assumir que $\frac{U}{U_{av}} = 1$ .	
Eficiência da reciclagem	Quantifica quão eficientes são os processos de reciclagem utilizados para produzir <i>inputs</i> reciclados e para reciclar material após utilização.	Os valores de eficiência do processo de reciclagem de um material específico e do processo de reciclagem dependerão de uma vasta gama de fatores tais como: o(s) material(ais) - alguns materiais são mais fáceis de reciclar e terão frequentemente uma maior eficiência de reciclagem; a quantidade de material(ais) envolvido(s); o processo de preparação da reciclagem - pode ser esperada uma maior eficiência quando a desmontagem do produto ocorrer antes da recuperação do material.	Porcentagem

Fonte: Azevedo et al. (2017).

Para o cálculo do Índice Circular Sustentável sugerido por Azevedo et al. (2017) deve-se ter em consideração que: 1) o conjunto de indicadores de sustentabilidade e a circularidade deve ser apropriado ao tipo de empresa da indústria transformadora; 2) os pesos das dimensões de sustentabilidade e de circularidade e os respetivos indicadores devem ser acedidos por um

painel de especialistas através da técnica Delphi<sup>3</sup>; 3) o método de agregação sugerido é o método de Ponderação Aditiva Simples (SAW)<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Permite descobrir a opinião de um grupo de especialistas. Este conceito será mais desenvolvido no subcapítulo 3.3.2.

<sup>4</sup> Método baseado na média ponderada. Este conceito será mais desenvolvido no subcapítulo 3.3.4.

### **3 Construção do Índice Circular Sustentável: Uma aplicação ao caso da Navigator**

Com esta dissertação pretende-se efetuar uma investigação sobre a Economia Circular e a sustentabilidade, analisando e compreendendo o seu impacto em todas as dimensões, ao nível micro.

O objetivo desta pesquisa envolve a aplicação de um índice de sustentabilidade e circularidade a um estudo de caso aplicado a uma empresa do setor da celulose e papel para o ano de 2019. A empresa selecionada foi a “The Navigator Company” devido à sua relevância para a indústria da celulose e papel portuguesa e por ser reconhecida na indústria portuguesa como uma referência em assuntos relacionados com a sustentabilidade.

Com este índice pretende-se responder às questões de investigação a seguir identificadas:

“Qual o nível de sustentabilidade e circularidade da “The Navigator Company”?”

“Qual(is) a(s) dimensão(ões) que a “The Navigator Company” precisa de melhorar para ter um maior nível de sustentabilidade e circularidade?”

#### **3.1 Setor da celulose e papel**

O setor industrial é um dos setores mais importantes da economia humana. Os sistemas industriais causam e determinam fluxos de materiais e energia através da economia humana (Azapagic & Perdan, 2000).

Embora a indústria seja frequentemente vista como uma fonte de degradação do ambiente e de esgotamento de recursos naturais (Herva et al., 2011), perturbações de paisagens, ameaças à saúde e segurança dos trabalhadores e da sociedade em geral (Azapagic, 2004), é bastante reconhecido que é uma parte vital do desenvolvimento e da criação de riqueza, e por isso, a indústria deve desempenhar um papel notável na identificação e implementação de opções mais sustentáveis (Azapagic & Perdan, 2000; Holdren, 1974).

Cada vez mais o desempenho sustentável começa a ser integrado na estratégia e desenvolvimento empresarial e comunicado externamente sob a forma de relatórios ambientais. Um recente estudo realizado pela KMPG, a 11ª edição da KPMG Survey of Sustainability Reporting, reviu relatórios de sustentabilidade de 5200 empresas em 52 países e mostra que em 2020, 80% das empresas produziram um relatório ambiental anual, sendo o

“Global Reporting Initiative” (GRI) o padrão global dominante para comunicar a sustentabilidade. Os setores líderes em relatórios ambientais são a tecnologia, meios de comunicação e telecomunicações e o setor mineiro, ambos com a mesma percentagem (84% das empresas inquiridas publica um relatório ambiental), seguido do setor automóvel (83%), óleo e gás (81%), celulose e papel (80%) e setor químico (80%) (Threlfall et al., 2020).

O setor da celulose e papel, que é um dos setores que mais produz relatórios ambientais anuais, tem também um risco elevado de perda de biodiversidade, sendo que 40% das empresas deste setor relatam-no no seu relatório e 63% divulgam objetivos de redução de carbono (Threlfall et al., 2020).

A indústria da pasta e do papel caracteriza-se por uma elevada intensidade de capital, mercados maduros de vários produtos nucleares, baixa intensidade de inovação e com cada vez mais empresas internacionais a operarem em mercados globais com elevada volatilidade de preços (Pătări et al., 2016). O grande desafio desta indústria na Europa é como realizar uma transformação no sentido de uma bioeconomia<sup>5</sup> de baixo carbono, assim como realizar as novas inovações verdes necessárias no meio de uma recessão global prolongada (Longhi et al., 2010).

A nível Europeu existe o objetivo de aumentar o contributo da economia circular na indústria de base florestal, através da eliminação dos resíduos da sua cadeia de valor. A Confederação Europeia das Indústrias de Papel (CEPI) definiu como metas para 2050 atingir uma taxa de reciclagem de 70% e a recuperação de 90% dos materiais, evidenciando a importância destes materiais numa perspetiva de bioeconomia. Em Dezembro de 2019, foi assumido o Pacto Ecológico Europeu que defende que, para se alcançarem as metas climáticas e ambientais da UE, é essencial uma nova política industrial baseada na Economia Circular. Nesse sentido, um dos principais objetivos da Comissão Europeia será incentivar o desenvolvimento de novos mercados para produtos circulares e neutros do ponto de vista climático, com o fomento de produtos sustentáveis, que dará prioridade à redução e à reutilização antes de se efetuar a reciclagem (Navigator, 2019).

### **3.2 A empresa Navigator**

A história da empresa Navigator começou na década de 50 do século XX. O marco mais relevante aconteceu em 1957 quando uma equipa de técnicos tornou a fábrica de Cacia a

---

<sup>5</sup> A bioeconomia consiste na produção, utilização e conservação de recursos biológicos, tendo em vista uma economia sustentável.

primeira, a nível mundial, a produzir pasta de papel a partir de eucalipto pelo processo Kraft. Este foi o ponto de partida de um percurso que viria a transformar uma empresa portuguesa, denominada de Companhia Portuguesa de Celulose, num dos maiores produtores mundiais de pasta branca de eucalipto e papéis finos não revestidos.

Crescendo e consolidando-se, a Navigator é atualmente uma das mais fortes presenças de Portugal no mundo, com um modelo de negócio baseado na investigação e na inovação. A empresa é um produtor integrado de floresta, pasta e papel, tissue<sup>6</sup> e energia. A sua atividade assente em fábricas modernas de grande escala, com tecnologia de ponta fazem da empresa uma referência de qualidade no setor. Atualmente, a Navigator em Portugal tem fábricas em Aveiro, Setúbal, Figueira da Foz e Vila Velha de Ródão.

Os seus produtos têm como destino aproximadamente 130 países nos cinco continentes, destacando-se a Europa, com 59% do volume de vendas em 2020, e os EUA, com cerca de 30% no mesmo ano.

De acordo com o INE (2020), de todas as empresas portuguesas exportadoras, a Navigator é a terceira maior em Portugal, e a maior geradora de Valor Acrescentado Nacional, com um volume de negócios superior a 1,53 mil milhões de euros, que representa aproximadamente 1% do PIB nacional. O seu volume de exportações é de 1,2 mil milhões de euros, o que corresponde a cerca de 3% das exportações nacionais de bens e aproximadamente 6% do total da carga contentorizada exportada pelos portos nacionais (INE, 2020).

Atualmente, a sua capacidade instalada ronda os 1,6 milhões de toneladas de papel, 1,5 milhões de toneladas de pasta (80% integradas em papel), 130 mil toneladas de Tissue e 2,5 TWh/ano de energia elétrica.

Esta empresa também se destaca na produção de energia a partir de biomassa. Mais de 50% do total da energia produzida em Portugal a partir de biomassa é gerada pela Navigator e 5% da produção total de energia elétrica em Portugal é também gerada pela mesma, devido aos investimentos realizados em 2009 e 2010, em duas centrais termoelétricas a biomassa (Cacia e Setúbal), na central de ciclo combinado (Setúbal) e num turbogerador a vapor (Figueira da Foz).

Esta capacidade energética permite que a empresa seja autossuficiente e geradora de excedentes que introduz na rede elétrica nacional, colocando a Navigator como o maior produtor nacional de energia elétrica a partir da biomassa florestal, apostando desta forma num futuro cada vez mais sustentável.

---

<sup>6</sup> Material usado para a produção de rolos de cozinha, lenços de papel e guardanapos.

Os seus produtos têm origem em florestas com gestão sustentável certificada ou de origem controlada e são fabricados recorrendo a uma elevada percentagem de energia renovável. O papel produzido é um produto ambientalmente responsável, biodegradável, reciclável e fabricado a partir de um recurso renovável plantado especialmente para este fim. A reciclagem do papel produzido, após a sua utilização, promove a transformação noutro produto de papel de características diferentes e menos exigentes, promovendo assim um ciclo sustentável.

A Navigator desenvolve vários projetos no âmbito da sua política de Responsabilidade Social Corporativa, com destaque para as iniciativas de valorização e proteção da floresta nacional.

A política de sustentabilidade da empresa é composta por um conjunto de compromissos que orienta as suas decisões, desde logo o compromisso por um desenvolvimento sustentável, entendido como a procura simultânea da prosperidade económica, responsabilidade ambiental e equidade social. Para que tal possa ser alcançado a empresa continua a investir na redução do impacto ambiental da sua atividade, no talento e nas condições de saúde e segurança dos seus colaboradores, no diálogo com as comunidades que os envolvem e na procura constante de produtos e serviços inovadores. A sua visão de sustentabilidade também inclui o compromisso de encorajar ativamente todos os parceiros e partes interessadas a empenharem-se nas tarefas do desenvolvimento sustentável.

Uma das prioridades da Navigator passa por desenvolver o seu negócio tendo por base a gestão florestal sustentável das suas plantações, promovendo a renovação e valorização da floresta, por um lado, e a proteção dos valores naturais, culturais e sociais, por outro. A área certificada da Navigator corresponde a 27% da floresta portuguesa certificada.

A floresta é um dos mais importantes pilares para a sustentabilidade do negócio da Navigator, conduzindo a sua ação por um conjunto de princípios e regras de gestão responsável, que agregam preocupações ambientais, económicas e sociais.

Ao nível da responsabilidade ambiental, a empresa reforça a ecoeficiência dos processos produtivos, tendo em vista a minimização dos seus impactos ambientais. Este esforço é notório na redução da utilização de recursos naturais e do nível de emissões registado. As sucessivas melhorias no processo produtivo têm-se traduzido em resultados muito importantes e, segundo o Relatório de Sustentabilidade de 2020, a Navigator pretende ter como objetivos:

- Redução de 33% do consumo de água por tonelada de produto produzidos até 2030 face a 2019;

- Utilização de 80% de energia renovável no consumo total de energia primária em 2030 face a 2018;
- Diminuição do consumo de combustíveis fósseis;
- Redução de 85% das emissões diretas de CO<sub>2</sub> dos complexos industriais em 2015 face a 2018;
- Valorização de 90% dos resíduos até 2030.

### **3.3 Construção do Índice Circular Sustentável**

Neste estudo será construído o Índice Circular Sustentável adaptado de Azevedo et al. (2017), referido no capítulo 2, que irá ser utilizado para responder às perguntas de investigação identificadas, sendo este índice aplicado apenas à empresa Navigator para o ano de 2019.

Embora tenham sido incluídos os indicadores de sustentabilidade aplicados por Azevedo et al. (2017), os de circularidade não serão utilizados, pois optou-se por considerar, neste estudo, outros indicadores de circularidade mais apropriados à Navigator. Para além disso, foram acrescentados dois indicadores da dimensão ambiental, uma vez que, segundo Sur et al. (2013), os indicadores devem ser específicos consoante as características de cada empresa.

Para se chegar a este Índice Circular Sustentável existem 5 fases:

- Fase 1 – Seleção de indicadores de sustentabilidade e circularidade
- Fase 2 – Ponderação dos indicadores
- Fase 3 – Normalização
- Fase 4 – Método de agregação para construção do Índice
- Fase 5 – Construção do Índice

#### **3.3.1 Fase 1 – Seleção de indicadores de sustentabilidade e circularidade**

Os indicadores de sustentabilidade propostos para este índice baseiam-se em metodologias/critérios reconhecidos e que são utilizados nas rotinas diárias e relatórios de sustentabilidade de empresas. São exemplo destas metodologias/critérios o TBL, a versão G4 do GRI e a norma ISO 14031.

O TBL tem como objetivo avançar com a sustentabilidade nas práticas empresariais, devendo ser incluídas preocupações sociais e ambientais, para além dos lucros, de modo a

medir o custo total de criar negócios. Os aspetos ambientais, sociais e económicos devem ser englobados simultaneamente e equitativamente (Berkovics, 2010).

Os indicadores sociais e económicos são seleccionados tendo como referência a versão G4 do GRI, que retrata as primeiras normas globais para os relatórios de sustentabilidade. Estas são consideradas as melhores práticas globais para a elaboração de relatórios acerca de uma série de impactos económicos, sociais e ambientais e comparativamente com a versão anterior, a G3, na versão G4 a materialidade é o principal critério para a implementação de relatórios, ou seja, as organizações devem reportar apenas os seus temas relevantes. O GRI reconhece que cada setor terá de desenvolver indicadores adicionais, específicos do setor, que reflitam as características individuais dos diferentes tipos de atividades industriais (Azapagic, 2004).

Os indicadores ambientais são seleccionados a partir dos indicadores operacionais propostos na norma ISO 14031, que dá instruções acerca da criação e utilização da avaliação do desempenho ambiental dentro de uma empresa (Bennett & James, 2017). A norma ISO 14031 é aplicável a todas as empresas, independentemente do tipo, tamanho, localização e complexidade (Salvado et al., 2015).

Tendo em conta estes critérios são utilizados os indicadores sugeridos por Salvado et al. (2015), usados no estudo de Azevedo et al. (2017) para cada dimensão de sustentabilidade, que estão referidos no capítulo 2 no quadro 2.2. Mas, neste estudo, os indicadores irão ser aplicados especificamente à empresa Navigator.

Contudo, além dos indicadores de sustentabilidade sugeridos por Salvado et al. (2015), dois indicadores foram considerados neste estudo e adicionados à dimensão ambiental. São eles os indicadores “Investimentos ambientais e regulatórios” e “Concentração de poluentes nas emissões atmosféricas”, pois são indicadores adequados à Navigator e que são utilizados no seu Relatório de Sustentabilidade de 2019.

Relativamente aos indicadores de circularidade foram usados indicadores que estivessem alinhados com o cenário da empresa estudada.

Assim, neste estudo optou-se por considerar para a circularidade, e com base no Relatório de Sustentabilidade da Navigator, o indicador “Materiais renováveis” que corresponde à percentagem de materiais renováveis que são utilizados no consumo total de materiais, o indicador “Materiais reciclados” que corresponde à percentagem de materiais reciclados que são utilizados no consumo total de materiais e o indicador “Circularidade dos resíduos” que é a percentagem de resíduos que são valorizados. No estudo de Rincón-Moreno et al. (2021) pode-se comprovar que os indicadores “taxa de reciclagem de resíduos” e a “taxa de material

circular utilizado como matéria-prima” são indicadores que demonstram o nível de circularidade numa empresa.

Para além destes, foram também adicionados o indicador “Circularidade da água”, que corresponde à percentagem da água que é devolvida ao meio, e o indicador “Energia renovável consumida”, que corresponde à percentagem de energia utilizada proveniente de fontes renováveis, presentes no Relatório de Sustentabilidade da Navigator. Indicadores semelhantes a estes, como indicadores de “Reciclagem de água” e “Uso de sistemas de energia limpa”, usados para uma utilização eficiente de energia, foram também referidos no estudo de Zhijun e Nailing (2007) como indicadores que são implementados para medir a circularidade numa empresa.

Os novos indicadores de circularidade adaptados à Navigator encontram-se representados no quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Indicadores de Circularidade para a Navigator

<b>Indicador</b>	<b>Unidade de Medida</b>
Energia renovável consumida	%
Circularidade da água	%
Materiais renováveis	%
Materiais reciclados	%
Circularidade dos resíduos	%

Fonte: Elaboração própria.

Assim, no seguimento da metodologia sugerida foram seleccionados um conjunto de indicadores para avaliar a sustentabilidade e o comportamento de circularidade da Navigator referente ao ano de 2019 e que estão representados no quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Indicadores para o Índice Circular Sustentável na Navigator

Dimensão do Índice ( $I_{i,s}$ )	Indicadores	
$I_{i,1}$ = Sustentabilidade Social	I <sub>1,1</sub> –Número de acidentes em 2019	
	I <sub>2,1</sub> –Perda de produtividade	
	I <sub>3,1</sub> –Percentagem de mulheres	
	I <sub>4,1</sub> –Percentagem de trabalhadores temporários	
	I <sub>5,1</sub> –Taxa de absentismo	
	I <sub>6,1</sub> –Rotação de trabalhadores	
	I <sub>7,1</sub> –Percentagem de pessoas com necessidades especiais	
$I_{i,2}$ = Sustentabilidade Económica	I <sub>1,2</sub> –Valor económico direto gerado e distribuído	
	I <sub>2,2</sub> –Despesas em I&D	
	I <sub>3,2</sub> –Número de pessoas empregadas	
$I_{i,3}$ = Sustentabilidade Ambiental	I <sub>1,3</sub> –Taxa de resíduos não perigosos	
	I <sub>2,3</sub> –Taxa de resíduos perigosos	
	I <sub>3,3</sub> –Quantidade de água consumida por ano em processos industriais	
	I <sub>4,3</sub> –Quantidade de energia usada por ano	
	I <sub>5,3</sub> –Investimentos ambientais e regulatórios	
	I <sub>6,3</sub> –Concentração de poluentes nas emissões atmosféricas	Partículas
		SO <sub>2</sub>
NOx		
CO <sub>2</sub>		
$I_{i,4}$ = Circularidade	I <sub>1,4</sub> –Energia renovável consumida	
	I <sub>2,4</sub> –Circularidade da água	
	I <sub>3,4</sub> –Materiais renováveis	
	I <sub>4,4</sub> –Materiais reciclados	
	I <sub>5,4</sub> –Circularidade dos resíduos	

Fonte: Elaboração própria.

### 3.3.2 Fase 2 – Ponderação dos indicadores

Para ponderar os indicadores de sustentabilidade e de circularidade é sugerida por Azevedo et al. (2017) a técnica de Delphi. A técnica de Delphi é um método de comunicação bastante formalizado, criado para extrair a quantidade máxima de informação imparcial de um painel de especialistas permitindo avaliar a incerteza de uma forma quantitativa, permitindo assim descobrir as opiniões de um grupo de especialistas (Chan et al., 2001).

Deste modo, é apropriado adotar a técnica Delphi para conseguir uma série de indicadores ponderados para avaliar o nível de sustentabilidade e circularidade das empresas da indústria transformadora. Esta técnica já foi aplicada a assuntos de tomadas de decisões relacionados com sustentabilidade, como é o exemplo do estudo de Barzekar et al. (2011), que ajuda a identificar os critérios e indicadores com o objetivo principal de assegurar os objetivos da gestão florestal e manter os processos de uma forma sustentável no ecoturismo.

As etapas principais para preparar um estudo Delphi são: 1) a definição dos especialistas e sua seleção; 2) a estrutura do questionário em cada ronda de estudo; 3) o número de rondas (Linstone & Turoff, 1975). Normalmente, o número de rondas varia entre duas e sete e o número de participantes entre três e quinze (Rowe & Wright, 1999). Contudo, as rondas serão feitas sempre que não houver um grau de consenso razoável nos resultados ou se concluir sobre a impossibilidade de consenso.

O sucesso do método Delphi depende principalmente da seleção cuidadosa do painel de especialistas (Goldstein, 2002), pois a informação requerida pede conhecimentos profundos e experiência sólida sobre sustentabilidade e circularidade.

Os questionários devem ser realizados a académicos/especialistas em tópicos de investigação para verificar a validade dos indicadores de sustentabilidade e de circularidade considerados e para os classificar de acordo com a sua importância para a sustentabilidade e circularidade das empresas.

Cada classificação dos indicadores deve ser medida utilizando uma pontuação entre 1 e 5, em que 1 representa “nada importante” e 5 representa “extremamente importante”, para que as empresas sejam consideradas sustentáveis ou circulares, dependendo dos indicadores.

A ponderação para cada conjunto de indicadores, isto é, para a sustentabilidade e circularidade, é calculada utilizando a Equação 1 (Yeung et al., 2007):

$$W_z = \frac{M_z}{\sum_{g=1}^n M_g} \quad (1)$$

Onde:

- $W_z$  – representa a ponderação de uma determinada variável  $z$
- $M_z$  – representa a classificação média de uma determinada variável  $z$
- $\sum_{g=1}^n M_g$  – representa a soma da classificação média de cada conjunto de variáveis

Este coeficiente varia entre “0”, que indica a ausência de concordância, e “1”, que indica total concordância entre os juízes sobre a classificação de vários atributos.

### 3.3.3 Fase 3 – Normalização

Para integrar os indicadores selecionados num índice composto de circularidade sustentável é necessária a normalização, pois os indicadores são expressos em unidades diferentes. Contudo, por vezes não é necessário normalizar os indicadores, pois já podem estar expressos na mesma unidade.

Salvado et al. (2015) sugere o método Mínimo-Máximo para normalizar os indicadores de sustentabilidade. Segundo este método, cada indicador com impacto positivo na sustentabilidade ( $I + i_j$ ) é normalizado utilizando a Equação 2:

$$I_{N_{i,j}}^+ = \frac{I_{i,j}^+ - I_{i,j}^{+MIN}}{I_{i,j}^{+MAX} - I_{i,j}^{+MIN}} \quad (2)$$

Onde:

- $I_{N_{i,j}}^+$  é o indicador normalizado  $i$  da dimensão de sustentabilidade  $j$  com impacto positivo na sustentabilidade. Os valores do indicador normalizado irão variar entre 0 e 1.
- $I_{i,j}^+$  representa o indicador  $i$  da dimensão de sustentabilidade  $j$  com impacto positivo na sustentabilidade.
- $I_{i,j}^{+MIN}$  representa o valor mais baixo do indicador  $i$  da dimensão de sustentabilidade  $j$  com impacto positivo na sustentabilidade. Isto é,  $I_{i,j}^{+MIN} = \min I_{i,j}^+$ .
- $I_{i,j}^{+MAX}$  representa o valor mais elevado do indicador  $i$  da dimensão de sustentabilidade  $j$  com impacto positivo na sustentabilidade. Isto é,  $I_{i,j}^{+MAX} = \max I_{i,j}^+$ .

A normalização dos indicadores com um impacto negativo na sustentabilidade é calculada utilizando a Equação 3:

$$I_{N_{i,j}}^- = \frac{I_{i,j}^- - I_{i,j}^{-MIN}}{I_{i,j}^{-MAX} - I_{i,j}^{-MIN}} \quad (3)$$

Onde:

- $I_{N_{i,j}}^-$  é o indicador normalizado  $i$  da dimensão de sustentabilidade  $j$  com impacto negativo na sustentabilidade. Os valores do indicador normalizado irão variar entre 0 e 1.
- $I_{i,j}^-$  representa o indicador  $i$  da dimensão de sustentabilidade  $j$  com impacto negativo na sustentabilidade.
- $I_{i,j}^{-MIN}$  representa o valor mais baixo do indicador  $i$  da dimensão de sustentabilidade  $j$  com impacto negativo na sustentabilidade.
- $I_{i,j}^{-MAX}$  representa o valor mais elevado do indicador  $i$  da dimensão de sustentabilidade  $j$  com impacto negativo na sustentabilidade.

Relativamente aos indicadores de circularidade, que são expressos em percentagens (Quadro 3.1), sugere-se o mesmo método, ou seja, o método Mínimo-Máximo.

### 3.3.4 Fase 4 – Método de agregação para construção do Índice

Segundo o teorema de impossibilidade de Arrow (2012) não pode existir nenhuma convenção de agregação perfeita. Além do mais, existem vários métodos lineares de agregação. Os mais habituais são o aditivo, o multiplicativo e a ponderação aditiva simples (Zhou et al., 2006; Nardo et al., 2005).

O método de agregação aditivo implica requisitos e propriedades dos indicadores componentes e dos pesos associados, pois os indicadores devem ter a mesma unidade de medição, o que implica que o mau desempenho em alguns indicadores pode ser compensado por outros indicadores com valores elevados (Nardo et al., 2005).

A agregação multiplicativa é adequada quando os indicadores estritamente positivos são expressos em diferentes escalas de rácios e requerem uma compensação parcial, ou seja, a compensação é menor quando o indicador composto contém indicadores com valores baixos (Nardo et al., 2005).

A seleção correta dos componentes dos índices compostos e dos seus pesos é importante para o processo de agregação. Contudo, Singh et al. (2009) recomendam que os índices compostos devam ser relativamente simples em termos de interpretação e construção.

O método de ponderação aditiva simples (SAW) tem sido aplicado na prática devido à sua transparência e facilidade na compreensão para o público (Zhou et al., 2006). O método é

baseado na média ponderada. A pontuação total do atributo é obtida pela soma de todo o resultado da multiplicação nominal e do peso de cada atributo (Putra & Punggara, 2018). Assim sendo, o método de ponderação aditiva simples é sugerido por Salvado et al. (2015) como método de agregação.

### 3.3.5 Fase 5 – Construção do Índice Circular Sustentável

Uma vez determinados os pesos e os indicadores, é possível calcular o Índice Circular Sustentável para a Navigator.

O Índice Circular Sustentável da Navigator é formado por um conjunto de indicadores associados à sustentabilidade social, sustentabilidade ambiental, sustentabilidade económica, circularidade e aos seus pesos correspondentes (Equação 4):

$$(I_{Sust\_circ_{i,s}})_{Navigator} = \sum(W_s \sum(W_{i,s} \times NI_{i,s})) \quad (4)$$

Onde:

- $(I_{Sust\_circ_{i,s}})_{Navigator}$  representa o Índice Circular Sustentável da Navigator;
- $W_s$  representa o peso associado à dimensão  $s$  ( $s=1$  - sustentabilidade social;  $s=2$  - sustentabilidade económica;  $s=3$  - sustentabilidade ambiental;  $s=4$  - circularidade) e  $\sum W_s = 1$ ;
- $W_{i,s}$  representa o peso do indicador  $i$  para as dimensões  $s$  ( $s=1$  - sustentabilidade social;  $s=2$  - sustentabilidade económica;  $s=3$  - sustentabilidade ambiental;  $s=4$  - circularidade) e  $\sum W_{i,s} = 1$ ;
- $NI_{i,s}$  é o indicador normalizado  $i$  associado às dimensões  $s$

Os valores deste índice variam entre  $0 \leq (I_{Sust\_circ_{i,s}})_{Navigator} \leq 1$ . No caso de  $(I_{Sust\_circ_{i,s}})_{Navigator} = 0$ , significa que a Navigator não é sustentável nem adota princípios de circularidade. Se  $(I_{Sust\_circ_{i,s}})_{Navigator} = 1$ , isto significa que a Navigator é extremamente sustentável e as preocupações com a Economia Circular estão muito presentes.

### 3.3.6 Sub-índices

Para saber qual a dimensão que precisa de ser melhorada na empresa, são calculados sub-índices relativos a cada dimensão, de acordo com a equação 5.

$$(I_{Sust\_circ_s})_{Navigator} = W_s \sum (W_{i,s} \times NI_{i,s}) \quad (5)$$



## **4 Análise e Discussão dos Resultados do Índice Circular Sustentável da Navigator**

Depois de construído o Índice Circular Sustentável para a “The Navigator Company”, procedeu-se ao seu cálculo introduzindo-se os dados pretendidos para os indicadores, que foram disponibilizados pela empresa. Para medir a importância dos indicadores de sustentabilidade e circularidade foi utilizada a técnica Delphi.

Assim, esta investigação pretende investigar o nível de sustentabilidade e circularidade da empresa e a importância das diferentes dimensões de sustentabilidade económica, ambiental e social e a circularidade para a sustentabilidade global da empresa.

De seguida apresentam-se os cálculos para cada uma das 5 fases enunciadas no subcapítulo 3.3.

### **4.1 Fases da construção do Índice Circular Sustentável**

#### **4.1.1 Fase 1 – Seleção de indicadores de sustentabilidade e circularidade**

Nesta primeira fase o objetivo é selecionar indicadores para depois serem avaliados. Os indicadores usados neste estudo de caso foram definidos previamente no quadro 3.2. Os indicadores da dimensão social “Perda de produtividade” e “Porcentagem de pessoas com necessidades especiais” não foram considerados devido à ausência de dados. O indicador “Valor económico direto gerado e distribuído” foi repartido em dois indicadores “Valor económico direto gerado” e “Valor económico distribuído” pelo facto de aparecer contabilizado separadamente no Relatório de Sustentabilidade da Navigator.

Os dados referentes aos indicadores foram retirados do Relatório de Sustentabilidade de 2019 e do GRI de 2019, ambos referentes à Navigator.

Assim, os valores dos indicadores de sustentabilidade e circularidade utilizados no índice, relativos à Navigator, encontram-se no quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Valores dos indicadores de sustentabilidade e circularidade da Navigator

<b>Dimensão</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidade de Medida</b>	<b>Valores da Navigator</b>	
Sustentabilidade Social	Número de acidentes em 2019 na Navigator	Quantidade	103	
	Percentagem de mulheres na Navigator	%	16	
	Percentagem de trabalhadores temporários	%	1,9	
	Taxa de absentismo	%	*	
	Rotação de trabalhadores	Quantidade	*	
Sustentabilidade Económica	Valor económico direto gerado	€	1.726.946.000	
	Valor económico distribuído	€	1.579.463.000	
	Despesas em I&D	€	13.800.000	
	Número de pessoas empregadas	Quantidade	3.123	
Sustentabilidade Ambiental	Resíduos não perigosos	Toneladas	384.701	
	Resíduos perigosos	Toneladas	1.247	
	Quantidade de água consumida em processos industriais em 2019	m <sup>3</sup>	13.496.000 <sup>7</sup>	
	Quantidade de energia usada em 2019	Gj	38.224.076	
	Investimentos ambientais e regulatórios	€	24.000.000	
	Concentração de poluentes nas emissões atmosféricas	Partículas	Toneladas	269
		SO <sub>2</sub>	Toneladas	354
		NOx	Toneladas	1.714
CO <sub>2</sub>		Toneladas	752.023	
Circularidade	Energia renovável	%	67	
	Circularidade da água	%	80	
	Materiais renováveis	%	90	
	Materiais reciclados	%	0,05	
	Circularidade dos resíduos	%	80	

\*Este valor não se encontra no quadro porque não é público. No entanto, a empresa forneceu-o para se poder utilizar no cálculo do Índice Circular Sustentável.

Fonte: Elaboração própria.

<sup>7</sup> A Navigator reporta segundo a metodologia GRI 303 de 2018, e o valor utilizado corresponde à diferença entre a água captada e a água devolvida ao ambiente (80% da água é devolvida ao meio), uma vez que a GRI considera que o consumo (303-5) é a diferença entre os outros dois volumes (303-3 e 4).

#### 4.1.2 Fase 2 – Ponderação dos indicadores

A técnica Delphi é uma forma de obter uma visão coletiva dos indivíduos sobre questões em que não existem ou existem poucas provas definitivas e em que a opinião é importante (Thangaratinam & Redman, 2005).

A informação necessária para a classificação dos indicadores requer que os especialistas tenham conhecimentos profundos e experiência sobre sustentabilidade e circularidade.

Assim, os especialistas escolhidos foram o Professor Vasco Rato, que tem uma especialização em Business Sustainability Management na Universidade de Cambridge, foi diretor de sustentabilidade do ISCTE-IUL e faz atualmente parte do Grupo Executivo de Sustentabilidade do ISCTE-IUL, para além de lecionar a UC de sustentabilidade no Departamento de Arquitetura e Urbanismo; a Professora Catarina Roseta, que é diretora de Sustentabilidade no ISCTE-IUL, trabalhou como consultora para o Ministério do Ambiente e Comissão Europeia, foi membro da Comissão para a Reforma da Fiscalidade Verde e é associada da European Association of Environmental and Resource Economics, dando também formação empresarial na área de Sustentabilidade; a Professora Margarita Robaina, que é membro integrado na Unidade de Investigação GOVCOPP, no grupo de Competitividade, Inovação e Sustentabilidade, é Diretora do Mestrado em Sistemas Sustentáveis de Energia e membro do Conselho Administrativo da Associação Hispano-Portuguesa de Economia dos Recursos Naturais e Ambientais (AERNA), para além de lecionar as UCs de Economia do Ambiente e dos Recursos Naturais e de Economia do Ambiente e Energia, tendo igualmente elaborado documentos orientados para os eixos da Agência para a Sustentabilidade e Competitividade.

A classificação dos indicadores foi medida utilizando uma pontuação entre 1 e 5, em que 1 representa “nada importante” e 5 representa “extremamente importante”. Esta classificação dada por cada especialista, juntamente com a ponderação, para a qual foi usada a equação 1, encontram-se no quadro 4.2.

Contudo, como existiu consenso nas respostas dos especialistas selecionados apenas foi feita uma ronda, e, assim, foram diretamente usados os pesos que cada especialista associou aos indicadores.

Analisando os resultados do quadro 4.2 verifica-se que dentro da sustentabilidade, a dimensão ambiental é a que maior importância é dada, com um peso de 44%, enquanto que a dimensão económica foi considerada menos importante com 15%.

Para os indicadores da dimensão social o indicador “número de acidentes por ano na empresa” foi considerado o mais importante com um peso de 24%, enquanto que o indicador “Porcentagem de trabalhadores temporários pela empresa” foi considerado com menos importância, tendo o peso de 16%. Na dimensão económica os indicadores “Valor económico distribuído” e “Valor económico direto gerado” foram considerados os mais importantes com um peso de 28%, enquanto que o “Número de pessoas empregadas” foi considerado o menos importante, apenas com 19%. Na dimensão ambiental todos eles foram considerados importantes com um peso de 11%, exceto os “investimentos ambientais regulatórios” que foi considerado o menos importante com 10%.

Relativamente à circularidade, esta é a segunda com maior importância, com um peso de 24%, e, os seus indicadores têm quase todos o mesmo grau de importância, variando o seu peso de importância entre 19% e 21%.

Quadro 4.2 - Classificação dos especialistas e ponderações das dimensões e respetivos indicadores da Navigator

Dimensão	Indicadores	Classificação dos especialistas			Ponderação dos indicadores	Ponderação das dimensões	
		Margarita Robaina	Vasco Rato	Catarina Roseta	Wi,s	Ws	
Social	Número de acidentes por ano	3	5	4	0,24	0,16	
	Percentagem de mulheres na empresa	3	4	4	0,22		
	Percentagem de trabalhadores temporários	3	3	2	0,16		
	Taxa de absentismo	3	4	3	0,20		
	Rotação de trabalhadores	3	3	3	0,18		
Económico	Valor económico direto gerado	3	5	5	0,28	0,15	
	Valor económico distribuído	3	5	5	0,28		
	Despesas em I&D	3	5	4	0,26		
	Número de pessoas empregadas	3	1	5	0,19		
Ambiental	Investimentos ambientais e regulatórios	4	5	5	0,10	0,44	
	resíduos não perigosos	5	5	5	0,11		
	resíduos perigosos	5	5	5	0,11		
	Quantidade de água consumida por ano em processos industriais	5	5	5	0,11		
	Quantidade de energia usada por ano	5	5	5	0,11		
	Concentração de poluentes nas emissões atmosféricas	Partículas	5	5	5		0,11
		SO <sub>2</sub>	5	5	5		0,11
		NOx	5	5	5		0,11
CO <sub>2</sub>		5	5	5	0,11		
Circularidade	Energia renovável consumida	5	5	4	0,19	0,24	
	Circularidade da água	5	5	5	0,21		
	Materiais renováveis	5	5	4	0,19		
	Materiais reciclados	5	5	5	0,21		
	Circularidade dos resíduos	5	5	5	0,21		

Fonte: Elaboração própria.

### 4.1.3 Fase 3 – Normalização

Uma vez que os indicadores são expressos em unidades diferentes, a normalização é necessária. Isto torna possível integrar os indicadores selecionados num índice agregado para avaliação da sustentabilidade.

Para fazer a normalização foi necessário diferenciar os indicadores com impacto positivo na sustentabilidade (+) dos indicadores com impacto negativo na sustentabilidade (-) que estão representados no quadro 4.3. Foram considerados com impacto positivo os indicadores em que o seu valor é melhor quanto maior este for e com impacto negativo os indicadores cujo valor é melhor quanto menor este for (Salvado et al., 2015).

Utilizando a folha de cálculo do Excel, e usando a equação 2 para os indicadores com impacto positivo na sustentabilidade e a equação 3 para os indicadores com impacto negativo na sustentabilidade, foi possível obter os indicadores normalizados, cujos valores estão apresentados no quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Normalização dos indicadores da Navigator

Dimensões	Indicadores	Impacto na sustentabilidade	$I_{N,I,J}^+$	$I_{N,I,J}^-$	
Social	Número de acidentes em 2019 na Navigator	-		1	
	Percentagem de mulheres na Navigator	+	0		
	Percentagem de trabalhadores temporários	-		0	
	Taxa de absentismo	-		0,03	
	Rotação de trabalhadores	-		0,04	
Económico	Valor económico direto gerado	+	1		
	Valor económico distribuído	+	0,91		
	Despesas em I&D	+	0,01		
	Número de pessoas empregadas	+	0		
Ambiental	Investimentos ambientais e regulatórios	+	0		
	resíduos não perigosos	-		0,03	
	resíduos perigosos	-		0,00	
	Quantidade de água consumida em 2019 em processos industriais	-		1,00	
	Quantidade de energia usada em 2019	-		2,83	
	Concentração de poluentes nas emissões atmosféricas	Partículas	-		0,00
		SO <sub>2</sub>	-		0,000006
NOx		-		0,00	
CO <sub>2</sub>		-		0,06	
Circularidade	Energia renovável consumida	+	0,74		
	Circularidade da água	+	0,89		
	Materiais renováveis	+	1,00		
	Materiais reciclados	+	0,00		
	Circularidade dos resíduos	+	0,89		

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.1.4 Fase 4 – Método de agregação para construção do Índice

O método de ponderação aditiva simples foi o método de agregação utilizado para a construção do Índice Circular Sustentável.

#### 4.1.5 Fase 5 – Construção do Índice e Sub-índices

Uma vez que foram determinados os pesos e os indicadores normalizados, o Índice Circular Sustentável poderá agora ser calculado para a Navigator usando a equação 4. Para este cálculo, foi utilizada a folha de cálculo do Excel.

Dos cálculos conclui-se que, o Índice Circular Sustentável da empresa Navigator no ano de 2019 é de 0,49. Este resultado sugere que a empresa tem um Índice Circular Sustentável intermédio, ou seja, o seu valor é quase mediano, estando entre 0 e 1, mostrando assim que a empresa tem um razoável nível de sustentabilidade e circularidade, aplica noções de sustentabilidade e as preocupações com a Economia Circular estão também presentes.

Os valores dos Sub-índices, que permitem perceber qual a dimensão ou dimensões que a empresa tem de melhorar para obter o valor máximo de sustentabilidade e circularidade, encontram-se no quadro 4.4 e foram calculados através da equação 5. Estes resultados sugerem que a dimensão social e económica são as áreas prioritárias para mudanças de comportamento, pois são as dimensões menos sustentáveis com um valor de 0,04 e 0,08, respetivamente.

Quadro 4.4 - Sub-índices das dimensões da Navigator

<b>Dimensão</b>	<b>Sub-índice</b>
Social	0,04
Económica	0,08
Ambiental	0,19
Circularidade	0,17

Fonte: Elaboração própria.

## 4.2 Medidas de Circularidade e Sustentabilidade da Navigator

O Índice Circular Sustentável deu um valor razoável, pois a empresa aplica medidas de sustentabilidade e circularidade que estão presentes no seu Relatório de Sustentabilidade de

2019. De seguida, apresentam-se as principais medidas de sustentabilidade e de circularidade adotadas pela Navigator, que permitirão ajudar a compreender o resultado do índice.

#### **4.2.1 Economia Circular**

A utilização sustentável dos recursos naturais, em que todos os produtos fazem parte de um ciclo biológico, físico e químico, e que são reutilizados várias vezes no seu processo produtivo, tem predominado a investigação a nível mundial (Navigator, 2019). A Economia Circular é um conceito estratégico que assenta na redução, reciclagem de materiais e energia, recuperação e reutilização como acontece com o setor industrial de base florestal, que dá resposta à crescente sensibilização para a sustentabilidade (Navigator, 2019).

A Navigator é uma empresa exemplar de circularidade no que respeita ao seu processo produtivo. Desde a floresta até ao consumidor, os recursos envolvidos são maximizados no seu processo, como é o caso, por exemplo, de subprodutos do processo de fabrico de pasta que são usados na produção de energia. Aproximadamente 70% da energia consumida nos complexos fabris da Navigator é proveniente de biocombustíveis com origem na biomassa florestal, uma fonte renovável de energia (Navigator, 2019). É exemplo disso o complexo da Figueira da Foz, em que toda a energia térmica produzida nesta unidade industrial é de origem renovável devido à nova caldeira de biomassa que entrou em funcionamento em 2020.

Para além de Aveiro, também as unidades fabris da Navigator em Setúbal e na Figueira da Foz estão equipadas com centrais de cogeração a biomassa, que produzem energia elétrica a partir do material proveniente da floresta de eucalipto, aproveitando os ramos, cascas, hastes, cepos e serradura resultantes das operações de descasque (Navigator, 2019). Permite, assim, melhorar a gestão das florestas e reduzir a utilização de combustíveis fósseis.

Em 2019, por exemplo, a Navigator teve uma taxa de valorização de resíduos de 80%, assim como 90% dos materiais utilizados no processo produtivo da empresa foram de origem renovável.

#### **4.2.2 Preservação da água**

A necessidade de preservar a água, um recurso fundamental para a humanidade e para as atividades económicas está bem presente na Navigator. Esta apresenta uma dupla abordagem na temática da água: a redução da sua utilização, com recurso ao reaproveitamento, e o seu

tratamento para que seja devolvida ao ambiente nas melhores condições.

A Navigator, no decorrer do Programa Corporativo de Redução da Utilização de Água, que tem como objetivo a redução de 15% no consumo específico de água até 2025 (face a 2019), tem produzido várias intervenções no seu processo fabril, possibilitando a recirculação e otimização, de modo a aliviar a pressão sobre os locais de abastecimento (Navigator, 2019). Em 2019, 80% da água foi devolvida ao meio nas unidades industriais da Navigator.

Simultaneamente, a Navigator tem investido no tratamento de efluentes, com várias medidas de otimização das ETARs (Estações de Tratamento de Águas Residuais) e de monitorização do meio recetor, para garantir o mínimo impacto possível da sua atividade nos ecossistemas marinhos (Navigator, 2019). Todas as unidades fabris da Navigator possuem ETARs que cumprem com o Decreto-Lei 236/98<sup>8</sup>, relativo à descarga no meio recetor, desenvolvendo ações que avaliam o potencial de valorização do efluente tratado (Navigator, 2019). É exemplo destas ações o início do programa, em 2016, de valorização do efluente numa das ETARs do complexo industrial de Setúbal, com o objetivo de o tratar e reintroduzir nos circuitos fabris em substituição de água fresca derivada da captação (Navigator, 2019).

### **4.2.3 Roteiro para Neutralidade Carbónica**

A economia de baixo carbono entrou definitivamente na agenda mundial para contrariar alterações climáticas que afetam o planeta. Enquanto as sociedades se adaptam a um clima diferente daquele em que evoluíram, existe a necessidade de reduzir as emissões de carbono numa estratégia global que leve à neutralidade carbónica. O Acordo de Paris comprometeu as nações a limitar o aquecimento global, uma trajetória que se realiza com o foco na redução das emissões, que resultam, em grande parte, da atividade humana (Navigator, 2019).

De modo a diminuir os efeitos das alterações climáticas, a Navigator assumiu o compromisso de atingir a neutralidade carbónica nos seus complexos industriais até 2035, transformando-se na primeira empresa portuguesa, e uma das primeiras a nível mundial a antecipar em 15 anos os objetivos nacionais e europeus (Navigator, 2019). O “Roteiro para a Neutralidade Carbónica da The Navigator Company” foi apresentado em 2019. Contudo, os esforços da empresa no sentido de uma economia de baixo carbono começaram há vários anos com o investimento na melhoria da eficiência dos seus processos, a utilização de energia de fontes renováveis e a implementação de soluções tecnológicas que permitem a redução do

---

<sup>8</sup> Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com o intuito de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos principais usos.

consumo energético (Navigator, 2019).

A estratégia da Navigator para a neutralidade carbónica, implica um investimento total de 158 milhões de euros (63 milhões de euros no complexo de Setúbal, 59 milhões de euros no complexo da Figueira da Foz e 36 milhões de euros no complexo de Aveiro), e tem em conta as condições específicas dos complexos industriais, estabelecendo quatro objetivos que se realizarão em simultâneo (Navigator, 2019):

- Attingir 100% da produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis;
- Reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> fóssil através de substituição de tecnologias;
- Reduzir em 15% o consumo específico de energia até 2025, tendo por base os valores de 2015;
- Realizar o *offset* das emissões não possíveis de eliminar.

#### **4.2.4 Resposta da Navigator aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**

A Navigator apresenta um compromisso com a gestão responsável do seu negócio. Dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 8 são considerados prioritários pela Navigator, ou seja, são os ODS que a empresa tem mais em conta, colaborando de forma mais direta para a sua concretização, embora a Navigator também dê o seu contributo para outros ODS.

Sendo o desafio das alterações climáticas um dos temas principais do Relatório de Sustentabilidade, relacionado com a construção de uma economia de baixa intensidade carbónica, a empresa dá especial destaque aos ODS relacionados com esta temática.

Assim, os 8 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável prioritários pela empresa em que esta implementa ações para os concretizar são o objetivo número 4 – “Educação de Qualidade”, número 7 – “Energias renováveis”, número 8 – “Trabalho digno e crescimento económico”, número 9 – “Indústria, inovação e infraestruturas”, número 12 – “Produção e consumo sustentáveis”, número 13 – “Ação climática”, número 15 – “Proteger a vida terrestre” e número 17 – “Parcerias para a implementação de objetivos”.

De modo a conseguir alcançar estes objetivos a Navigator implementa ações para o conseguir. Na “Educação de Qualidade” a empresa promove ações de formação que assegurem a retenção de *know-how* interno, tendo feito 59 horas de formação por colaborador, alfabetizado os trabalhadores em Moçambique, sendo que o papel produzido pela Navigator é um suporte à aprendizagem e literacia (Navigator, 2019).

No objetivo “Trabalho digno e crescimento económico” a empresa promove a segurança dos trabalhadores, tendo como meta zero acidentes e regras cardinais para colaboradores e fornecedores (Navigator, 2019).

Na “Indústria, inovação e infraestruturas” a Navigator tem um instituto de investigação RAIZ, onde desenvolve o projeto *Impactus*, que é um projeto nacional de investigação com financiamento externo do “Portugal 2020”, “Compete 2020” e da União Europeia, no qual pretende a criação de um Centro de Excelência Universidade-Indústria para fazer face aos desafios atuais das áreas de Papel, Pasta e Tissue, assim como também nas áreas emergentes das biorrefinarias e dos bioprodutos (Navigator, 2019).

Das ações implementadas pela empresa para o objetivo “Produção e consumo sustentáveis” destacam-se a minimização da utilização de água e de energia – Programa Corporativo de Redução de Utilização de Água e Programa Corporativo de Eficiência Energética –, projetos de Economia Circular, como é o exemplo dos projetos de valorização interna e externa de resíduos de modo a aumentar a valorização de resíduos, e o programa de fomento de certificação florestal, 72% da madeira utilizada pela empresa tem certificação florestal (Navigator, 2019).

No objetivo “Proteger a vida terrestre” a empresa implementa várias ações, como as práticas de gestão florestal sustentável, a defesa da floresta contra incêndios e práticas de conservação da biodiversidade (ações de restauro e ações de conservação específicas para espécies animais com elevado valor para a conservação, por exemplo, a Navigator protege 235 espécies de fauna e 740 espécies de flora) e proteção dos *habitats* naturais (Navigator, 2019). O modelo de gestão florestal da empresa integra a conservação da biodiversidade. Assim, a certificação florestal desempenha um papel fundamental na garantia da aplicação das melhores práticas ao nível das florestas plantadas e na inclusão de medidas que visam a conservação da biodiversidade, cumprindo assim os parâmetros dos dois principais sistemas internacionais de certificação (FSC e PEFC) (Navigator, 2019).

Para o objetivo “Parcerias para a implementação de objetivos” a Navigator proporciona parcerias com diversas entidades, por exemplo com a Specialty Minerals Inc que valoriza os resíduos, para promover a realização dos restantes ODS e estimular o envolvimento com diferentes grupos de *stakeholders* (Navigator, 2019).

Por último, a Navigator aplica uma ação climática, que é um tema com grande relevância para a empresa. Tem destaque no Relatório de Sustentabilidade, pelo facto de a Navigator ter lançado em 2019 o seu Roteiro para a Neutralidade Carbónica, colocando-se na vanguarda da resposta às tendências internacionais relacionadas com as alterações climáticas (Navigator,

2019). Este Roteiro define-se em 4 eixos fundamentais: redução das emissões de CO<sub>2</sub> de origem fóssil, eficiência energética, energias renováveis e *offset* das emissões não possíveis de eliminar, de modo a dar respostas aos objetivos “Ação climática”, “Energias renováveis e acessíveis”, “Produção e consumo sustentáveis” e “Parcerias para a implementação de objetivos” (Navigator, 2019).

## 5 Conclusões

A Economia Circular é o caminho para alcançar o desenvolvimento harmonioso entre economia e ambiente, sendo por isso um apoio à evolução para a prosperidade sustentável.

A sustentabilidade apresenta-se como uma meta e uma questão estratégica e atrativa, não só a nível nacional como também a nível empresarial. A sustentabilidade refere-se à gestão das três dimensões: social, económica e ambiental.

Para haver progressos na direção de um desenvolvimento sustentável é necessário haver a identificação de indicadores e índices sustentáveis, para que forneçam informação sobre as condições económicas, sociais e ambientais na elaboração de políticas e comunicação pública, na transferência de informação sobre os países e desempenho das empresas.

Neste estudo construiu-se um Índice Circular Sustentável aplicado à empresa “The Navigator Company”, para o ano de 2019. A sustentabilidade empresarial foi avaliada juntamente com a circularidade adaptando o Índice Circular Sustentável de Salvado et al. (2015) e de Azevedo et al. (2017) à empresa. Para o efeito, os indicadores de circularidade de Azevedo et al. (2017) foram substituídos e adaptados à empresa, e em relação aos indicadores de sustentabilidade acrescentaram-se dois relativos à dimensão ambiental, nomeadamente os indicadores “Investimentos ambientais e regulatórios” e “Concentração de poluentes nas emissões atmosféricas”. Este índice fornece à empresa uma visão do seu comportamento sustentável e indica se está a respeitar as preocupações da Economia Circular relativamente à utilização de materiais reciclados e materiais renováveis, à circularidade da água e dos resíduos e à energia renovável que é consumida.

O desenvolvimento deste índice abrange cinco fases. Na primeira fase, a seleção dos indicadores de sustentabilidade é efetuada através da escolha de indicadores que contribuem para a avaliação de cada dimensão de sustentabilidade e para a circularidade. A segunda fase consiste em determinar os pesos de cada indicador e dimensão recorrendo a profissionais da área utilizando para isso o método Delphi. Uma vez determinado o nível de importância de cada indicador e dimensão, a terceira fase associada à normalização dos indicadores é realizada utilizando o método do Mínimo-Máximo. A quarta fase caracteriza-se pela aplicação do método de ponderação aditiva simples de modo a obter o Índice Circular Sustentável. E a última fase consiste na construção do índice onde é possível obter o valor do Índice Circular Sustentável da Navigator. Também foram aplicados sub-índices para cada dimensão da sustentabilidade e para a circularidade de modo a conhecer qual das dimensões necessitava de mais atenção para alcançar o valor máximo de sustentabilidade e circularidade.

Com a aplicação do Índice Circular Sustentável na Navigator tornou-se possível concluir que existe um razoável nível de sustentabilidade e circularidade na empresa, com um valor de 0,49, mostrando que as noções de sustentabilidade e as preocupações com a Economia Circular estão presentes na mesma.

Na aplicação dos Sub-índices conclui-se que a dimensão social e a dimensão económica, com um valor de 0,04 e 0,08 respetivamente, são as áreas prioritárias para efetuar futuras mudanças de comportamento, pois são as dimensões menos sustentáveis.

Na Navigator o seu modelo de negócio é baseado na sustentabilidade empresarial, social e ambiental, promovendo a Economia Circular, desde a floresta até ao consumidor.

A Navigator dá resposta aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, para os quais implementa ações, sendo que 8 deles são considerados como prioritários. São eles os objetivos 4,7, 8, 9, 12, 13, 15 e 17 sendo que com a implementação de apenas uma ação, a Ação Climática, a Navigator dá resposta aos ODS 7, 13, 12 e 17.

A empresa também tem em conta a preservação da biodiversidade, e, consciente do seu papel na mitigação e adaptação aos efeitos das alterações climáticas implementa o Roteiro para a Neutralidade Carbónica que vai de encontro aos compromissos que o governo assumiu no Acordo de Paris com a União Europeia até 2050.

Estas ações de sustentabilidade constituem uma estratégia da empresa, que poderá representar uma redução de custos, para além de efeitos indiretos, como uma melhor gestão do risco e a melhoria da imagem da empresa no mercado.

Contudo, apesar da Navigator aplicar medidas para a sustentabilidade e circularidade, o resultado do Índice Circular Sustentável foi de 0,49, de uma escala entre 0 e 1. O facto do valor do índice não ser mais elevado pode ter a ver com a existência de algum desequilíbrio no nível de implementação das práticas de sustentabilidade ou de circularidade. O uso de relatórios é, por isso, cada vez mais importante, pois garante tanto para empresa como para o mercado o desenvolvimento sustentável do negócio.

Como resultado, os gestores podem ajustar o comportamento da empresa e melhorar o seu desempenho económico, social, ambiental e circular.

A aplicação deste índice ao caso da Navigator, introduzindo indicadores específicos para a empresa de modo a medir o nível de sustentabilidade e circularidade da mesma, contribuiu para enriquecer a literatura existente sobre indicadores sustentáveis circulares e perceber se a empresa vai de encontro ou não às questões de sustentabilidade e aos objetivos e compromissos assumidos por Portugal perante a União Europeia, podendo-se concluir que a Navigator segue no bom caminho. Os resultados permitiram perceber em que sentido a

empresa se encontra ao nível do desenvolvimento sustentável e conhecer quais as dimensões que necessitam de mais atenção por parte da empresa e que precisam de ações de melhoria, assim como as que têm melhor desempenho para continuar a aplicar as ações, ou a melhorar.

No entanto há aspetos a melhorar, pois o Índice Circular Sustentável não dá o valor máximo que é 1. Neste sentido, de modo a Navigator conseguir melhorar o seu Índice Circular Sustentável, o governo poderia implementar algumas medidas, nomeadamente diminuir os impostos aplicados aos materiais com origem sustentável e circular (por exemplo materiais reciclados) e a própria Navigator poderia, através do seu centro de investigação estudar se seria possível o fabrico de papel a partir de outras árvores, que não o eucalipto, que fossem autóctones (originárias de Portugal) e que protegessem a biodiversidade.

Este estudo apresenta, no entanto, algumas limitações, designadamente a falta de respostas de mais profissionais para determinar os pesos dos indicadores e das dimensões e a falta de dados da empresa de dois dos indicadores da dimensão social.

Para investigações futuras, sugere-se a aplicação deste índice a outras empresas da indústria transformadora para o mesmo setor, ou para outros setores, com as devidas adaptações, de modo a testar a sua robustez. Também o processo de seleção de especialistas pode ser revisto, tal como o número de especialistas e os seus requisitos base para determinarem os pesos dos indicadores e das dimensões. Outra sugestão seria aplicar o Índice para a mesma empresa, calculando-o para vários anos para analisar a sua evolução.



## Referências bibliográficas

- Adams, K. T., Osmani, M., Thorpe, T., & Thornback, J. (2017). Circular economy in construction: Current awareness, challenges and enablers. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management* (Vol. 170, pp. 15-24). Thomas Telford Ltd.
- Allwood, J. M., Ashby, M. F., Gutowski, T. G., & Worrell, E. (2011). Material efficiency: A white paper. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 362-381.
- Analytics, C. (2015). INDCs lower projected warming to 2.7 C: significant progress but still above 2oC. Institution Climate Action Tracker.
- Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2(1), 133-140.
- Arrow, K. J. (2012). *Social choice and individual values*. (3<sup>a</sup> ed., Vol. 12). Yale University Press.
- Azapagic, A. (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. In *Journal of Cleaner Production* (Vol.12, pp. 639-662).
- Azapagic, A., & Perdan, S. (2000). Indicators of sustainable development for industry: a general framework. *Process Safety and Environmental Protection*, 78(4), 243-261.
- Azevedo, S. G., Godina, R., & Matias, J. C. de O. (2017). Proposal of a sustainable circular index for manufacturing companies. *Resources*, 6(4).
- Banaitè, D. (2016). Towards circular economy: Analysis of Indicators in the Context of Sustainable Development. *Social Transformation in Contemporary Society*, 4(9), 142-150.
- Bang, G., Andresen, S., & Underdal, A. (Eds.). (2015). *The Domestic Politics of Global Climate Change: Key Actors in International Climate Cooperation*. Edward Elgar Publishing.

- Barzekar, G., Aziz, A., Mariapan, M., Hosseini, S. M., & Ismail, M. H. (2011). Delphi technique for generating criteria and indicators in monitoring ecotourism sustainability in Northern forests of Iran: Case study on Dohezar and Sehezar Watersheds. *Folia Forestalia Polonica, Series A*, 53(2), 130-141.
- Bass, S., & Dalal-Clayton, B. (2012). *Sustainable Development Strategies: A Resource Book*. Routledge.
- Bennett, M., & James, P. (2017). *ISO 14031 and the future of environmental performance evaluation*. In *Sustainable Measures*, Routledge, 76-97.
- Berg, A., Antikainen, R., Hartikainen, E., Kauppi, S., Kautto, P., Lazarevic, D., Piesik, S., & Saikku, L. (2018). Circular economy for sustainable development. *Finnish Environment Institute*.
- Berkovics, D. (2010). *Cannibals with forks. The triple bottom line of 21st century business*. Consultado em 16 nov. 2020. Disponível em <http://www.trentglobal.edu.sg/wp-content/uploads/2017/01/Triple-Bottom-Line.pdf>.
- Böhringer, C., & Jochem, P. E. (2007). Measuring the immeasurable—A survey of sustainability indices. *Ecological economics*, 63(1), 1-8.
- Bonviu, F. (2014). The European Economy: From a Linear to a Circular Economy. *Romanian J. Eur. Aff.*, 14, 78-91.
- Boulanger, P. M. (2008). Sustainable development indicators: a scientific challenge, a democratic issue. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, 1(1), 45-59.
- Broom, D., & Gray, A. (2020). *The US is set to rejoin the Paris climate agreement. Here's what you need to know*. Consultado em 17 nov. 2020. Disponível em <https://www.weforum.org/agenda/2020/11/paris-agreement-climate-change-us-biden/>.

- Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., & Chidzero, B. J. N. Y. (1987). Our common future. In *Earth and Us: Population – Resources – Environment – Development* (pp. 29-32). Butterworth-Heinemann.
- Burritt, R., & Petersen, H. (2003). *An introduction to corporate environmental management: Striving for sustainability*. Editora Taylor & Francis.
- Caeiro, S., Ramos, T. B., & Huisingh, D. (2012). Procedures and criteria to develop and evaluate household sustainable consumption indicators. *Journal of cleaner production*, 27, 72-91.
- Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International journal of physical distribution & logistics management*.
- Chan, A. P., Yung, E. H., Lam, P. T., Tam, C. M., & Cheung, S. (2001). Application of Delphi method in selection of procurement systems for construction projects. *Construction Management and Economics*, 19(7), 699-718.
- Christoff, P. (2016). The promissory note: COP 21 and the Paris Climate Agreement. *Environmental Politics*, 25(5), 765-787.
- Cole, M. A., Rayner, A. J., & Bates, J. M. (1997). The environmental Kuznets curve: an empirical analysis. *Environment and Development Economics* 2, 401-416.
- Costanza, R., & Patten, B. C. (1995). Defining and predicting sustainability. *Ecological Economics*, 15(3), 193-196.
- de Oliveira, C. T., Dantas, T. E. T., & Soares, S. R. (2021). Nano and Micro Level Circular Economy Indicators: Assisting decision-makers in circularity assessments. *Sustainable Production and Consumption*. Elsevier B.V.
- Dewulf, J., & Van Langenhove, H. (2005). Integrating industrial ecology principles into a set of environmental sustainability indicators for technology assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 43(4), 419-432.

- Di Maio, F., & Rem, P. C. (2015). A robust indicator for promoting circular economy through recycling. *Journal of Environmental Protection*, 6(10), 1095-1104.
- Domenech, T., & Bahn-Walkowiak, B. (2019). Transition towards a resource efficient circular economy in Europe: policy lessons from the EU and the member states. *Ecological Economics*, 155, 7-19.
- Ekins, P., & Hughes, N. (2016). *Resource efficiency: Potential and economic implications*. International Resource Panel.
- Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2741-2751.
- Elkington, J. (1994). Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. *California management review*, 36(2), 90-100.
- Falkner, R. (2016). The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs*, 92(5), 1107-1125.
- Fan, Y., & Fang, C. (2020). Circular economy development in China-current situation, evaluation and policy implications. *Environmental Impact Assessment Review*, 84.
- Fang, Y., Côté, R. P., & Qin, R. (2007). Industrial sustainability in China: Practice and prospects for eco-industrial development. *Journal of environmental management*, 83(3), 315-328.
- FCT (2019), *Economia Circular*, In Agenda Temática de Investigação e Inovação, Fundação Para a Ciência e a Tecnologia.
- Fitzsimons, L., McNamara, G., Obeidi, M., & Brabazon, D. (2020). *The Circular Economy: Additive Manufacturing and Impacts for Materials Processing*. Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials, 81-212.

- Fundação Ellen MacArthur. (2021). *Material Circularity Indicator*. Consultado em 22 jan. 2021. Disponível em <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/material-circularity-indicator>.
- Geng, Y., & Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 15(3), 231-239.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114, 11-32.
- Goldstein, N. H. (2002). III. C. 3. A Delphi on the Future of the Steel and Ferroalloy Industries. *The Delphi method: Techniques and applications*, (Julho 1971), 204-220.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. *Journal of industrial ecology*, 19(5), 765-777.
- Herva, M., Franco, A., Carrasco, E. F., & Roca, E. (2011). Review of corporate environmental indicators. *Journal of Cleaner Production*, 19(15), 1687-1699.
- Holdren, J. P., & Ehrlich, P. R. (1974). Human Population and the Global Environment: Population growth, rising per capita material consumption, and disruptive technologies have made civilization a global ecological force. *American scientist*, 62(3), 282-292.
- Hurrell, A., & Sengupta, S. (2012). Emerging powers, North–South relations and global climate politics. *International Affairs*, 88(3), 463-484.
- Ike, M., Donovan, J. D., Toppo, C., & Masli, E. K. (2019). The process of selecting and prioritising corporate sustainability issues: Insights for achieving the Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production*, 236.

- Jawahir, I. S., & Bradley, R. (2016). Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. *Procedia Cirp*, 40(1), 103-108.
- Jones, S. (2005). Notes of the University of Sydney Pacioli Society. *Abacus*, 41(2), 211-216.
- Joung, C. B., Carrell, J., Sarkar, P., & Feng, S. C. (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological indicators*, 24, 148-157.
- Jun, H., & Xiang, H. (2011). Development of circular economy is a fundamental way to achieve agriculture sustainable development in China. *Energy Procedia*, 5, 1530-1534.
- Jurgilevich, A., Birge, T., Kentala-Lehtonen, J., Korhonen-Kurki, K., Pietikäinen, J., Saikku, L., & Schösler, H. (2016). Transition towards circular economy in the food system. *Sustainability (Switzerland)*, 8(1), 1-14.
- Kazancoglu, Y., Kazancoglu, I., & Sagnak, M. (2018). A new holistic conceptual framework for green supply chain management performance assessment based on circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 195, 1282-1299.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, 127, 221-232.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*, 143, 37-46.
- Labuschagne, C., Brent, A. C., & Claasen, S. J. (2005). Environmental and social impact considerations for sustainable project life cycle management in the process industry. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 12(1), 38-54.
- Lazarevic, D., & Valve, H. (2017). Narrating expectations for the circular economy: Towards a common and contested European transition. *Energy Research & Social Science*, 31, 60-69.

- Leal Filho, W., Shiel, C., Paço, A., Mifsud, M., Ávila, L. V., Brandli, L. L., ... & Caeiro, S. (2019). Sustainable Development Goals and sustainability teaching at universities: Falling behind or getting ahead of the pack?. *Journal of Cleaner Production*, 232, 285-294.
- Lee, Y. J., & Huang, C. M. (2007). Sustainability index for Taipei. *Environmental Impact Assessment Review*, 27(6), 505-521.
- Lehtonen, M., Sébastien, L., & Bauler, T. (2016). The multiple roles of sustainability indicators in informational governance: between intended use and unanticipated influence. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 18, 1-9.
- Li, R. H., & Su, C. H. (2012). Evaluation of the circular economy development level of Chinese chemical enterprises. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 1595-1601.
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 115, 36-51.
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (Eds.). (1975). *The delphi method* (pp. 3-12). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Liobikienė, G., & Butkus, M. (2017). The European Union possibilities to achieve targets of Europe 2020 and Paris agreement climate policy. *Renewable Energy*, 106, 298-309.
- Longhi, S., Nijkamp, P., & Poot, J. (2010). Meta-analyses of labour-market impacts of immigration: key conclusions and policy implications. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 28(5), 819-833.
- Lozano, R. (2008). Envisioning sustainability three-dimensionally. *Journal of cleaner production*, 16(17), 1838-1846.
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2, 23-44.
- Mathews, J. A., & Tan, H. (2011). Progress toward a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. *Journal of industrial ecology*, 15(3), 435-457.

- McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., & Doménech, T. (2017). Circular economy policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 651-661.
- Meadows, D. H. (1998). Indicators and Information Systems for Sustainable Development. *A Report to the Balaton Group*.
- Meyer, B. (2011). Macroeconomic modelling of sustainable development and the links between the economy and the environment. *Final Report of the MacMod project (ENV. F. 1/ETU/2010/0033) to the European Commission*.
- Moriguchi, Y. (2007). Material flow indicators to measure progress toward a sound material-cycle society. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9(2), 112-120.
- Nardo, M.; Saisana, M.; Saltelli, A.; Tarantola, S. (2005). *Tools for Composite Indicators Buildings*. Consultado em 24 fev. 2021. Disponível em <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC31473/EUR%2021682%20EN.pdf>.
- Navigator. (2019). *Relatório de Sustentabilidade 2019*.
- Nawaz, W., & Koç, M. (2018). Development of a systematic framework for sustainability management of organizations. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1255-1274.
- Nobre, G. C., & Tavares, E. (2020). Assessing the role of Big Data and the Internet of Things on the transition to Circular Economy: Part I An extension of the ReSOLVE framework proposal through a literature review. *Johnson Matthey Technology Review*, 64(1), 19-31.
- Noya, I., Aldea, X., González-García, S., Gasol, C. M., Moreira, M. T., Amores, M. J., ... & Boschmonart-Rives, J. (2017). Environmental assessment of the entire pork value chain in Catalonia—A strategy to work towards Circular Economy. *Science of the Total Environment*, 589, 122-129.

- Ogunmakinde, O. E. (2019). A review of circular economy development models in China, Germany and Japan. *Recycling*, 4(3), 27.
- Pais-Magalhães, V., Moutinho, V., & Marques, A. C. (2021). Scoring method of eco-efficiency using the DEA approach: evidence from European waste sectors. *Environment, Development and Sustainability*, 23(7), 9726-9748.
- Parto, S., & Herbert-Copley, B. (Eds.). (2007). *Industrial innovation and environmental regulation: Developing workable solutions*. IDRC.
- Pätäri, S., Tuppurä, A., Toppinen, A., & Korhonen, J. (2016). Global sustainability megafactors in shaping the future of the European pulp and paper industry towards a bioeconomy. *Forest Policy and Economics*, 66, 38-46.
- Pawelczyk, A. (2005). Eu policy and legislation on recycling of organic wastes to agriculture. *International Society for Animal Hygiene*, 1, 64-71.
- Pearce, D.W., Turner, R.K., (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester Wheatsheaf, London.
- Preston, F. (2012). *A global redesign? Shaping the circular economy*. Consultado em 8 de dez. 2020. Disponível em <https://www.chathamhouse.org/2012/03/global-redesign-shaping-circular-economy>.
- Putra, D. W. T., & Pungara, A. A. (2018). Comparison Analysis of Simple Additive Weighting (SAW) and Weighed Product (WP) in Decision Support Systems. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 215). EDP Sciences.
- Qing, Y., Qiongqiong, G., & Mingyue, C. (2011). Study and integrative evaluation on the development of circular economy of Shaanxi province. *Energy Procedia*, 5, 1568-1578.
- Rincón-Moreno, J., Ormazábal, M., Álvarez, M. J., & Jaca, C. (2021). Advancing circular economy performance indicators and their application in Spanish companies. *Journal of Cleaner Production*, 279.

- Rowe, G., & Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International journal of forecasting*, 15(4), 353-375.
- Rumelt, R. P. (1974). *Strategy, structure, and economic performance*. Harvard University Press.
- Salvado, M. F., Azevedo, S. G., Matias, J. C., & Ferreira, L. M. (2015). Proposal of a sustainability index for the automotive industry. *Sustainability*, 7(2), 2113-2144.
- Sariatli, F. (2017). Linear Economy versus Circular Economy: A comparative and analyzer study for Optimization of Economy for Sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6(1), 31-34.
- Searcy, C., & Elkhawas, D. (2012). Corporate sustainability ratings: an investigation into how corporations use the Dow Jones Sustainability Index. *Journal of Cleaner Production*, 35, 79-92.
- Sihvonen, S., & Ritola, T. (2015). Conceptualizing ReX for aggregating end-of-life strategies in product development. *Procedia Cirp*, 29, 639-644.
- Sikdar, S. K. (2003). Sustainable development and sustainability metrics. *AIChE journal*, 49(8), 1928-1932.
- Silva, A. S., & Fernandes, J. P. M. (dezembro, 2020). *Acordo de Paris 2015-2020*. Consultado em 20 de fev. 2021. Disponível em <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3D%3DBQAAAB%2BLCAAAAAAABAAzNLA0tgQAra2cKgUAAAA%3D>.
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2009). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological indicators*, 9(2), 189-212.
- Smol, M., Kulczycka, J., Henclik, A., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2015). The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 95, 45-54.

- 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.
- Thangaratinam, S., & Redman, C. W. (2005). The Delphi technique. *The Obstetrician & Gynaecologist*, 7(2), 120-125.
- Threlfall, R., King, A., Shulman, J., Bartels, W. (2020). *The time has come: The KPMG Survey of Sustainability Reporting 2020*. KPMG.
- Toop, T. A., Ward, S., Oldfield, T., Hull, M., Kirby, M. E., & Theodorou, M. K. (2017). AgroCycle—developing a circular economy in agriculture. *Energy Procedia*, 123, 76-80.
- UNCED. (1992). *Agenda 21 - United Nations Conference on Environment & Development*, Rio de Janeiro, Brazil , 3-14 June 1992.
- Van Buren, N., Demmers, M., Van der Heijden, R., & Witlox, F. (2016). Towards a circular economy: The role of Dutch logistics industries and governments. *Sustainability*, 8(7), 647.
- Veleva, V., & Ellenbecker, M. (2001). Indicators of sustainable production: A new tool for promoting business sustainability. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 11(1), 41-62.
- Victor, D. G., & Kennel, C. F. (2014). Climate policy: Ditch the 2°C warming goal. *Nature*. Nature Publishing Group.
- Wang, L. (2005). *A methodology of sustainability accountability and management for industrial enterprises*. State University of New York at Buffalo.
- Wen, Z., & Meng, X. (2015). Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District. *Journal of Cleaner Production*, 90, 211-219.

- Yeung, J. F., Chan, A. P., Chan, D. W., & Li, L. K. (2007). Development of a partnering performance index (PPI) for construction projects in Hong Kong: a Delphi study. *Construction Management and Economics*, 25(12), 1219-1237.
- Ying, J., & Li-jun, Z. (2012). Study on green supply chain management based on circular economy. *Physics Procedia*, 25, 1682-1688.
- Zhang, H. B., Dai, H. C., Lai, H. X., & Wang, W. T. (2017). US withdrawal from the Paris Agreement: Reasons, impacts, and China's response. *Advances in Climate Change Research*, 8(4), 220-225.
- Zhijun, F., & Nailing, Y. (2007). Putting a circular economy into practice in China. *Sustainability Science*, 2(1), 95-101.
- Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2006). Comparing aggregating methods for constructing the composite environmental index: An objective measure. *Ecological economics*, 59(3), 305-311.