



Economia Circular: Desafios e oportunidades na gestão de cadeias de abastecimento

Rita Quental de Medeiros

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Prof.^ª Bruna Elias Mota

Júri

Presidente: Prof.^ª Ana Isabel Cerqueira de Sousa Gouveia Carvalho

Orientador: Prof.^ª Bruna Elias Mota

Vogal: Prof.^ª Marta Bubicz

Junho 2022

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a todos os Professores que marcaram o meu percurso académico e permitiram que esta passagem no Instituto Superior Técnico se tornasse numa experiência mais enriquecedora e marcante. Em especial atenção, gostaria de agradecer à minha orientadora, Professora Bruna Elias Mota, por toda a disponibilidade e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

À minha família e amigos, com um agradecimento especial aos meus Pais, muito obrigada por todo o apoio incondicional e, por terem um papel tão presente e importante nesta fase académica.

Resumo

Ao longo dos anos, é possível observar um aumento da poluição ambiental associada ao setor industrial. Assim, a comunidade de investigadores sentiu a necessidade de tomar iniciativas para colmatar os problemas associados ao meio ambiente, desenvolvendo ferramentas que oferecessem a oportunidade de crescer a nível económico, no entanto, desassociando este crescimento ao aumento de danos ambientais.

Em 2010, com a criação da Fundação Ellen MacArthur, foi desenvolvido o conceito de Economia Circular que, aplicado à cadeia de abastecimento, resultaria numa mudança de modelo linear e tradicional de produzir-utilizar-desperdiçar, para modelo circular. A Economia Circular permite reaproveitar os subprodutos e resíduos gerados ao longo das cadeias de abastecimento e, conseqüentemente, diminuir os danos causados ao meio ambiente.

Este trabalho tem como objetivo identificar e caracterizar as implicações da Economia Circular na gestão de cadeias de abastecimento, compreendendo quais são os desafios e oportunidades desta adesão. Assim, dá-se a exploração de conceitos associados à Economia Circular e como estes se relacionam com as cadeias de abastecimento, identificando os *stakeholders* envolvidos, as estratégias do modelo de negócio circular, os indicadores circulares, a Indústria 4.0 e a aplicação da Simbiose Industrial. Como se trata de uma temática em geral pouco explorada, será desenvolvido três *frameworks*, um mapa conceptual, uma matriz de *stakeholders* e por último, uma *framework* que abrange as oportunidades e dificuldades da aplicação da Economia Circular. Por fim, serão abordados casos de aplicação da Economia Circular no setor florestal e agrícola em Portugal, e um caso internacional.

Palavras-Chave: Economia Circular, Cadeia de Abastecimento, Cadeia de Abastecimento Circular, Gestão da Cadeia de Abastecimento, Simbiose Industrial

Abstract

Over the years, it is possible to notice an increase in environmental pollution associated with the industrial sector. As such, the research community felt the need to take initiatives to address the problems associated with the environment, developing tools that would offer the opportunity to grow economically, however, disassociating this growth from the increase in environmental damage.

In 2010, with the creation of the Ellen MacArthur Foundation, the concept of Circular Economy was developed which, applied to the supply chain, would result in a shift from a linear and traditional produce-use-waste model to a circular model. The Circular Economy allows for the reuse of by-products and waste generated along supply chains and consequently decreases the damage done to the environment.

This paper aims to identify and characterize the implications of Circular Economy in supply chain management, understanding what the challenges and opportunities of this adherence are. Therefore, it will be explored concepts associated with the Circular Economy and how they relate to supply chains, identifying the stakeholders involved, circular business model strategies, circular indicators, Industry 4.0, and the application of Industrial Symbiosis. As this is a generally poorly explored theme, three frameworks will be developed, a conceptual map, a stakeholder matrix, and finally, a framework that covers the opportunities and difficulties of applying Circular Economy. Finally, cases of application of Circular Economy in the forestry and agricultural sector in Portugal, and an international case will be addressed.

Keywords: Circular Economy, Supply Chain, Circular Supply Chain, Supply Chain Management, Industrial Symbiosis

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas.....	vii
Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Siglas.....	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Descrição do problema.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Estrutura	3
2. Caracterização da Economia Circular nas cadeias de abastecimento.....	5
2.1. Definição e clarificação dos conceitos	5
2.1.1. Tabela de análise de conceitos	6
2.1.2. Análise e clarificação de conceitos	11
2.2. Economia Circular nas cadeias de abastecimento: Conceitos no desenvolvimento de uma Cadeia de Abastecimento Circular	15
2.3. Aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento: Incentivos, práticas e barreiras	19
2.4. Conclusões do capítulo.....	20
3. Implicações da Economia Circular na gestão da cadeia de abastecimento	21
3.1. <i>Stakeholders</i> da Cadeia de Abastecimento Circular	22
3.2. Modelo de negócio circular	24
3.2.1. Estratégias de modelos de negócio circulares	29
3.3. Simbiose Industrial nas cadeias de abastecimento	31
3.4. Indicadores de Economia Circular nas cadeias de abastecimento	36
3.5. Indústria 4.0 na Economia Circular	39
3.5.1. Tecnologias relacionadas com a Indústria 4.0	42
3.5.2. Indústria 4.0 nos objetivos do desenvolvimento sustentável	44

3.6.	Conclusões do capítulo.....	51
4.	Economia Circular em Portugal.....	52
4.1.	Contexto industrial de Portugal.....	53
4.2.	Legislação em Portugal.....	55
4.3.	Redes de Simbiose Industrial em Portugal.....	56
4.4.	Desafios e futuro da Simbiose Industrial em Portugal.....	58
4.5.	Conclusões do capítulo.....	60
5.	Cadeias de Abastecimento Circulares: implementação dentro e fora de Portugal.....	61
5.1.	Caso de Cadeia de Abastecimento Circular no setor florestal em Portugal.....	61
5.2.	Caso de Cadeia de Abastecimento Circular no setor agrícola em Portugal.....	63
5.3.	Caso internacional de Cadeia de Abastecimento Circular.....	66
5.4.	Conclusões do capítulo.....	67
6.	Metodologia e recomendações.....	68
6.1.	Mapa conceptual.....	69
6.2.	Matriz de poder VS Interesse dos <i>stakeholders</i>	72
6.3.	Potenciadores e desafios da Cadeia de Abastecimento Circular.....	75
6.4.	Recomendações.....	77
7.	Conclusão.....	79
	Bibliografia.....	81

Índice de Figuras

Figura 1 - Metodologia utilizada na tabela de conceitos	7
Figura 2 - Economia Circular	12
Figura 3 - Fluxos cradle-to-grave e cradle-to-cradle	14
Figura 4 - Cadeia de Abastecimento Tradicional e Cadeia de Abastecimento Simbiótica	15
Figura 5 - Sobreposição entre C.A. Sustentável e Economia Circular	17
Figura 6 - Cadeia de Abastecimento Circular	17
Figura 7- Cadeias de Abastecimento Linear, Ciclo Fechado e Circular	18
Figura 8 - Matriz de stakeholders.....	24
Figura 9 - Modelo de negócio	25
Figura 10 – Quatro tipos de inovação do modelo de negócio circular	29
Figura 11 – Estratégias do modelo de negócio circular	30
Figura 12 - Relações EC	32
Figura 13 - Fluxos de Material na SI com limites geográficos	33
Figura 14 - Correlação entre EC e I4.0.....	41
Figura 15 - Objetivos Sustentáveis Agenda 2030	46
Figura 16 - Nº de empresas mediante o seu setor de atividade	53
Figura 17 - Evolução do desperdício gerado em Portugal.....	54
Figura 18 - Evolução do desperdício gerado na Europa.....	54
Figura 19 - Disposição dos casos de SI em Portugal.....	58
Figura 20 - Diagrama do aproveitamento dos subprodutos provenientes da Cortiça.....	63
Figura 21 - Valorização de Subprodutos e Resíduos	65
Figura 22 - Mapa conceptual	71
Figura 23 - Mapa de conceitos	71
Figura 23 - Mapa de conceitos	71
Figura 24 - Cadeia de Abastecimento Circular	76

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tabela da evolução do conceito de EC e relacionados	9
Tabela 2 – Impacto da EC no modelo de negócio	27
Tabela 3 - Riscos da Simbiose Industrial e sua descrição	35
Tabela 4 - Indicadores e Sub-indicadores	38
Tabela 5 - Sigla das práticas da EC	43
Tabela 6 - Mapa de calor entre as tecnologias da I4.0 e as atividades da EC	44
Tabela 7 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	45
Tabela 8 - Efeitos da EC e I4.0 no ODS 7	46
Tabela 9 - Efeito da EC e I4.0 no ODS 8	47
Tabela 10 - Efeitos da EC e I4.0 no ODS 9	48
Tabela 11 - Efeitos da EC e I4.0 no ODS 11	49
Tabela 12 - Efeitos da EC e I4.0 no ODS 12	50
Tabela 13 - Desafios e desenvolvimento futuro da SI em Portugal	59
Tabela 14 - Índice de trabalhos da figura 22	70
Tabela 15 - Levantamentos da lista de Stakeholders	72
Tabela 16 - Tabela de análise de Stakeholders	75

Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Siglas

C.A. – Cadeia de Abastecimento

CBMOD – Modelo de negócio circular

DIGT – Transformação digital

DISAS – Desmontagem

EC – Economia Circular

LIFEC – Gestão do ciclo de vida

I4.0 – Indústria 4.0

ODS – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PME - Pequenas e Médias Empresas

RECYC – Reciclagem

REMAN – Remanufactura

RESOU – Eficiência dos recursos

REUSE – Reutilização

SI – Simbiose Industrial

SMSER – Serviços inteligentes

SUPCM – Gestão da cadeia de abastecimento

TBL – *Triple Bottom Line (3-Bottom Line)*

UE – União Europeia

1. Introdução

No presente capítulo é feita a contextualização da temática da Dissertação (secção 1.1.), aprofundando no que toca à descrição do problema (secção 1.2.), os objetivos do estudo (secção 1.3.) e como o trabalho está estruturado (secção 1.4.).

1.1. Contextualização

Atualmente é possível observar um crescimento na temática da Economia Circular a nível mundial, ao invés do modelo de produção e consumo linear, que se mostra ser insustentável, uma vez que, como se estima que em 2050, a população alcance 9 mil milhões, os recursos são limitados (Hamam et al., 2021). No entanto, apesar deste crescimento notório, ainda há muito a ser explorado em relação às aplicações da Economia Circular e os seus conceitos, especialmente na área da logística, como poderá ser observado ao longo do trabalho. Um exemplo que pode ser tido em consideração é a dificuldade em atribuir um nível de circularidade aos produtos, processos e empresas devido tanto à falta de informação, como de indicadores de desempenho em relação aos fatores económicos, ambientais e sociais (Rossi et al., 2020).

A Economia Circular encontra-se ligada à produção sustentável, sendo que esta ambiciona aumentar a eficiência económica, criar valor através da maximização da utilização dos recursos e reduzir o impacto no meio ambiente derivado da exploração de matéria-prima e da emissão de gases poluentes (Hapuwatte & Jawahir, 2021). Assim, a mesma defende a passagem de uma abordagem linear para uma circular, que apresenta características restaurativas e regenerativas (Hapuwatte & Jawahir, 2021). São estas as características que permitem a minimização da utilização de recursos, e da criação de resíduos e emissões (Hussain & Malik, 2020), resultando numa oportunidade de criar vantagem competitiva (Genovese et al., 2017).

Se o nível de consumo se mantiver e não houver alteração no modo como os produtos são obtidos, produzidos, entregues, utilizados, recuperados e regenerados, os recursos naturais irão esgotar-se num futuro próximo (Farooque et al., 2019). Daí que seja fulcral que as empresas comecem a aderir às práticas circulares e promovam um desenvolvimento sustentável. Tal como já foi referido acima, a Economia Circular está a obter uma maior presença mundialmente, tornando-se observável a influência desta prática em empresas privadas, nomeadamente, Google, Renault, Unilever (Geissdoerfer et al., 2020) e Cisco (Cisco, 2022).

A inovação do conceito de Economia Circular permitiu o desenvolvimento de processos técnicos que facilitam a adoção da circularidade nas cadeias de abastecimento (Hussain & Malik, 2020). Assim, o conceito de Cadeia de Abastecimento Circular remete-nos para cadeias que criam valor através de produtos/serviços, subprodutos e fluxos de resíduos úteis ao longo de ciclos de vida mais duradouros que promovem a sustentabilidade ambiental, económica e social das organizações (Batista et al., 2018).

1.2. Descrição do problema

Cada vez mais é necessário tomar medidas que permitam o desenvolvimento sustentável tanto a nível social, como económico e ambiental, devido ao aumento do consumo global e à consequente degradação do meio ambiente. O século 21 encontra-se a enfrentar diversos desafios, nomeadamente, a perda de biodiversidade, mudanças climáticas, escassez de recursos e água, crescimento populacional e dificuldades económicas (Hamam et al., 2021). E, estima-se que, por volta de 2050, os recursos naturais sejam limitados uma vez que se espera que a população alcance os 9000 milhões (Hamam et al., 2021). Isto em junção com o aumento dos parâmetros de consumo da população, é um dos fatores que demonstra a necessidade de recorrer a iniciativas mais sustentáveis (Hamam et al., 2021).

Assim, sendo as cadeias de abastecimento lineares, responsáveis pela degradação do meio ambiente e dos recursos, torna-se necessário tomar medidas sustentáveis que colmatem este problema. Desta forma, foi desenvolvido o conceito de Economia Circular, que permite a passagem de um modelo linear para um circular, onde este prima pela prevenção do meio ambiente e a reutilização de subprodutos e resíduos gerados pelos sistemas de produção, resultando na redução da exploração de matéria-prima.

A Economia Circular trata-se de um conceito relativamente recente, o que por sua vez, resulta numa fraca exploração do mesmo e dos restantes conceitos relacionados. Desta forma, um dos problemas a ser colmatado neste trabalho é a clarificação e descrição dos conceitos desta temática e de que forma estes se relacionam entre si. Para além disto, devido à aplicação da Economia Circular às cadeias de abastecimento, torna-se fulcral entender de que forma este conceito influencia a gestão das mesmas, abrangendo tanto a análise dos *stakeholders* circulares, como também do modelo de negócio circular, analisando que alterações necessitam de ser realizadas para que ocorra uma mudança com sucesso. Como a Simbiose Industrial é uma estratégia de apoio à transição para a Economia Circular (Fraccascia & Giannoccaro, 2020), esta apesar de ser pouco desenvolvida ou pouco reportada em Portugal, é melhor compreendida através da experiência adquirida por empresas já inseridas neste meio. Deste modo, de forma a dar auxílio à falta de informação disponibilizada, aborda-se sobre a aplicação do conceito nas cadeias de abastecimento, o contexto industrial em Portugal, os desafios e futuro destas práticas, e por fim, relatam-se dois casos de Simbiose Industrial em Portugal, de dois setores diferentes, e um caso que se destaca internacionalmente.

Para além disto, de forma a avaliar o desempenho da aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, é necessário recorrer a indicadores circulares. Assim, uma problemática associada a esta área é a falta de definição de ferramentas e critérios medidores da circularidade dos produtos, companhias ou regiões (Rincón-Moreno et al., 2021). Ainda, no que toca ao desenvolvimento tecnológico, torna-se necessário perceber de que forma a Indústria 4.0 pode ser utilizada na aplicação dos conceitos circulares para auxiliar no alcance do desenvolvimento sustentável.

De modo geral, é fulcral compreender como se deve adaptar as cadeias de abastecimento e a gestão das mesmas, de forma a tornarem-se mais circulares.

1.3. Objetivos

O principal objetivo do presente trabalho passa por estudar a implementação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, através do desenvolvimento frameworks que permitem avaliar e apoiar na tomada de decisão em relação à circularidade, abordando as oportunidades e dificuldades na gestão da cadeia de abastecimento.

Ao recorrer à Economia Circular, esta permite o desenvolvimento sustentável tanto a nível ambiental, como económico e social, permitindo desacoplar o crescimento económico da degradação ambiental e da destruição de recursos (Masi et al., 2017). Assim, o objetivo deste trabalho prende-se na apresentação e desenvolvimento de ferramentas que possam auxiliar na implementação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, compreendendo os desafios e oportunidades na gestão de uma Cadeia de Abastecimento Circular. Como se trata de conceitos que ainda não foram suficientemente explorados, especialmente, na área da logística, é necessário desenvolver *frameworks* possam auxiliar as empresas a compreender melhor o conceito e a dar um primeiro passo em direção às práticas circulares.

Portugal é um país onde se observa a existência de redes de Simbiose Industrial, sobretudo na zona do Alentejo, no entanto, existem estudos que defendem a existência de mais casos que os relatados. Isto demonstra a falta de abertura por parte das empresas, e a dificuldade acrescida para aprender a implementar estas novas práticas através da experiência das empresas já presentes nesta área da sustentabilidade. Desta forma, torna-se fulcral desenvolver trabalhos e ferramentas que possam dar apoio às empresas, especialmente na fase inicial de compreensão dos riscos, benefícios e funcionamento da Economia Circular nas cadeias de abastecimento.

1.4. Estrutura

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos, nomeadamente, a Introdução, a Caracterização da Economia Circular, as Implicações da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, Economia Circular em Portugal, os casos de Economia Circular, Metodologia e Recomendações, e por último, Conclusão.

No capítulo 1, a Introdução remete-nos para a contextualização e descrição do problema nos subcapítulos 1.1. e 1.2. Posteriormente, são apresentados os objetivos do presente trabalho, no subcapítulo 1.3., e a estrutura de como o mesmo está elaborado no subcapítulo 1.4.

O capítulo 2 irá focar-se na caracterização da Economia Circular nas cadeias de abastecimento. No subcapítulo 2.1, permitindo uma análise elucidativa com base na revisão da literatura sobre a importância do conceito de Economia Circular e outros relacionados nas cadeias de abastecimento. De seguida, será apresentada a definição e clarificação dos conceitos. Desta forma, no subcapítulo 2.2, após a compreensão dos conceitos, será exposto como estes se relacionam com o conceito de cadeia de abastecimento, analisando como estes se sobrepõem. Para além disto, no subcapítulo 2.3., será ainda analisado quais são os incentivos, práticas e barreiras da aplicação

da EC nas cadeias de abastecimento. De forma a finalizar, no subcapítulo 2.4., irão ser apresentadas as conclusões retiradas neste capítulo.

Em relação ao capítulo 3, as Implicações da Economia Circular na gestão da cadeia de abastecimento, são abordadas em cinco temáticas, nomeadamente, os *stakeholders* de uma Cadeia de Abastecimento Circular, no subcapítulo 3.1. De seguida, no subcapítulo 3.2., é abordado o modelo de negócio circular, que se faz acompanhar de estratégias circulares. Para além destes, no subcapítulo 3.3, são apresentados a Simbiose Industrial nas cadeias de abastecimento e, no subcapítulo 3.4, os indicadores da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, onde se pode analisar um conjunto de indicadores já formulados para a presente temática. Ainda, no subcapítulo 3.5., procede-se à análise da presença da Indústria 4.0 na Economia Circular e como esta influência o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. Por último, no subcapítulo 3.6., termina-se com as conclusões retiradas neste capítulo.

No capítulo 4, destaca-se a presença da Economia Circular em Portugal, onde irá ser analisado o contexto industrial em Portugal no subcapítulo 4.1., posteriormente, no subcapítulo 4.2., a legislação na área da Economia Circular presente no país. No subcapítulo 4.3., é abordada as redes de Simbiose Industrial já desenvolvidas e onde estas se concentram em maior quantidade. Por último, é referido no subcapítulo 4.4., os desafios e o futuro da Simbiose Industrial no país. Termina-se com um subcapítulo 4.5., que irá apresentar as conclusões retiradas no capítulo 4.

Posteriormente, no capítulo 5, são referidos três casos diferentes de Economia Circular, de modo a dar conhecimento de empresas que já possuam experiência na aplicação da Simbiose Industrial e, por sua vez, passar o seu conhecimento de modo sucinto. Primeiramente, é apresentado no subcapítulo 5.1, um caso no setor florestal em Portugal, sobre a Corticeira Amorim, o segundo caso, é apresentado no subcapítulo 5.2., e relata o setor agrícola em Portugal, sobre a vinicultura no programa Alentejo Circular. Por último, será mencionado um caso internacional sobre Economia Circular na empresa Cisco no subcapítulo 5.3. De seguida, são apresentadas as conclusões do capítulo no subcapítulo 5.4.

No capítulo 6, será apresentado a metodologia e as recomendações. Primeiramente, no subcapítulo 6.1, é apresentado um mapa conceptual que abrange, de forma geral, o trabalho desenvolvido. Este permite dar uma visão geral e mais simplificada da revisão de literatura, demonstrando quais são os conceitos e medidas principais e como estes se relacionam. De seguida, no subcapítulo 6.2., é apresentado um levantamento dos *stakeholders* que são de interesse para a temática em estudo, de forma a depois ser elaborada uma matriz de Poder VS Interesse dos *stakeholders*. Ainda, foi desenvolvida uma análise sobre os *stakeholders*, se são primários/secundários e internos/externos. Quanto à terceira ferramenta, foi elaborado no subcapítulo 6.3, um diagrama que relaciona os potenciadores da Economia Circular nas cadeias de abastecimento com os desafios e riscos desta adesão, de forma a facultar uma ferramenta que permita perceber quais são os mecanismos a adotar para ter uma aplicação da EC com sucesso, no entanto expondo quais são os principais desafios e riscos que possam ocorrer e assim, desenvolver forma de os prevenir e mitigar. No subcapítulo 6.4, dá-se a apresentação das recomendações.

De forma a concluir o trabalho, serão apresentadas as conclusões-chave que foram retiradas ao longo da elaboração da Dissertação no capítulo 7.

2. Caracterização da Economia Circular nas cadeias de abastecimento

No presente capítulo, irá ser apresentado o conceito da Economia Circular e clarificação dos conceitos inseridos na temática em estudo. É necessário abordar primeiramente os conceitos da temática e expor o seu significado, uma vez que, se trata de uma área pouco explorada. Foi desenvolvida uma tabela que permite analisar qual a evolução dos conceitos ao longo dos anos, analisando de que forma o conceito de Economia Circular e os conceitos relacionados, têm vindo a ser aplicados na literatura, com maior ênfase nas cadeias de abastecimento.

Deste modo, como o foco deste trabalho é a aplicação do conceito da Economia Circular numa cadeia de abastecimento, no subcapítulo 2.1., primeiramente apresenta-se a tabela de análise de conceitos elaborada e, após entender de que modo os conceitos têm vindo a ser aplicados na literatura, procede-se à análise e clarificação dos mesmos.

No subcapítulo 2.2, procede-se à análise de como os conceitos de Economia Circular e de cadeia de abastecimento se relacionam, e de que forma se sobrepõem.

Por último, no subcapítulo 2.3, após serem apresentados os conceitos e a Cadeia de Abastecimento Circular, resultante da junção dos conceitos de EC e de cadeia de abastecimento, aborda-se quais são os incentivos, práticas e barreiras na adesão das cadeias nas práticas circulares.

Assim, o capítulo 2, permite a elaboração de uma base teórica e conceptual para compreender as restantes secções do trabalho, que estão mais ligadas aos mecanismos de gestão da Cadeia de Abastecimento Circular, analisando quais são as oportunidades e desafios da mesma.

2.1. Definição e clarificação dos conceitos

Ao longo da literatura torna-se possível constatar a existência de uma grande variedade de conceitos relacionados com a temática da Economia Circular, tornando a comunicação mais complexa tanto entre empresas, como com a sociedade.

Os autores Batista et al. (2018) referiram que um dos problemas existentes nesta temática é a falta de distinção entre conceitos sobre a Economia Circular. Assim, em relação à definição e clarificação, devido à panóplia existente de conceitos e à pouca exploração dos mesmos, no capítulo 2.1.1, foi elaborada uma tabela que demonstre a evolução ao longo dos anos dos conceitos da Economia Circular relacionado com a cadeia de

abastecimento, analisando desta forma qual a sua tendência, se crescente ou decrescente, e de que forma estas são influenciadas por datas importantes relacionadas com a sustentabilidade.

Posteriormente, no subcapítulo 2.1.2., procede-se à exploração dos conceitos de Economia Circular e outros que pertençam à temática e se relacionem com as cadeias de abastecimento. Analisando de que forma estes se relacionam e de que forma se diferenciam entre si. Este subcapítulo irá facultar uma base sobre a temática da Economia Circular antes de aplicar o conceito às cadeias de abastecimento e analisar as implicações a que lhe estão ligadas.

2.1.1. Tabela de análise de conceitos

Dada a complexidade, diversidade e ainda escassa exploração dos conceitos da Economia Circular na sua aplicação nas cadeias de abastecimento, procedeu-se à construção de uma tabela (tabela 1), que analisa o número de trabalhos que abordam estes conceitos e outros relacionados ao longo dos anos, resultando numa análise elucidativa da importância crescente destes conceitos nas cadeias de abastecimento. Assim, para a elaboração da tabela, foi necessário seleccionar um motor de busca, mais concretamente, o Scopus.

Em relação aos conceitos a serem explorados, foram destacados os seguintes, *“Circular Economy”*, *“Green Supply Chain”*, *“Green Logistics”*, *“Reverse Logistics”*, *“Sustainable Supply Chain”*, *“Closed-Loop Supply Chain”*, *“Open-Loop Supply Chain”*, *“Industrial Symbiosis”*, *“Industrial Ecology”*, *“Symbiotic Supply Chain”* e *“Circular Supply Chain”*. As restrições aplicadas aos resultados de pesquisa foram na área em que o trabalho se insere, nomeadamente, *“Business, Management and Accounting”*, *“Economics, Econometrics and Finance”* e *“Decision Sciences”*, e o tipo de documento, restringe-se a *“Article”* e *“Review”*. Para além disto, na barra de procura do Scopus foi seleccionado o tipo de procura entre *“Article title, Abstract, Keywords”*, de modo a só seleccionar os documentos que apresentem os conceitos numa destas secções, sendo assim trabalhos em que os conceitos são centrais à contribuição dos autores.

Na primeira iteração da tabela, onde se restringia os dados só pelo ano, tipo de documento e área de estudo, obteve-se uma quantidade demasiado elevada, não permitindo realizar o descarregamento de todos os dados. Isto porque o Scopus só permite que se aceda a 2000 documentos, apesar de, por exemplo, no caso do conceito de Economia Circular, se verificar a existência de acima de 9000 documentos. Desta forma, gerou-se a necessidade de criar uma alternativa que colmata-se este problema.

Assim, procedeu-se à filtragem na categoria *“Source Title”*, onde foram seleccionados as revistas classificados com 3 ou mais na *Academic Journal Guide 2021*, da *Association Business School (ABS)*, na área de *Operations Research and Management Science*. Assim, ao desenvolver a tabela, foi possível observar que, certos conceitos, como *“Symbiotic Supply Chain”* e *“Circular Supply Chain”*, não obtiveram resultados e que, por exemplo, no caso de *“Open-Loop Supply Chain”* e *“Industrial Symbiosis”* só foi obtido um resultado. Deste modo, foi necessário alterar a abordagem, apesar que, de modo a restringir os resultados às cadeias de abastecimento, foi adicionado aos

conceitos, aquando presentes na barra de pesquisa, a palavra “*Supply Chain*”, a mesma não resolveria o problema da inexistência de resultados para certos conceitos e, assim, foi definido que a tabela apresentaria a primeira interação com a restrição do “*Source Title*” e uma segunda interação abaixo, sem a presença desta.

Em suma, no que toca à primeira interação, para além de ser adicionado a palavra “*Supply Chain*” no motor de busca, a mesma também apresenta as restrições da área, do ano (exclusão do ano de 2022), tipo de documento, filtragem de “*Source Title*”, realizada com o auxílio da listagem de revistas da ABS. Sendo de salguardar que, no presente caso, é possível observar a sobreposição das classificações do Scopus e do ABS, no que toca aos *Journals* e à área. Em relação à segunda interação, manteve-se a mesma filtragem da primeira, com a salvaguarda de retirar a restrição das revistas.

Poderá ser observado que, antes destes tópicos estarem presentes nas áreas de topo de *Operations Research* e *Management Science*, na investigação de cadeias de abastecimento, estes começaram a ser explorados nas áreas mais setoriais, como é o caso por exemplo da *Journal Cleaner Production*.

Na figura 1 pode-se observar a diferença entre as duas interações.

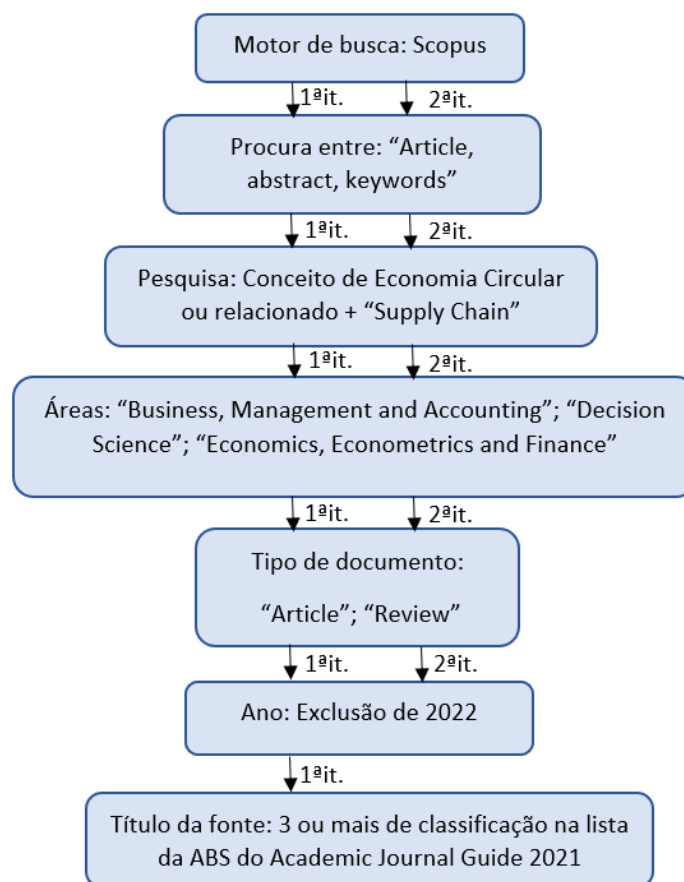


Figura 1 - Metodologia utilizada na tabela de conceitos

Fonte: Autor

De forma a enriquecer a análise da tabela, em relação ao crescimento e decréscimo dos valores, procedeu-se à realização de um mapa de calor, facilitando assim a sua leitura. Para além disto, para permitir a comparação entre os anos, foi realizada uma terceira pesquisa sem conceitos (""), mas com as limitações da primeira iteração, resultando no número total de trabalhos publicados em cada ano nas revistas da lista da ABS. Foi adicionada uma linha a cada conceito que mostra, de forma percentual, como cada conceito está presente de forma quantitativa no total de trabalhos existentes em cada ano, observáveis na segunda tabela.

Ainda, foram adicionadas datas de elevada importância no que toca à sustentabilidade internacional referentes, nomeadamente, ao Protocolo de Quioto, que engloba a implementação de um Sistema de Comércio de Emissões (*EU Emissions Trading System*), à criação da *Ellen MacArthur Foundation*, ao Acordo de Paris e ao Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*). De forma sucinta, o Protocolo de Quioto é um tratado jurídico que pretende limitar a emissão de gases de efeito de estufa pelos países desenvolvidos (Associação Portuguesa do Ambiente, 2021b). No que toca ao Sistema de Comércio de Emissões, é um sistema que regula o nível de emissões de gases com efeito estufa nas atividades que são as principais responsáveis pelas mesmas na Europa (Associação Portuguesa do Ambiente, 2021a). A *Ellen MacArthur Foundation* tem como objetivo a aceleração da aplicação da Economia Circular em diversas áreas, por exemplo de negócios, escolar, entre outros (Ellen MacArthur Foundation). Para além disto, o Acordo de Paris foca-se na descarbonização das economias mundiais, de modo a travar o aquecimento global, sendo que uma das principais medidas é que o aumento de temperatura global se mantivesse inferior 2°C em relação à temperatura presente na altura pré-industrial (Silva & Fernandes, 2020). Por fim, no Pacto Ecológico Europeu, este apresenta como objetivo a extinção das emissões de gases de efeito de estufa até 2050, desacoplar o crescimento económico ao uso de recursos e abranger de forma global na aplicação das medidas (Comissão Europeia, 2022).

Tabela 1 - Tabela da evolução do conceito de EC e relacionados

Fonte: Autor
Criada a Fundação Ellen
McArthur.

		Assinado o Protocolo de Quioto				Implementação do Protocolo de Quioto.				Acordo de Paris.				Pacto Ecológico Europeu.				Total Papers									
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2ª	Sustainable SC								2		3	7	14	10	20	21	36	34	68	84	97	101	174	194	229	244	1338
1ª														1	2		1	3	5	8	1	6	17	15	19	25	103
1ª (%)														0,04%	0,08%		0,04%	0,11%	0,17%	0,27%	0,03%	0,18%	0,50%	0,39%	0,45%	0,51%	
2ª	Green SC		1	1				1	3	6	3	11	22	7	19	39	51	62	83	100	115	114	150	159	200	191	1338
1ª			1										2		1			3	5	5	3	11	11	3	9	12	66
1ª (%)													0,08%		0,04%			0,11%	0,17%	0,17%	0,10%	0,34%	0,32%	0,08%	0,21%	0,25%	
2ª	Closed-Loop SC				1			6	10	4	16	11	15	15	16	22	27	50	43	46	66	83	82	100	120	153	886
1ª									3		3	3	1	6	8	3	5	10	7	11	10	8	13	16	12	28	147
1ª (%)									0,18%		0,14%	0,12%	0,04%	0,23%	0,31%	0,13%	0,18%	0,37%	0,24%	0,37%	0,32%	0,25%	0,38%	0,42%	0,29%	0,57%	
2ª	Reverse Logistics	1		1	2	4	4	4	10	13	19	17	25	21	22	33	35	38	38	39	57	41	53	65	73	55	670
1ª							1		4		3	5	1	5	2	4	1	8	9	3	4	2	3	7	6	4	72
1ª (%)							0,06%		0,24%		0,14%	0,20%	0,04%	0,19%	0,08%	0,17%	0,04%	0,30%	0,31%	0,10%	0,13%	0,06%	0,09%	0,18%	0,14%	0,08%	
2ª	Circular Economy														1				1	1	4	12	55	67	103	170	414
1ª																						1	2	1	3	5	12
1ª (%)																						0,03%	0,06%	0,03%	0,07%	0,10%	
2ª	Green Logistics			1				1				1		3	7	4	3	2	4	6	5	9	9	15	12		83
1ª															1							1		1	2	1	6
1ª (%)															0,04%							0,03%		0,03%	0,05%	0,02%	
2ª	Industrial Ecology					1			6		1	3	3	3	1		2	2		3	1	4	4	5	4	4	47
1ª						1																1					2
1ª (%)																						0,03%					
2ª	Industrial Symbiosis													2						1	1	2	5	5	4	9	29
1ª																											0
1ª (%)																											
2ª	Open-Loop SC													1				1			1		2	2	1		8
1ª														1													1
1ª (%)														0,04%													
Total de papers nas revistas da 1ª it.		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
		1667	1712	1668	1675	1645	1600	1690	1668	1808	2 210	2 537	2 534	2 622	2 565	2 352	2 712	2 679	2 865	2 984	3 096	3 260	3 410	3 832	4 187	4 892	63 870

Restrições das iterações

	Motor de busca	Procura entre	Pesquisa	Áreas	Tipo de documento	Ano	Título da fonte	
1ª it.	Scopus	"Article, abstract, keywords"	Conceito + "Supply Chain"	"Business Management and Accounting", "Decision Science", "Economics, Econometrics and Finance"	"Article", "Review"	Exclusão 2022	Lista do ABS do Academic Journal Guide 2021	
2ª it.							>200	80-120
							160-200	40-80
							120-160	0-40

É possível observar através da tabela 1 que, tanto o conceito de Economia Circular (*Circular Economy*), Logística Inversa (*Reverse Logistics*), Cadeia de Abastecimento de Ciclo Fechado (*Closed-Loop Supply Chain*), Cadeia de Abastecimento Verde (*Green Supply Chain*) e Cadeia de Abastecimento Sustentável (*Sustainable Supply Chain*) obtiveram um crescimento considerável ao longo dos anos. Destacam-se os conceitos de Cadeia de Abastecimento Sustentável (*Sustainable Supply Chain*) e Cadeia de Abastecimento Verde (*Green Supply Chain*), sendo os com maior total de referências. Observa-se também um crescimento notável de ambos conceitos a partir de 2019, onde se deu a elaboração do Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*), em ambas as iterações. No entanto, no caso da primeira iteração, em relação à Cadeia de Abastecimento Sustentável (*Sustainable Supply Chain*) foi de 0,11% e no caso da Cadeia de Abastecimento Verde (*Green Supply Chain*) foi de 0,13%. Também no conceito de Economia Circular (*Circular Economy*) e no de Logística Verde (*Green Logistics*) observa-se um crescimento, contudo, de valor inferior.

Para além disto, é de notar que o primeiro resultado para o conceito de Economia Circular, foi aquando da criação da *Ellen MacArthur Foundation*, no ano de 2010. Apesar da tendência crescente que apresenta, este conceito ainda é muito pouco mencionado, especialmente na aplicação do mesmo nas cadeias de abastecimento, como se observa na tabela na primeira iteração.

Em 2015, mediante a implementação do Acordo de Paris, os conceitos de Cadeia de Abastecimento Sustentável (*Sustainable Supply Chain*) e Cadeia de Abastecimento Verde (*Green Supply Chain*), observaram um crescimento superior a 0,10%, valor que apesar de ser baixo, é notável, comparativamente aos valores que estão a ser utilizados.

No que toca aos conceitos de Logística Inversa (*Reverse Logistics*) e de Cadeia de Abastecimento de Ciclo Fechado (*Closed Loop Supply Chain*), só começaram a ser mencionados nas áreas de logísticas a partir de 2005, ano em que o Protocolo de Quioto e o Sistema de Comércio de Emissões entraram em vigor.

É ainda de notar que, tanto o conceito de Cadeia de Abastecimento de Ciclo Aberto (*Open Loop Supply Chain*), como o de Ecologia Industrial (*Industrial Ecology*), de Logística Verde (*Green Logistics*) e de Simbiose Industrial (*Industrial Symbiosis*), apresentam uma presença muito fraca no estudo já desenvolvido sobre cadeias de abastecimento, sendo que este último nem chega a ser mencionado na primeira iteração, onde se aplica a restrição das revistas.

Numa perspetiva mais geral, conclui-se que esta é uma temática ainda não devidamente estudada e aprofundada, mas que por sua vez, apresenta uma tendência crescente ao longo dos anos. Posteriormente, e dado que a tabela remete-nos para uma ferramenta de apoio na compreensão dos conceitos e como estes se relacionam, procede-se no subcapítulo 2.1.2., à exposição e clarificação do conceito de Economia Circular e dos restantes conceitos que estão relacionados com a aplicação das práticas circulares nas cadeias de abastecimento.

2.1.2. Análise e clarificação de conceitos

Neste subcapítulo 2.1.2, são apresentados os conceitos relacionados com a Economia Circular e de que forma estes se relacionam. Apesar de serem conceitos já explorados, alguns destes ainda não estão devidamente definidos, podendo dificultar a compreensão de certos pontos na temática da sustentabilidade aplicada às cadeias de abastecimento. Desta forma, após a análise da evolução dos conceitos ao longo dos anos, proceder-se-á à análise dos mesmos, clarificando-os e compreendendo de que forma estes se relacionam.

De forma a dar contextualização ao conceito de Economia Circular e à necessidade da aplicação do mesmo, é necessário ter em conta que na presença de uma cadeia de abastecimento que usufrua do modelo linear de consumo, baseado em “retirar-produzir-consumir-descartar” (“*take-make-consume-dispose*”), estamos perante a ocorrência de insustentabilidade ambiental (Masi et al., 2017). Deste modo, uma alternativa viável a este modelo é a Economia Circular, que permite passar de um modelo linear para um em que a economia seja de baixa emissão carbónica e livre de desperdício (Scarpellini et al., 2019).

Apesar de ainda não haver uma definição oficial do conceito, os autores Kirchherr, Reike, e Hekkert (2017) desenvolveram um estudo e ao analisar 114 definições, concluíram que a Economia Circular deveria ser descrita como um sistema económico fundamentado em modelos de negócio que permitem recorrer à redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos não só de produção e consumo, mas também de distribuição, resultando assim na substituição do modelo linear, uma vez que este é constituído pelo conceito de fim de vida do produto, não primando pela sustentabilidade. Assim, o foco passaria a ser o desenvolvimento sustentável, promovendo qualidade ambiental, prosperidade económica e igualdade social, tanto a nível micro (produtos, empresas e consumidores), meso (parques eco industriais) e macro (cidade, região, nação ou mais abrangente) (Kirchherr et al., 2017).

Por outro lado, o autor Geissdoerfer et al. (2017) defende uma definição que não abrange aspetos que não estejam ligados à Economia Circular, assim refere EC como um sistema regenerativo, em que graças à diminuição dos ciclos de material e energia, há uma redução dos recursos utilizados, dos resíduos criados e da energia despendida, sendo isto alcançável através do projeto (*design*), manutenção, reparação, reutilização, refabricação, remodelação e reciclagem. Posteriormente, o autor Geissdoerfer et al. (2020) ao juntar estas duas definições anteriormente referidas, concluí que a Economia Circular corresponde a um sistema económico que prima pela redução não só da utilização de novos recursos, mas também do desperdício, de emissões e de fugas de energia, como pode ser observado na figura 1 (Geissdoerfer et al., 2020). Isto pode ser conseguido recorrendo a ciclos, à extensão dos mesmos; intensificando a reutilização dos materiais e energia; desmaterialização de materiais e circuitos de energia, resultantes da digitalização, manutenção, partilha de soluções; criação de produtos com um tempo de vida duradouro; manutenção; reparação; reutilização; refabricação; remodelação e reciclagem (Geissdoerfer et al., 2020).

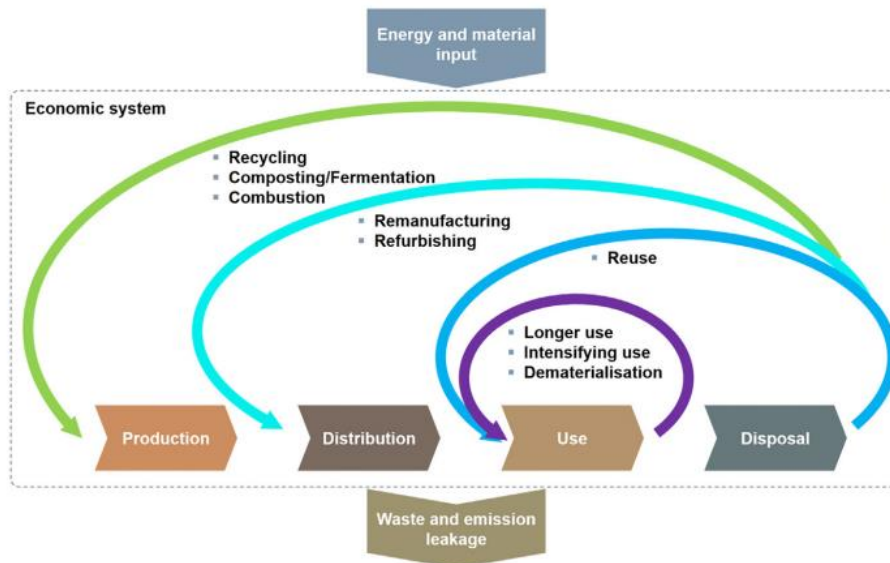


Figura 2 - Economia Circular

Fonte: Geissdoerfer et al. (2020)

Para além disto, na Economia Circular, a produção industrial recorre a métodos restaurativos (dar nova vida, promover recuperação para o estado inicial) e regenerativos (recuperar para um novo estado, melhorado), o que permite que os produtos se mantenham com alta utilidade e valor a longo prazo (Batista et al., 2018). É ainda de salvaguardar que, um projeto (*design*) de uma cadeia regenerativa indica que todos os materiais ou resíduos, após o seu fim de vida, devem ser reintroduzidos no sistema ou metamorfozados num novo recurso e este foca-se em ser completamente livre de resíduos (Geisendorf & Pietrulla, 2018). Deste modo, isto irá resultar na diminuição da necessidade de novas matérias-primas e entrada de matéria no sistema produtivo (Hussain & Malik, 2020).

A Gestão de Cadeia de Abastecimento Sustentável (*Sustainable Supply Chain Management*), remete-nos para a gestão de material, informação, fluxos de capital e da colaboração entre empresas, focando-se na dimensão económica, ambiental e social da cadeia de abastecimento (Hussain & Malik, 2020).

No que toca a uma Cadeia de Abastecimento Verde (*Green Supply Chain*), esta trata-se de uma junção de três desafios, nomeadamente, a gestão de cadeias de abastecimento, a proteção do meio ambiente e, por fim, a otimização de recursos, apresentando como objetivo tornar toda a cadeia de abastecimento a favor do meio ambiente (Ying & Li-jun, 2012). Sendo de referir que, as cadeias de abastecimento tradicionais normalmente não abordam os problemas ambientais nem os de otimização da utilização de recursos (Ying & Li-jun, 2012).

Não só a Economia Circular abrange o conceito de Cadeia de Abastecimento Fechada (*Closed Loop Supply Chain*), como também o mesmo deriva do conceito de Logística Inversa (*Reverse Logistics*), tendo este último sido introduzido por volta da década de 70, 80 (Suzanne et al., 2020). Para além disto, os autores Ying e Li-jun (2012), defenderam no seu trabalho que, a Logística Verde (*Green Logistics*) engloba o conceito de Logística Inversa

(*Reverse Logistics*). Em relação ao último mencionado, também denominado por *Green Recycling* (Ying & Li-jun, 2012), o autor Sehnem et al. (2019) afirma que o mesmo remete-nos para o encaminhamento de produtos usados, não usados ou parte desses produtos desde os resíduos dos consumidores, para um produto do canal de distribuição. Deste modo, dá-se a restituição dos resíduos para a indústria (Sehnem et al., 2019). Assim, a Logística Inversa abrange todo o processo de planeamento, implementação e controlo dos fluxos de retorno de material (Geisendorf & Pietrulla, 2018). É ainda de salientar que, determinados autores consideram remanufactura (*remanufacturing*) e remodelação (*refurbishing*) abrangidos por este conceito (Geisendorf & Pietrulla, 2018). No entanto, é de notar que estes não aumentam o tempo de vida de um produto, mas aumentam sim, o das suas peças, por exemplo, no caso da remanufactura, normalmente refere-se a produtos com pequeno ciclo de vida, já com o propósito de ser de fácil desmontagem e remanufaturado várias vezes (Sehnem et al., 2019).

É ainda de referir que, o conceito de Cadeia de Abastecimento Inversa (*Reverse Supply Chain*) pode estar presente tanto numa Cadeia de Abastecimento de Ciclo Aberto (*Open Loop Supply Chain*), como numa Cadeia de Abastecimento de Ciclo Fechado (*Closed Loop Supply Chain*) (Batista et al., 2018). No primeiro, este remete-nos para quando os materiais são recuperados por outras entidades, sem ser os produtores originais (Batista et al., 2018). Enquanto que, numa Cadeia de Abastecimento de Ciclo Fechado, os produtos vão desde os consumidores até ao produtor inicial, onde depois procede-se à reutilização de uma parte do produto ou do produto total (Batista et al., 2018). Deste modo, em relação à Cadeia de Abastecimento de Ciclo Fechado (*Closed Loop Supply Chain*), esta define-se por ser um processo logístico que tem como principal objetivo não só reduzir a criação de resíduos, como também diminuir uso de matéria-prima (Sehnem et al., 2019).

A Economia Circular tem como objetivo manter os recursos e a energia num sistema fechado, resultando na redução da entrada de material e permitindo, num cenário ideal, a alteração dos limites das práticas da Gestão de Cadeias de Abastecimento Sustentável (Genovese et al., 2017). Deste modo, estas práticas focam-se na redução ou atraso dos impactos ambientais negativos derivados da tipologia *cradle-to-grave* (Genovese et al., 2017), sendo que "*cradle*", remete-nos para o meio ambiente, e "*grave*", refere-se aos desperdícios no modelo linear (Rossi et al., 2020). Em contrapartida, na tipologia de *cradle-to-cradle*, esta é baseada na ideia principal do conceito de Economia Circular (Goyal et al., 2018), sendo que se dá a restauração dos materiais técnicos e a regeneração dos materiais biológicos (Faroque et al., 2019). Na figura 3 é possível observar as diferenças entre os ciclos *cradle-to-cradle* e o fluxo linear *cradle-to-grave*.

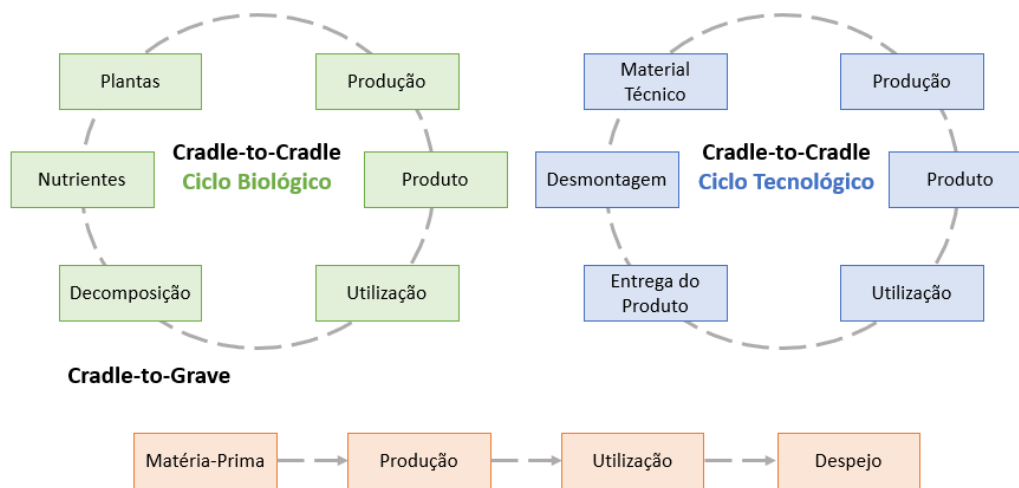


Figura 3 - Fluxos cradle-to-grave e cradle-to-cradle

Fonte: Cradle to Cradle (2020) adaptada pelo autor

Um outro conceito de elevada importância nesta temática é a Simbiose Industrial, esta remete-nos para cooperação de âmbito ecológico entre indústrias (Sehnem et al., 2019). Faz parte da ecologia industrial e permite que as entidades envolvidas retirem vantagem competitiva devido à troca de materiais, energia, água e subprodutos (Turken & Geda, 2020). Permite criar e partilhar conhecimento, havendo transações mutualmente benéficas (Turken & Geda, 2020).

No que toca à Ecologia Industrial, um ecossistema industrial deve otimizar o uso da energia e dos materiais, tendo em conta não só o impacto ambiental dos subprodutos no processo de fabricação, como também minimizar a poluição e a quantidade de resíduos produzidos (Geisendorf & Pietrulla, 2018). Os fluxos de material e energia no ciclo de vida de um produto podem ser analisados a nível local, regional ou global, com o objetivo de reduzir o dano ambiental criado (Geisendorf & Pietrulla, 2018). A mesma difere do conceito de ciclo fechado na medida em que a Ecologia Industrial toma como passo mais importante o aumento do ciclo de vida dos produtos para a redução de resíduos (Sehnem et al., 2019). Isto é alcançado através da utilização de material com mais durabilidade, que necessite de reparações simples e permita uma reutilização direta (Sehnem et al., 2019).

Por fim, a elaboração do conceito de Cadeia de Abastecimento Simbiótica dá-se com a junção de dois conceitos, nomeadamente, a Gestão da Cadeia de Abastecimento e a Simbiose Industrial (Turken & Geda, 2020). O primeiro remete-nos para organizações tanto externas, como internas, nomeadamente, fornecedores, fabricantes, armazéns, compradores e os processos que geram os produtos e a distribuição dos mesmos (Turken & Geda, 2020). Por sua vez, a Simbiose Industrial permite a expansão de uma cadeia de abastecimento tradicional, como é possível observar na figura 4, ou seja, engloba também os fornecedores, compradores, os recursos e informações partilhadas pelas outras empresas (Turken & Geda, 2020).

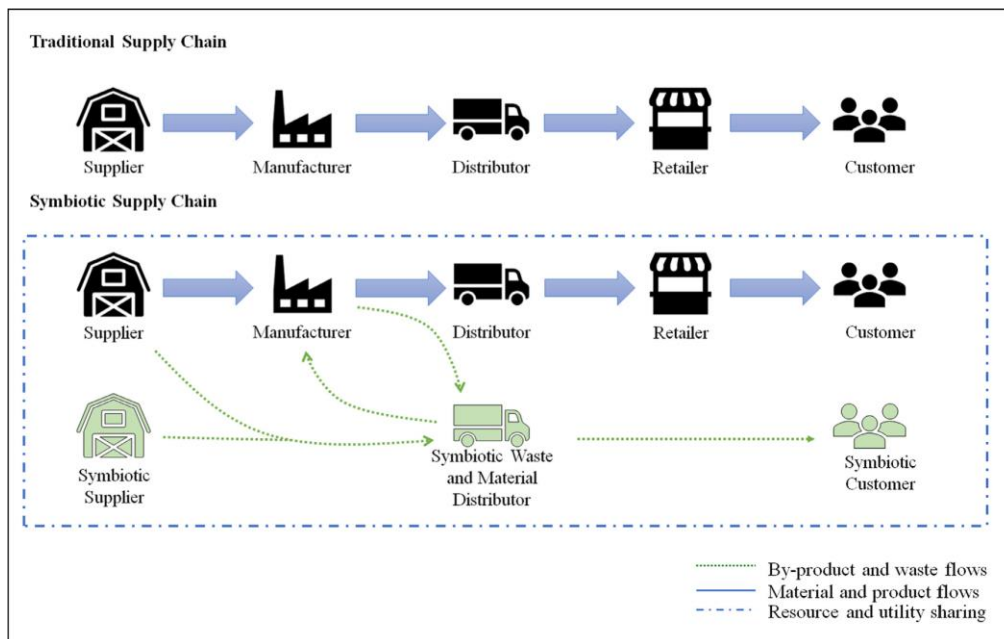


Figura 4 - Cadeia de Abastecimento Tradicional e Cadeia de Abastecimento Simbiótica

Fonte: Turken e Geda (2020)

Este primeiro subcapítulo permitiu uma melhor compreensão sobre o conceito de Economia Circular e os conceitos que estão relacionados com este e as cadeias de abastecimento, facultando uma base conceptual sobre a temática em estudo e preparando o leitor para os seguintes capítulos. Assim, após a exposição dos conceitos e clarificação dos mesmos, irá se proceder à explicação de como os mesmos se relacionam com a cadeia de abastecimento, permitindo o desenvolvimento de uma Cadeia de Abastecimento Circular.

2.2. Economia Circular nas cadeias de abastecimento: Conceitos no desenvolvimento de uma Cadeia de Abastecimento Circular

Após a apresentação de conceitos e clarificação dos mesmos, no subcapítulo 2.2, procede-se à análise da forma como a Economia Circular está relacionada com as cadeias de abastecimento e de que forma estes conceitos se sobrepõem. Apesar da sustentabilidade já ser uma temática fortemente debatida ao longo dos últimos anos, a aplicação recente da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, releva a importância da abordagem às questões previamente referidas. Assim, dá-se a análise da aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento e como estes se relacionam, permitindo dar conhecimento de forma mais teórica sobre a temática, no entanto dando apoio para uma perspetiva mais prática, no que toca às ferramentas circulares que devem ser aplicadas e serão exploradas no capítulo 3.

A Economia Circular está a incentivar à reestruturação das prioridades competitivas das empresas e das cadeias de abastecimento (Masi et al., 2017). Assim, a implementação deste conceito é visto como uma oportunidade,

salvaguardando que esta dependerá do setor industrial em que está inserida (Scarpellini et al., 2019). Para empresas de pequena e média dimensão, por exemplo, torna-se mais difícil aplicar o conceito de Economia Circular na sua atividade, uma vez que não estão devidamente informadas sobre a EC e o que esta propõe (Scarpellini et al., 2019). Para além disto, estas apresentam geralmente um desempenho ambiental mais fraco, devido à escassez de recursos e à falta de conhecimentos específicos da área (Neves et al., 2019).

Apesar de ter sido concluído por alguns autores que a literatura sobre a Gestão de Cadeias de Abastecimento Circulares é escassa, os mesmos apresentaram o conceito como a aplicação da circularidade não só na gestão das cadeias de abastecimento, como também no seu meio envolvente (Farooque et al., 2019). Ao aplicar a Economia Circular dá-se a promoção de uma ótica de desperdício zero, através do desenvolvimento do modelo de negócio e das funções da cadeia de abastecimento, apresentando certos cuidados no que toca à elaboração do produto/serviço, tratamento dos resíduos e dos produtos no seu fim de vida e ao permitir o envolvimento dos *stakeholders* em todo o processo (Farooque et al., 2019).

O conceito de Cadeia de Abastecimento Circular remete-nos para cadeias que funcionam de modo direto e inverso, que criam valor através de produtos/serviços, subprodutos e fluxos de resíduos úteis ao longo de ciclos de vida mais duradouros que promovam a sustentabilidade ambiental, económica e social (Batista et al., 2018). É graças ao projeto (*design*) do produto que se dá a reparação e remanufaturação, o que garante a redução do fluxo de materiais e um aumento da eficiência na utilização de recursos (Hussain & Malik, 2020). Uma Cadeia de Abastecimento Circular está relacionada com o fecho, estreitamento, abrandamento, intensificação e desmaterialização dos ciclos de materiais (Hussain & Malik, 2020).

Há autores que defendem, no seu trabalho que existem determinados fatores que promovem a aplicação da circularidade nas cadeias de abastecimento, tais como, a colaboração dentro da cadeia e a reconfiguração da mesma, promovendo a Simbiose Industrial (Hussain & Malik, 2020). E também, a promoção da sustentabilidade dentro da organização (Hussain & Malik, 2020).

É ainda possível observar algumas diferenças entre Cadeias de Abastecimento de Ciclo Fechado e Cadeias de Abastecimento Circulares, ou seja, as Cadeias de Abastecimento Circulares remetem-nos para uma expansão das de ciclo fechado, a nível de âmbito (*core*) e foco, permitindo a existência de fluxos para outras cadeias de abastecimento (Batista et al., 2018).

Apesar da Cadeia de Abastecimento de Ciclo Fechado e a Cadeia de Abastecimento de Ciclo Aberto serem conceitos que permitem a aproximação das Cadeias de Abastecimento Sustentáveis à Economia Circular, como se pode observar na figura 5, estes não apresentam os objetivos de um sistema de produção circular em relação a possuir características restaurativas e regenerativas, onde uma Cadeia de Abastecimento Circular foca-se na procura de oportunidades para criar mais valor adicionado através da recuperação de materiais, ao invés dos outros tipos de cadeia de abastecimento, previamente mencionados, que se focam a recuperar o valor dos materiais (Hussain e Malik 2020).

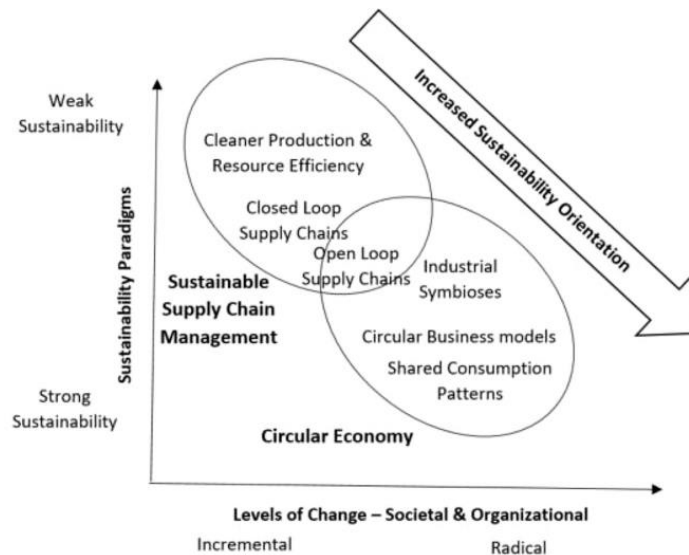


Figura 5 - Sobreposição entre C.A. Sustentável e Economia Circular

Fonte: Hussain e Malik (2020)

Em relação à sustentabilidade, nas Cadeias de Abastecimento Circulares, estas permitem expandir a perspectiva de ciclo fechado graças à criação de cadeias de valor, provenientes das devoluções de produtos no seu fim de vida e dos subprodutos e fluxos de resíduos que foram recuperados graças às cadeias em cascata inversa e direta (Farooque et al., 2019), tais fluxos são observados na figura 6. Estas cadeias encontram-se ligadas à perspectiva *Triple Bottom-line* que, por sua vez, remete-nos para a divisão da sustentabilidade organizacional em três componentes, o meio ambiente, sociedade e economia (Farooque et al., 2019). No que toca à complexidade do projeto (*design*), o mesmo remete-nos para a junção das cadeias tradicionais com cadeias restaurativas, apresentando fluxos tanto inversos, como diretos (Batista et al., 2018). Para além disto, é dada uma maior importância ao projeto (*design*) a *jusante*, uma vez que, este permite aumentar a eficiência dos recursos, sendo que os processos a jusante (*downstream*) estão relacionados com os consumidores e os a montante (*upstream*) com os produtores (Batista et al., 2018). Por fim, na composição do valor da cadeia, trata-se mais uma vez, da junção das cadeias tradicionais com as restaurativas, onde é possível observar as cadeias de materiais primários e secundários, inversa e direta (Batista et al., 2018).

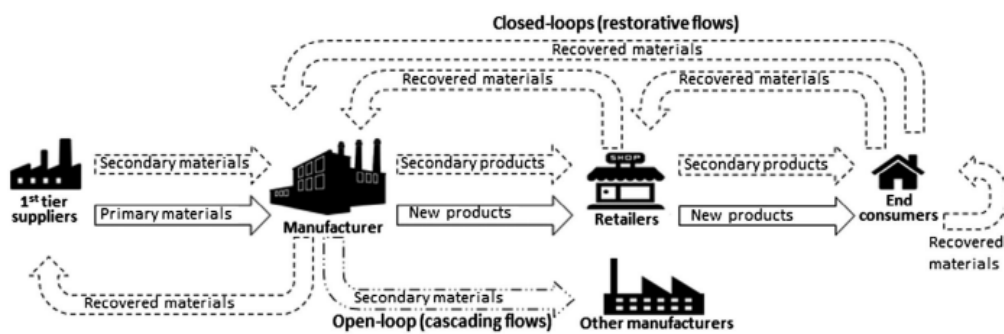


Figura 6 - Cadeia de Abastecimento Circular

Fonte: Batista et al. (2018)

Tornar uma cadeia de abastecimento sustentável tem sido visto como uma oportunidade de ganhar vantagem em relação aos competidores e, embora que, a implementação da circularidade nas cadeias de abastecimento possa estar associada a benefícios de sustentabilidade, esta pode-se também tornar um desafio em termos económicos (Genovese et al., 2017).

As Cadeias de Abastecimento de Ciclo Fechado geram resíduos dado que não é comum reciclar e reutilizar os produtos desnecessários dentro da mesma cadeia (Farooque et al., 2019). Existem benefícios caso se recupere o valor destes produtos, tanto dentro do mesmo setor, como num setor diferente, direcionando-nos para uma Cadeia de Abastecimento de Ciclo Aberto (Farooque et al., 2019). No caso de uma Cadeia de Abastecimento Circular, a mesma não geraria resíduos, como se observa na figura 7, dado que se trata de um sistema restaurativo e regenerativo, assim, existiriam dois tipos de fluxos de materiais, nomeadamente, fluxos de materiais primários (fluxo direto - *forward flow*) e fluxos de materiais circulares (“re-” type flow) (Farooque et al., 2019).

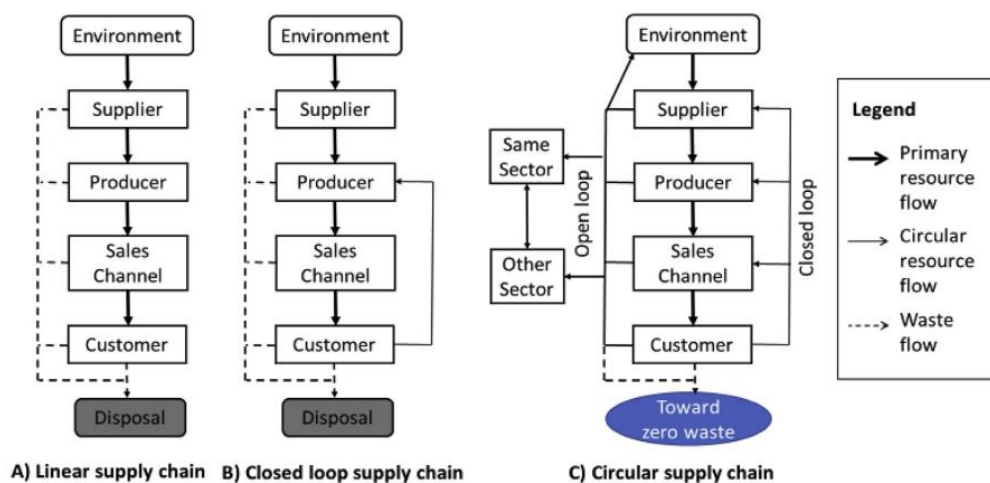


Figura 7- Cadeias de Abastecimento Linear, Ciclo Fechado e Circular

Fonte: Farooque et al. (2019)

A eficiência de recursos e as práticas de abrandamento do fluxo dos mesmos faz com que resulte numa maior eficiência na utilização não só de recursos, como também de energia, isto permite uma diminuição de custos e um incentivo à competitividade (Masi et al., 2017). Contudo, por vezes, os objetivos económicos e os ambientais entram em conflito, por exemplo, o preço dos recursos pode sofrer volatilidade devido à incerteza relacionada com as reservas de materiais (Masi et al., 2017). Assim, quanto menor for a dependência aos recursos virgens escassos, menor será o risco de um preço elevado do lado da oferta (Masi et al., 2017).

Em relação aos investimentos por parte da empresa, a aplicação da circularidade poderá implicar uma tecnologia que permita a adesão à Simbiose Industrial, no entanto, tais tecnologias implicam investimentos iniciais elevados, e isto poderá resultar num obstáculo na aplicação destas práticas (Masi et al., 2017).

Para além disto, a empresa pode ter a necessidade de recorrer a custos contínuos mais elevados derivados dos requisitos de gestão das práticas circulares (Masi et al., 2017), como por exemplo, os elevados custos que possam

ocorrer devido a imprevistos na contratação, dado que não há conhecimento suficiente na área para elaborar contratos devidamente estruturados (Lahti et al., 2018). Não só os processos, como as tecnologias associadas à Economia Linear apresentam investimentos monetários inferiores (Lahti et al., 2018). Para além disto, a recuperação do investimento realizado é influenciada pelo aumento do preço devido à escassez de recursos ou pelo comportamento incerto de compra de alternativas mais sustentáveis pelo consumidor (Lahti et al., 2018).

A regulamentação atual beneficia a Economia Linear, contudo, ao realizar alterações do tipo hierárquicas (*top-down*) nos preços da energia ou nos dos recursos, nomeadamente, dos combustíveis fósseis, resultaria numa maior consciencialização sobre a escassez dos recursos e da poluição causada (Masi et al., 2017). Havendo, desta forma, um aumento da reciclagem e das fontes de energia renovável (Masi et al., 2017).

A implementação da Economia Circular é vista como também uma oportunidade de melhorar o modo como os sistemas de produção e consumo estão organizados na economia global (Eisenreich et al., 2021b). No entanto, é necessário ter em consideração os padrões de consumo da sociedade onde está inserida a atividade da cadeia de abastecimento, analisando os desperdícios mediante a região ou país, e um exemplo onde se pode observar estas diferenças é o setor alimentar (Hamam et al., 2021).

Após entender como a Economia Circular se relaciona com as cadeias de abastecimento, compreendendo de que forma estes conceitos se sobrepõem, irá se proceder à análise dos incentivos, práticas e barreiras. Desta forma, é possível entender o que pode motivar as cadeias de abastecimento a aderir à Economia Circular, que práticas é necessário a CA desenvolver e que barreiras a mesma pode enfrentar.

2.3. Aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento: Incentivos, práticas e barreiras

No que toca às motivações, práticas e barreiras de aplicação da Economia Circular às cadeias de abastecimento, as mesmas serão abordadas de seguida. É fulcral referir estes pontos, uma vez que, este subcapítulo 2.3., permite entender o que incentiva as cadeias de abastecimento a adotar a Economia Circular, que práticas são mais importantes nesta adesão e que barreiras podem se apresentar ao aplicar a Economia Circular. Assim, compreende-se o impacto que a adesão à EC tem e que fatores influenciam na aplicação nas cadeias de abastecimento.

No estudo de Govindan & Hasanagic (2018), foi referido que a aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento é um tema ainda pouco explorado e que é fulcral que comece a ser mais abordado pelos investigadores. Assim, os autores apresentaram como objetivo no seu trabalho, responder à seguinte questão: “Quais são as motivações, práticas e barreiras na adesão à Economia Circular numa cadeia de abastecimento?”.

Desta forma, foi realizado uma pesquisa de trabalhos que abrangessem a temática da aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento e, com estes, foi desenvolvida uma base de dados para o trabalho. De

seguida, os autores demonstram quais são as motivações, práticas e barreiras mencionadas na base de dados e quantas vezes estas foram referidas. Assim, no presente trabalho, são apresentadas como as mais relevantes, as que foram mais vezes mencionadas nos trabalhos analisados pelos autores.

Em relação às motivações, que servem não só para identificar, mas também compreender o que motiva a implementação da Economia Circular, foram destacadas a possibilidade da criação de empregos, a necessidade de respeitar as políticas e leis de gestão de resíduos e a adesão à Economia Circular devido às mudanças climáticas (Govindan & Hasanagic, 2018).

No que toca às práticas da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, os autores Govindan e Hasanagic (2018) demonstraram, que as que se destacam são criar um projeto (*design*) duradouro da cadeia de abastecimento, estabelecer leis e políticas referentes às Cadeias de Abastecimento Circulares, sensibilizar os fornecedores e os consumidores finais sobre a Economia Circular e aumentar a ecoeficiência da produção.

Por fim, em relação às barreiras da adesão à Economia Circular, estamos perante a perceção dos consumidores em relação aos materiais reutilizados, limitações tecnológicas para rastrear os materiais reciclados e a falta de sensibilização dos consumidores para reutilização, reciclagem e remanufatura dos produtos (Govindan & Hasanagic, 2018).

No subcapítulo seguinte irá ser abordado as conclusões do capítulo 2.

2.4. Conclusões do capítulo

Um dos problemas existentes nesta temática é a falta de distinção entre conceitos, tanto no da Economia Circular, como nos que estão relacionados com a aplicação da Economia Circular na cadeia de abastecimento. No entanto, apesar de ser uma área que carece de mais investigação, foi possível observar, numa perspetiva mais geral, que é uma temática com uma tendência crescente ao longo dos anos.

A Economia Circular, apesar de não ter uma definição oficial, esta permite não só passar de um modelo linear, para um circular, como também remete-nos para um sistema económico que se baseia em modelos de negócio que recorrem à redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos não só de produção e consumo, mas também de distribuição. A primeira vez que este conceito apareceu na literatura, foi no ano da criação da *Ellen MacArthur Foundation*, em 2010. Apesar da tendência crescente que apresenta, este conceito ainda é muito pouco mencionado, especialmente na aplicação da EC nas cadeias de abastecimento.

Apesar da literatura sobre as Cadeias de Abastecimento Circulares ser escassa, estas remetem-nos para o fecho, estreitamento, abrandamento, intensificação e desmaterialização dos ciclos de materiais (Hussain & Malik, 2020). Esta cadeia tem como objetivo não produzir desperdício, graças ao desenvolvimento do produto/serviço, tratamento dos resíduos, subprodutos e dos produtos no seu fim de vida (Batista et al., 2018). Sendo que se trata

de um sistema restaurativo e regenerativo, esta permite com que os ciclos de vida dos produtos sejam mais longos, promovendo a sustentabilidade ambiental, económica e social (Hussain & Malik, 2020).

Neste capítulo da caracterização da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, onde se desenvolveu a exploração de conceitos e clarificação dos mesmos, compreendendo de que forma a EC pode se relacionar com as cadeias de abastecimento e influenciá-las. Assim, após a clarificação conceptual, procede-se à análise de como a Economia Circular influencia os mecanismos de gestão da Cadeia de Abastecimento Circular, nomeadamente, a análise de *stakeholders*, desenvolvimento do modelo de negócio circular, a aplicação da Simbiose Industrial e o desenvolvimento de indicadores para avaliar a adesão às práticas circulares. Sendo ainda analisado de que forma a Indústria 4.0 pode impactar a Cadeia de Abastecimento Circular através do desenvolvimento tecnológico.

3. Implicações da Economia Circular na gestão da cadeia de abastecimento

No capítulo 3 irão ser analisados cinco temas identificados na literatura como os mais significativos na adoção de estratégias de Economia Circular no contexto da cadeia de abastecimento, nomeadamente, os *stakeholders* circulares, a elaboração do modelo de negócio circular, a presença de Simbiose Industrial e quais são os fatores a ter em conta na aplicação desta metodologia, a apresentação dos indicadores circulares e, por fim, a junção da Indústria 4.0 e a Economia Circular. Assim, vai-se dar a análise do impacto que a EC tem nas ferramentas e estratégias de apoio na gestão da cadeia de abastecimento, compreendendo de que forma a cadeia de abastecimento e a sua gestão têm que ser adaptadas de modo a tornarem-se mais circulares.

No subcapítulo 3.1, irão ser abordados os *stakeholders*, de forma a perceber quais os que são de interesse e como estes interagem e influenciam o desenvolvimento de uma Cadeia de Abastecimento Circular. De forma a desenvolver comportamentos mais sustentáveis, é essencial que, ocorra a colaboração entre os stakeholders (Hamam et al., 2021), daí que seja tão importante proceder a esta análise.

De seguida, no subcapítulo 3.2., é desenvolvida uma revisão de literatura sobre modelo de negócio circular, e como este remete-nos para uma ferramenta que permite compreender como uma Cadeia de Abastecimento Circular funciona e entrega o seu valor. Ou seja, esta ferramenta expõe o valor que pode ser criado pelos *stakeholders*, como é que este é efetivamente criado e entregue.

Ainda, no subcapítulo 3.3, é exposto como a Simbiose Industrial é aplicada nas cadeias de abastecimento, uma vez que, esta remete-nos para uma estratégia de apoio na transição à Economia Circular (Fraccascia & Giannoccaro, 2020). E, conseqüentemente, através da criação de redes simbióticas entre cadeias, focar-se no desenvolvimento sustentável.

De seguida, no subcapítulo 3.4, serão abrangidos os indicadores circulares, que permitem avaliar o desempenho das práticas circulares nas cadeias de abastecimento.

Por último, o subcapítulo 3.5., remete-nos para o desenvolvimento tecnológico na Indústria 4.0, uma vez que, a mesma permite auxiliar a aplicação da Economia Circular através do desenvolvimento tecnológico. Desta forma, este subcapítulo permite entender como é que este desenvolvimento pode influenciar na adesão da Economia Circular por parte das cadeias de abastecimento.

É de salvaguardar que as ferramentas previamente mencionadas podem ser consideradas como potenciadores do desenvolvimento de Cadeias de Abastecimento Circulares, sendo que se completam entre si, funcionando como um todo no que toca à sua influência na gestão das cadeias de abastecimento que pretendem aderir à EC.

3.1. *Stakeholders* da Cadeia de Abastecimento Circular

Presentemente irão ser abordados os *stakeholders* que são de interesse na temática da Economia Circular aplicada nas cadeias de abastecimento, uma vez que, é fulcral que ocorra a colaboração entre os diferentes *stakeholders* de modo a resultar em comportamentos mais sustentáveis (Hamam et al., 2021). Apesar desta ser uma área que ainda não está devidamente explorada, é ao analisar os *stakeholders* e ao compreender qual o seu contributo, que se desenvolve uma Cadeia de Abastecimento Circular com sucesso.

Assim, no presente subcapítulo 3.1., irão ser apresentados quais os *stakeholders* principais presentes na literatura, perceber de que modo estes interagem e influenciam, positivamente ou negativamente, o desenvolvimento de uma Cadeia de Abastecimento Circular e como os seus interesses podem afetar ou serem afetados por esta cadeia.

Assim, no ciclo de vida de um produto é fundamental avaliar, em termos de sustentabilidade, os impactos positivos e os negativos, de forma que se conclua o valor criado para os *stakeholders* principais, nomeadamente, os produtores, os consumidores e sociedade em geral (Hapuwatte & Jawahir, 2021). Para além disto, a gestão da cadeia de abastecimento e as práticas operacionais estão a ser cada vez mais impactadas pela sustentabilidade, e isto deve-se, não só ao crescente desempenho económico, mas também à responsabilidade ambiental e social dos *stakeholders* principais (Batista et al., 2018).

A Economia Circular identifica as opções mais económicas, garantindo uma utilização eficaz e eficiente dos recursos necessários na produção (Hapuwatte & Jawahir, 2021). De modo a criar produtos sustentáveis, são necessárias ferramentas que avaliem, ao longo do ciclo de vida do produto, o impacto total do *Triple bottom-line* (TBL), tendo em conta as perspetivas dos *stakeholders* (Hapuwatte & Jawahir, 2021).

Não só as soluções circulares estão presentes num sistema complexo em que os *stakeholders* influenciam o sucesso da aplicação da Economia Circular, como também se trata de algo de difícil previsão, uma vez que, a implementação da circularidade remete-nos para resultados estratégicos a longo termo, não sendo possível observar impactos financeiros rapidamente (Eisenreich et al., 2021a). Um exemplo da importância dos *stakeholders* na implementação das práticas circulares, é a necessidade dos colaboradores da empresa, tanto os

funcionários, como os gestores de topo, aderirem à lógica circular, caso contrário, isto poderá pôr em causa o sucesso da implementação da Economia Circular (Eisenreich et al., 2021a).

As empresas devem ter em consideração o bem estar e os interesses dos *stakeholders*, uma vez que, ao ter em conta as diversas perspetivas dos *stakeholders*, dá-se a criação de valor e a inovação de produtos e processos (Eisenreich et al., 2021b). Ainda, ao identificar e analisar as interações entre os diferentes *stakeholders*, torna-se possível verificar as oportunidades de criação de valor a cada *stakeholder* (Hapuwatte & Jawahir, 2021).

Os *stakeholders* dividem-se em primários e secundários. Os primários estão relacionados com a criação de valor e são vitais para a empresa, ao contrário dos secundários que tem interesse nas ações da empresa e tem poder de persuasão nos *stakeholders* primários, no entanto, os mesmos não são considerados vitais (Eisenreich et al., 2021b). A sua importância está dependente da natureza da empresa em questão (Eisenreich et al., 2021b). A presença de *stakeholders*, tanto primários, como secundários, é de elevada importância na implementação da inovação circular (Eisenreich et al., 2021b). Por exemplo, no caso dos processos de decisão e avaliação das medidas destinadas à implementação da inovação circular, os mesmos são influenciados por *stakeholders* internos à empresa (Eisenreich et al., 2021a).

No desenvolver de soluções circulares, o autor Eisenreich et al. (2021b) defendeu que era necessário existir colaboração entre *stakeholders*, podendo esta ser de três tipos, nomeadamente alianças diádicas (*dyadic alliances*), relações de rede (*network relations*) e *crowdsourcing*. Primeiramente, no que toca a alianças diádicas, refere-se à interação com um parceiro, e normalmente está acompanhado de contrato de longo-termo de parceria (Eisenreich et al., 2021b). Posteriormente, as relações de rede, estas remetem-nos para a criação de alianças diádicas, mas a vários parceiros, criando uma rede de indivíduos independentes que criam valor em conjunto (Eisenreich et al., 2021b). Por fim, quanto ao *crowdsourcing*, serve para externalizar uma função organizacional através de tecnologia (Eisenreich et al., 2021b).

De modo a criar uma matriz de *stakeholders*, é necessário identificar os *stakeholders* de uma Cadeia de Abastecimento Circular, entender qual o seu poder e interesse e, mediante isto, posicioná-los na matriz, como apresentado na figura 8.



Figura 8 - Matriz de stakeholders

Fonte: Carvalho (2019) adaptado pelo autor

Assim, após o levantamento dos *stakeholders* a ter em consideração, procederia-se à alocação dos mesmos num dos quadrantes da figura 8, mediante o seu Poder VS Interesse na aplicação da Economia Circular numa cadeia de abastecimento. Desta forma, esta matriz permitira compreender como proceder com as partes interessadas, se seria manter satisfeitas, manter informadas, se corresponderiam a um esforço mínimo por parte da CA, ou se nos remeteria para o público principal, onde tanto o poder, como o interesse são elevados. Assim, foi desenvolvida uma matriz de *stakeholders* no capítulo 6 da presente dissertação.

Após o subcapítulo 3.1, onde foram abordados os *stakeholders*, e compreendido quais são os responsáveis por influenciar o sucesso de uma Cadeia de Abastecimento Circular, é possível proceder à criação de um modelo de negócio circular.

3.2. Modelo de negócio circular

O modelo de negócio retrata de que forma uma cadeia de abastecimento funciona, em termos de criação e captura de valor e, por sua vez, é necessário perceber quais são os *stakeholders* a ter em consideração e como os interesses destes irão influenciar a cadeia de abastecimento e, posteriormente, desenvolver um modelo de negócio circular. Isto porque, uma das estratégias que mais afetam o modelo de negócio são as parcerias estratégicas para obter a circularidade e envolver os *stakeholders* na cadeia de valor (Salvador et al., 2021), e tal poderá ser observado no presente subcapítulo 3.2.

Existem diversas definições de modelo de negócio, sendo que na maioria estas remetem-nos para como uma empresa cria e captura valor (Lahti et al., 2018). Contudo, apesar do conceito de modelo de negócio circular estar a crescer ao longo do tempo, ainda é muito incerto como este deve ser aplicado numa cadeia de abastecimento (Galvão et al., 2020).

Primeiramente, iremos proceder à compreensão sobre o que é um modelo de negócio e de que forma este está dividido. Assim, um modelo de negócio indica-nos como os recursos, competências e parcerias, destinados para resultar na criação e captura de valor, são identificados e utilizados (IAPMEI, 2005). E deste forma, não só são criadas propostas de valor, como também são identificados os segmentos de clientes, demonstrando de que modo se deve relacionar com estes (IAPMEI, 2005).

Em relação à proposta de valor (*value proposition*), esta remete-nos para o valor que irá ser criado para os clientes e outros *stakeholders* (Salvador et al., 2021), abrangendo as questões de quais são os produtos e serviços principais, os segmentos de mercado/consumidores, as respetivas necessidades e como melhorar as mesmas (Geissdoerfer et al., 2020).

Quanto aos segmentos de criação de valor e entrega (*value creation e delivery*), são abrangidos os elementos principais da cadeia de valor, as suas competências principais e os seus recursos e capacidades da empresa (Geissdoerfer et al., 2020). Este indica-nos de que forma o valor é criado, sendo que o mesmo é desenvolvido através de recursos, processos, infraestruturas e parcerias (Salvador et al., 2021). Para além disto, no segmento de entrega (*delivery*), é possível constatar como o valor é entregue aos *stakeholders*, ou seja, que canais e mecanismos de comunicação, venda e distribuição são utilizados pela empresa (Salvador et al., 2021).

No que toca à captura de valor (*value capture*), este descreve um modelo de receitas (*revenue model*) (Salvador et al., 2021), demonstrando as causas dos custos e os fluxos de receitas (Geissdoerfer et al., 2020).

É através da análise de todos os tipos de blocos previamente mencionados que se dá a estruturação de um modelo de negócio (Salvador et al., 2021). Sendo que este é dividido como está presente na figura 9.



Figura 9 - Modelo de negócio

Fonte: Hick, Urban, e Noennig (2017)

O modelo de negócio sustentável, apresenta uma subcategoria denominada por modelo de negócio circular (*Circular Business Model – CBM*), sendo que este permite fechar, intensificar, estreitar e desmaterializar o ciclo de materiais (Galvão et al., 2020). Um modelo de negócio é influenciado pela Economia Circular, através do desenvolvimento de parcerias estratégicas e pela maneira como os *stakeholders* se integram na cadeia de valor e graças ao desenvolvimento das tecnologias, mais concretamente, Indústria 4.0 (Salvador et al., 2021), que irá ser estudada no capítulo 3.4.

Para além disto, os modelos de negócio num contexto de Economia Circular, podem ser criados a 3 níveis, nomeadamente, a nível do produto, da organização e da indústria (Batista et al., 2018). Em relação ao primeiro, este permite uma expansão do tempo de vida do produto e a sua restauração, tendo como foco os aspetos físicos do produto (Batista et al., 2018). No que toca ao nível da organização, o mesmo remete-nos para processos de restauração, como por exemplo, reutilizar, reparar, recondicionar, remodelar, refabricar e reciclar (Batista et al., 2018). Por fim, ao nível da indústria, este refere-se não só à restauração através de cascata de materiais usados, mas também da partilha de recursos renováveis entre empresas (Batista et al., 2018). Para além disso, também aborda a sinergia de resíduos e subprodutos, partilhas de infraestruturas e de recursos e, por último, a relação industrial simbiótica entre diferentes organizações (Batista et al., 2018).

Assim, com o objetivo das empresas satisfazerem as suas ambições tanto sociais, como ambientais, é necessário que o seu modelo de negócio seja inovado através de estratégias circulares, aplicadas nos ciclos de materiais e energia, tais como, estratégia cíclica (*cycling*), de expansão (*extending*), de intensificação (*intensifying*) e desmaterialização (*dematerialising*) (Geissdoerfer et al., 2020). Isto resulta na redução não só da quantidade de recursos utilizados, como também dos resíduos e emissões criados (Geissdoerfer et al., 2020).

De uma perspetiva industrial, a inovação do modelo de negócio, é fundamental para a aplicação da Economia Circular a nível organizacional, uma vez que, esta causaria uma mudança no âmbito da empresa e no equilíbrio dos diferentes interesses dos *stakeholders* (Geissdoerfer et al., 2020). Assim, as inovações do modelo de negócio, apresentam como foco o aumento da duração de vida dos produtos (Batista et al., 2018). Primeiramente, graças à reutilização, reparação, refabricação e manutenção, permitir a redução do ato de substituição de produtos (Batista et al., 2018). Deste modo, a alteração do tipo de modelo de negócio para um circular, permitir-nos-ia a mudança do tipo de mecanismo para gerar lucro, passando da venda de produtos, para o fluxo de materiais e produtos ao longo do tempo, abrangendo materiais reutilizados e reciclados (Lahti, Wincent, e Parida, 2018). Para além disto, as inovações também incentivam à partilha de bens, aumentando a eficiência dos materiais (Batista et al., 2018). Ainda, outra estratégia seria alterar o modo de venda, recorrendo à venda de um serviço (*“selling utilisation”*) em vez da venda de um produto (*“ownership of goods”*), permitindo a redução de custos e riscos associados (Geissdoerfer et al., 2020) (Batista et al., 2018).

O modelo de negócio, aquando da aplicação da Economia Circular, deverá remeter-nos para uma baixa utilização dos recursos, retirando o maior valor possível do processo (Geissdoerfer et al., 2020). Assim, a transição para uma economia sustentável pode ser analisada de duas formas, nomeadamente, hierárquico (*top-down*) e ascendente (*bottom-up*) (Genovese et al., 2017). Este último, começa ao nível do produto, e é um tipo de

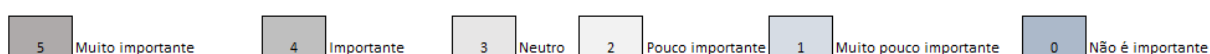
abordagem que desenvolve modelos de negócio que podem incluir eco inovações, Simbiose Industrial e sistemas *cradle-to-cradle* (Genovese et al., 2017). Uma abordagem hierárquica (*top-down*), indica-nos que tanto políticas internacionais, como nacionais tentam persuadir as empresas a utilizar iniciativas do tipo ascendente (*bottom-up*) (Genovese et al., 2017).

Para além disto, o autor Salvador et al. (2021) apresentou no seu trabalho diversas estratégias relacionadas com a Economia Circular e como as mesmas afetam cada segmento do modelo de negócio, nomeadamente, segmento de clientes (*customer segments*), proposta de valor (*value proposition*), canais (*channels*), relações com clientes (*customer relationships*), fluxos de receitas (*revenue streams*), recursos chave (*key resources*), atividades chave (*key activities*), parcerias chave (*key partnerships*) e, por último, estrutura de custos (*cost structure*), como se pode observar na tabela 2.

Tabela 2 – Impacto da EC no modelo de negócio

Fonte: Salvador et al. (2021) adaptado pelo autor

Estratégia de Economia Circular	Segmento de Clientes	Proposta de Valor	Canais	Relação com Clientes	Fluxo de Receita	Recursos Chave	Atividades Chave	Parceiros Chave	Estrutura de Custos
Desenvolvimento de parcerias estratégicas para circularidade e envolver os <i>stakeholders</i> ao longo da cadeia de valor	5	5	5	5	5	5	5	5	4
<i>Design</i> de circularidade	5	5	5	4	4	4	5	5	4
<i>Design</i> para expelir os resíduos	4	4	4	4	4	3	4	3	4
Simbiose Industrial	3	4	4	2	3	4	4	5	4
Reutilização	5	4	4	4	4	3	4	3	4
Reciclagem	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Recondicionamento	4	4	4	3	4	3	4	3	4
Práticas para a utilização de materiais com menos impactos negativos para o meio ambiente	5	5	4	5	4	3	4	4	3
Aumentar o tempo de vida de um produto	5	4	4	5	4	4	4	4	4
Sistemas de <i>take-back</i> (recolha de produtos)	5	4	5	4	4	4	4	5	4
Sistemas de produto-serviço	5	4	4	4	5	4	4	5	4
Remodelação	4	4	3	4	4	4	4	3	4
Remanufatura	4	4	4	3	4	4	4	3	5
Reparação e Manutenção	5	4	4	5	5	4	4	4	4
Desmaterialização	4	4	3	3	4	4	4	3	4
Tecnologias digitais que permitem circularidade	5	5	5	5	5	5	5	4	4



Em relação à primeira estratégia, que também é a que mais afeta o modelo de negócio, esta remete-nos para o desenvolvimento de parcerias estratégicas, que resultam numa maior resiliência do modelo desenvolvido (Salvador et al., 2021). No segundo ponto, *design* de circularidade, como o próprio nome indica, permite a promoção e desenvolvimento de ações que resultem num *design* circular, por exemplo, com processos de refabricação, reutilização, entre outros (Salvador et al., 2021). Quanto a *designing* para expelir resíduos, este indica-nos estratégias que permitam não só a redução da perda de material e da criação de resíduos, como também da gestão de resíduos quando se dá a criação dos mesmos (Salvador et al., 2021). Este também engloba

a eficiência do uso de material e energia, remetendo-nos para estratégias de eficiência dos recursos (Salvador et al., 2021).

Na Simbiose Industrial, dá-se a criação de parcerias entre diferentes organizações (Salvador et al., 2021). A reutilização corresponde à utilização de produtos num ciclo diferente sem que os mesmos tenham sofrido alterações (Salvador et al., 2021). Quanto à reciclagem, a mesma permite que um produto seja utilizado, com a mesma finalidade ou não, num ciclo diferente (Salvador et al., 2021). Recondicionamento, altera o produto para que este apresente as mesmas condições que novo (Salvador et al., 2021). As práticas para utilização de materiais com menos impactos negativos para o meio ambiente, remete-nos para práticas e tecnologias que separam os recursos consoante determinadas características mais sustentáveis, por exemplo, substituir recursos não renováveis por renováveis (Salvador et al., 2021). Ainda, o aumentar o tempo de vida de um produto representa as estratégias que permitem tal ocorrência (Salvador et al., 2021). Os sistemas de retorno de produtos permitem o retorno de produtos através da criação de sistemas apropriados, e isto é possível de observar na Logística Inversa (Salvador et al., 2021). Para além disto, os sistemas de produto-serviço, remete-nos para a substituição do modelo de propriedade (“*ownership*”) por um de uso temporário, por exemplo, recorrendo ao aluguer ou empréstimo (Salvador et al., 2021). Quanto a remodelação e remanufatura, o primeiro indica-os a melhoria do aspeto do produto, mantendo as funções, enquanto o segundo remete-nos para a alteração do produto de modo que se mantenha ou se supere a sua performance anterior (Salvador et al., 2021). A reparação e manutenção permitem o aumento de vida de um produto graças à sua restauração (Salvador et al., 2021). Em relação a desmaterialização, esta permite a substituição de algo material por uma opção virtual, por exemplo, utilizar uma loja online ao invés de uma física (Salvador et al., 2021). Por último, nas tecnologias digitais que permitem circularidade, trata-se de estratégias que permitem fechar, abrandar ou estreitar o fluxo de recursos recorrendo à tecnologia (Salvador et al., 2021). Por exemplo, pode-se utilizar a Indústria 4.0 para aplicar tecnologia que apoie a redução de resíduos (Salvador et al., 2021). Por exemplo, no caso da *internet* das coisas, esta tem impacto na gestão do ciclo de vida dos produtos (Rosa et al., 2020).

O autor Salvador et al. (2021) concluiu através da sua análise que, as duas estratégias que mais afetam o modelo de negócio são as parcerias estratégicas para obter a circularidade e envolver os *stakeholders* na cadeia de valor e, em segundo, a utilização da tecnologia para aderir às práticas circulares. Para além disto, também é possível observar que, as estratégias de EC influenciam mais os blocos de segmento de clientes, relações com clientes e parceiros chave (Salvador et al., 2021).

De modo a implementar as práticas circulares, é necessário que as organizações recorram a novos tipos de modelo de negócio, reavaliando não só as propostas de valor, mas também o desenvolvimento de cadeias de valor (Geissdoerfer et al., 2020).

A inovação do modelo de negócio circular pode ser definido como a conceptualização e implementação de modelos de negócio circulares, podendo afetar não só elementos do modelo e as relações entre os mesmos, como também a cadeia de valor (Geissdoerfer et al., 2020). Desta forma, as inovações de modelos de negócio circulares podem ser, nomeadamente, transformação do modelo de negócio circular (*circular business model*

transformation), *start-up* circular (*circular start-ups*), diversificação do modelo de negócio circular (*circular business model diversification*) e, por último, aquisição do modelo de negócio circular (*circular business model acquisition*) (Geissdoerfer et al., 2020), que serão apresentados na figura 10.

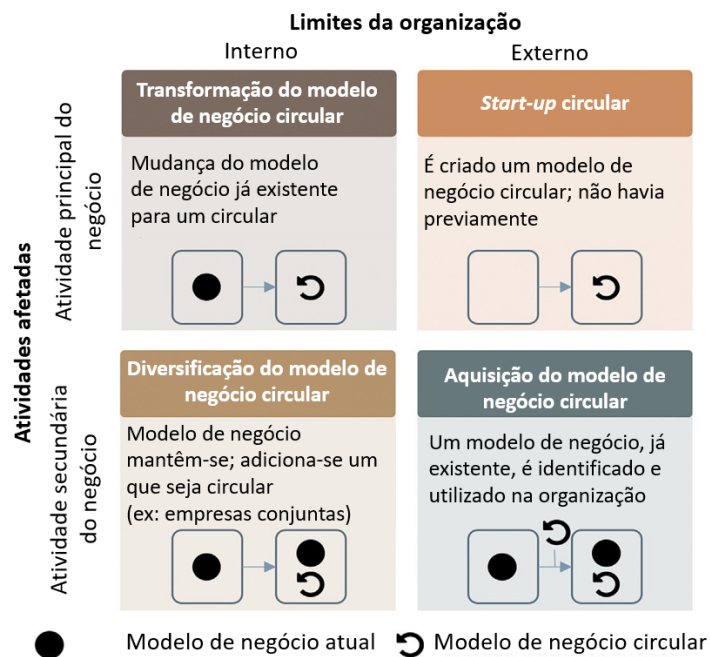


Figura 10 – Quatro tipos de inovação do modelo de negócio circular

Fonte: Geissdoerfer et al. (2020) adaptado pelo autor

Primeiramente, na transformação do modelo de negócio circular, esta implica a alteração de um modelo de negócio existente para um em que sejam aplicadas estratégias relacionadas com a Economia Circular (Geissdoerfer et al., 2020). Em relação à diversificação do modelo de negócio circular, o modelo de negócio anterior mantém-se, no entanto, integra-se um novo que seja circular, permitindo a utilização de estratégias circulares e usufruindo dos recursos e redes da mesma (Geissdoerfer et al., 2020). No que toca à aquisição do modelo de negócio circular, este permite identificar, adquirir e integrar novos modelos de negócio circulares na organização (Geissdoerfer et al., 2020). Por último, no tipo de inovação *start-up* circular, é criado um novo modelo de negócio que apresenta estratégias circulares, como por exemplo, estratégia cíclica (*cycling*), de expansão (*extending*), de intensificação (*intensifying*) e desmaterialização dos ciclos de materiais (*dematerialising*) (Geissdoerfer et al., 2020). Estas estratégias irão ser abordadas mais à frente no subcapítulo 3.2.1.

3.2.1. Estratégias de modelos de negócio circulares

O modelo de negócio circular pode ser definido como modelo de negócio que utiliza estas quatro estratégias nos ciclos de materiais e energia, nomeadamente, estratégia cíclica (*cycling*), de expansão (*extending*), de

intensificação (*intensifying*) e desmaterialização (*dematerialising*) (Geissdoerfer et al., 2020), que estão presentes na figura 11. Estas permitem a redução da utilização de matéria-prima e da criação de resíduos e emissões de gases (Geissdoerfer et al., 2020).



Figura 11 – Estratégias do modelo de negócio circular

Fonte: Geissdoerfer et al. (2020) adaptado pelo autor

Uma inovação deste tipo no modelo de negócio apresenta estratégias referentes às práticas circulares, como por estratégia cíclica (*cycling*), de expansão (*extending*), de intensificação (*intensifying*) e desmaterialização dos ciclos de materiais (*dematerialising*). Sendo assim, no que toca à estratégia cíclica, esta remete-nos para a reciclagem dos materiais e energia dentro do sistema, através da reutilização, reparação, remanufatura, remodelação e de reciclagem (Geissdoerfer et al., 2020). Como se dá a utilização de produtos já usados, o processo de retorno (*take-back*) nesta estratégia é fundamental. Sendo de salvaguardar que, o modelo de receitas é baseado em vendas diretas ou troca de recursos (Geissdoerfer et al., 2020).

Em relação à estratégia de extensão, esta remete-nos para a extensão da fase de uso do produto, através de *marketing*, manutenção, reparação e de um projeto (*design*) duradouro (Geissdoerfer et al., 2020). Assim, esta remete-nos para produtos com longa duração e *design* duradouro, com as devidas garantias e disponibilidade de suporte e reparação (Geissdoerfer et al., 2020). Desta forma, é necessário que sejam desenvolvidos produtos com maior qualidade e melhores níveis de serviços prestados, resultando no desenvolvimento de relações de longo prazo com os consumidores (Geissdoerfer et al., 2020). Os lucros são obtidos através de produtos ou serviços de alta qualidade, e da fidelidade dos clientes (Geissdoerfer et al., 2020).

No que toca à estratégia de intensificação, a fase de utilização do produto é intensificada através da partilha de soluções económicas ou transporte público (Geissdoerfer et al., 2020). Dá-se a substituição da posse da propriedade, pela utilização temporária dos produtos e das suas funcionalidades, sendo que os produtos passam a remeter-nos para serviços (Geissdoerfer et al., 2020). No que toca à geração de receita, há um aumento da margem de lucro a longo prazo devido aos múltiplos ciclos dos produtos, e ao aumento da eficiência das

operações (Geissdoerfer et al., 2020). Para além disto, estamos perante lucros de contratos temporários de serviços e de relações de longa duração com os clientes (Geissdoerfer et al., 2020).

Em relação à estratégia de desmaterialização, esta remete-nos para serviços que permitem substituir ou reduzir o *hardware* (Geissdoerfer et al., 2020). Esta estratégia pretende sensibilizar o consumidor na procura de certos produtos (questionar-se “será mesmo necessário?”) (Geissdoerfer et al., 2020). O lucro é obtido através de subscrição de serviços ou contratos, permitindo relações a longo-termo com os consumidores (Geissdoerfer et al., 2020). Para além disto, dá-se o aumento da margem de lucro devido ao valor criado pela individualidade e pela utilização de produtos por uma duração superior e à maior eficiência dos processos (diminuição dos produtos utilizados, no consumo de energia, entre outros) (Geissdoerfer et al., 2020).

Apesar da incerteza existente e da pouca exploração de como um modelo de negócio circular deve ser aplicado numa cadeia de abastecimento, o presente subcapítulo abordou de forma generalizada quais são as possíveis alterações que podem ser realizadas num modelo de negócio tradicional.

Juntamente com o modelo de negócio circular, a Simbiose Industrial, constitui uma das medidas potenciadoras da Economia Circular nas cadeias de abastecimento. Desta forma, o capítulo seguinte irá abordar de que forma a Simbiose Industrial influencia uma cadeia de abastecimento, compreendendo quais são as oportunidades e desafios da adesão às redes simbióticas, e analisando quais são os tipos de SI existentes.

3.3. Simbiose Industrial nas cadeias de abastecimento

Como a Simbiose Industrial remete-nos para uma estratégia de apoio à transição para a Economia Circular (Fraccascia & Giannoccaro, 2020), é necessário perceber como a mesma contribui para alcançar benefícios a nível ambiental, económico e social (Turken & Geda, 2020). Contudo, apesar do conceito de Simbiose Industrial possuir uma tendência crescente ao longo dos anos (Turken & Geda, 2020), ainda é uma prática pouco explorada. Assim, irá ser abordado no subcapítulo 3.3., a importância da Simbiose Industrial na aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, abordando os riscos e benefícios da sua adesão.

Desde 2012 que é possível observar um maior interesse na aplicação da SI na gestão de cadeias de abastecimento (Turken & Geda, 2020), uma vez que, um grande número de empresas encontra-se a implementar tanto Logística Inversa, como Simbiose Industrial, devido ao reconhecimento que tem vindo a ganhar ao longo dos anos (Sehnm et al., 2019). Sendo que, a Comissão Europeia, no Plano de Ação para Economia Circular, afirma não só que é necessário promover a Simbiose Industrial, como também apresenta uma lei de regulamentação dos resíduos de modo a criar situações equitativas em toda a UE na implementação da SI e na utilização de subprodutos (Gábor Herczeg et al., 2018).

Assim, a Simbiose Industrial remete-nos para a colaboração de diferentes entidades na troca de resíduos e recursos, consequentemente, gerando uma vantagem competitiva (Turken & Geda, 2020). A SI apresenta

também um impacto considerável no projeto (*design*) das cadeias de abastecimentos e nas relações entre os participantes (Turken & Geda, 2020), uma vez que, esta incentiva à troca de materiais, água e fluxos de energia entre parceiros industriais permite uma relação industrial simbiótica eficaz (Hussain & Malik, 2020). Desta forma, resulta numa diminuição do uso coletivo dos recursos e do impacto ambiental (Hussain & Malik, 2020).

Um ecossistema industrial é um conceito que apoia a reutilização de resíduos de uma indústria noutra indústria distinta (Gábor Herczeg et al., 2018). Deste modo não só os subprodutos servem de matérias para outras indústrias, como também dá-se uma otimização de materiais e energia, resultando na diminuição de resíduos criados (Gábor Herczeg et al., 2018). Esta relação de colaboração entre vários membros da cadeia de abastecimento mostrou estar associada a um nível de desempenho superior e, o estudo dos autores Hussain e Malik (2020), mostrou que uma forte colaboração industrial permite um desempenho ambiental superior, como demonstrado na figura 12 (Hussain & Malik, 2020).

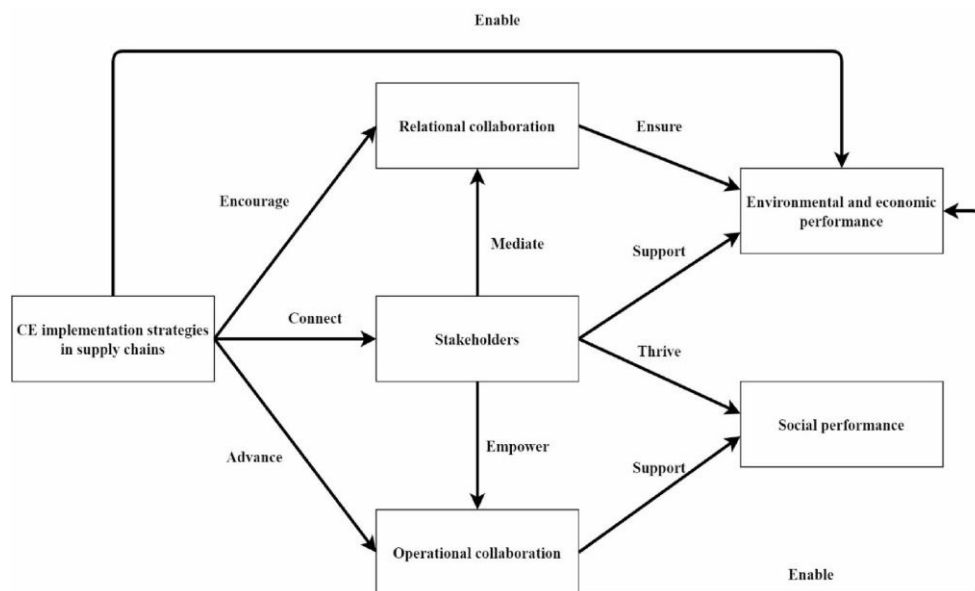


Figura 12 - Relações EC

Fonte: Sudusinghe & Seuring, (2022)

Cada vez mais a indústria sente a necessidade de deixar a perspectiva tradicional de cadeia de abastecimento linear e tentar implementar uma maior colaboração ao longo da mesma, de modo a abrandar, estreitar, fechar e desmaterializar o ciclo dos materiais (Hussain & Malik, 2020). A Simbiose Industrial tem como objetivo reduzir a utilização de recursos através do uso de resíduos para matérias-primas secundárias, como se observa na figura 13, e incentivar a eco inovação (Rosado & Kalmykova, 2019). Assim, é de extrema importância reestruturar a cadeia de modo a permitir não só a recuperação do produto no final de vida, como também o uso eficaz dos subprodutos (Hussain & Malik, 2020). Em relação às Cadeias de Abastecimento Simbióticas mais complexas, estas podem ser incluídas em cadeias de abastecimento maiores, constituindo assim uma rede de simbiose, denominada rede industrial simbiótica (Turken & Geda, 2020). Trata-se de uma rede que inclui empresas com relações simbióticas, podendo ou não incluir toda a cadeia de abastecimento (Turken & Geda, 2020).

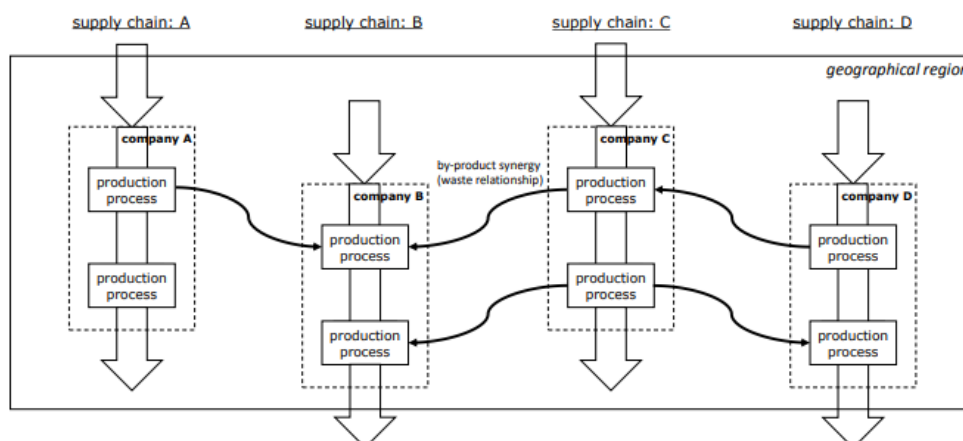


Figura 13 - Fluxos de Material na SI com limites geográficos

Fonte: G Herczeg (2016)

É relevante referir que, o fornecedor pertencente a uma Simbiose Industrial não tem como objetivo produzir para um comprador, o seu foco baseia-se na venda de resíduos ou subprodutos provenientes da sua produção tradicional (Turken & Geda, 2020). Para além disto, um cliente inserido numa cadeia simbiótica é uma entidade que adquire e utiliza não só resíduos, mas também subprodutos como matéria-prima para a produção, sendo de salvaguardar que, os compradores tradicionais também podem ser compradores simbióticos (Turken & Geda, 2020). Os objetivos das Cadeias de Abastecimento Simbióticas remetem-nos não só para o acréscimo de valor, alcançando a satisfação do cliente e maximizando o lucro, como também para a minimização da criação de resíduos descartáveis e a melhoria da eficiência dos recursos (Turken & Geda, 2020).

As decisões a nível estratégico remetem-nos para impactos na organização a longo termo, como por exemplo, o projeto (*design*) da rede da cadeia de abastecimento e da organização e as regulamentações e objetivos da mesma (Turken & Geda, 2020). No que toca às decisões a nível tático, estas focam-se em assuntos direcionados ao fluxo de material, por exemplo, não só os níveis de produção e inventário, como também a logística, o tamanho dos lotes, entre outros (Turken & Geda, 2020). Em relação ao nível operacional, é fundamental existir gestão da variabilidade na qualidade e quantidade dos subprodutos e resíduos para que ocorra sucesso a nível operacional (Turken & Geda, 2020).

Existem 3 tipos de Simbiose Industrial, nomeadamente, auto-organizada (*self-organized*), facilitada (*facilitated*) e, por último hierárquico (*top-down*). Em relação ao nível estratégico/tático, primeiramente, na auto-organizada (*self-organized*), em que não só os fatores económicos, ambientais e sociais que permitem as trocas de resíduos e subprodutos devem ser estudados, como também os contratos entre entidades que permitem a utilização de práticas da SI (Turken & Geda, 2020). Para além disto, no tipo facilitada (*facilitated*), este remete-nos para o estudo do nível ótimo de facilitação e análise do tipo de facilitador que mais se adequa (Turken & Geda, 2020). Por último, existe o tipo hierárquico (*top-down*), em que são desenvolvidas políticas que abordem os riscos,

custos e benefícios da SI. Assim, remete-nos para modificação nas atividades de recolha, entrega, armazenamento e tratamento numa cadeia de abastecimento (Turken & Geda, 2020).

Para além disto, no estudo dos autores Turken e Geda (2020), é possível observar quais são as implicações da Simbiose Industrial nos diferentes tipos referidos no parágrafo anterior. Primeiramente, no que toca à auto-organizada (*self-organized*), é possível observar um maior sucesso quando a SI é aplicada através da coordenação entre empresas do que através de políticas governamentais (Turken & Geda, 2020). Em relação ao tipo facilitada (*facilitated*), o mesmo remete-nos para uma entidade facilitadora que pode ser proveniente do setor privado ou público, que auxilia na relação simbiótica (Turken & Geda, 2020). Existem 3 tipos de facilitadores, nomeadamente, tecnologias de informação (utilizadas para identificar colaborações simbióticas e gerir a quantidade e qualidade dos resíduos e subprodutos), ferramentas e sistemas técnicos e, por último, empresas, organizações e entidades governamentais (Turken & Geda, 2020). Quanto ao tipo hierárquico (*top-down*), é uma área pouco desenvolvida e ainda só aplicada na China, que reforça a importância da legislação incentivar a melhoria de 3 *bottom-line* das empresas (Turken & Geda, 2020).

Graças à Simbiose Industrial, alcançam-se benefícios a diferentes níveis, respeitando o modelo sustentável 3 *bottom-line* (Gábor Herczeg et al., 2018). Primeiramente, do ponto de vista económico, a empresa tem vantagem se utilizarem fornecedores mais baratos, evitando custos de destruição de resíduos e/ou ganhando lucro através da venda de subprodutos, resultando numa maior eficiência de recursos, uma vez que, é possível produzir mais com a mesma quantidade de matéria-prima (Gábor Herczeg et al., 2018). No que toca ao ponto de vista ambiental, ocorre a minimização do consumo de recursos naturais, da geração de resíduos e das emissões para o ar, água e solo (Gábor Herczeg et al., 2018). Por fim, do ponto de vista social, esta remete-nos para a colaboração da comunidade das indústrias e dos governos para a contribuição do desenvolvimento económico regional (Gábor Herczeg et al., 2018).

Para além disto, é de salvaguardar que, os autores Rosado e Kalmykova (2019) propuseram um método para a Simbiose Industrial que se baseia na identificação do foco do *cluster* económico, sendo que um *cluster* remete-nos para um conjunto de instituições e empresas que estão interligadas, e que beneficiam em termos económicos graças às economias de escala externas, permitindo a partilha de fatores de produção, cadeias de valor e instituições de apoio, e o *networking*, que garante a troca de conhecimento e o ganho de confiança entre empresas e organizações (Rosado & Kalmykova, 2019).

Contudo, a adesão à Simbiose Industrial sucede riscos, ou seja, estes podem surgir uma vez que, as empresas não dependem uma da outra ao mesmo nível (Gábor Herczeg et al., 2018). Deste modo, podem não ter interesse em participar ou até sair da rede devido aos baixos benefícios e/ou altos riscos ligados a esta prática (Gábor Herczeg et al., 2018). Também os autores Turken e Geda (2020) afirmaram que, os benefícios das empresas variam consoante as capacidades de produção e o nível de procura do consumidor, podendo não haver motivação suficiente para aderir à Simbiose Industrial.

A falta de incentivos económicos e de desenvolvimento tecnológico podem prejudicar o sucesso das redes de SI, assim as empresas podem optar por não aderir à SI, devido aos custos no tratamento, armazenamento e

distribuição dos subprodutos (Gábor Herczeg et al., 2018). Devido à necessidade de investimentos iniciais altos, existe a necessidade de recorrer a investidores privados e a entidades do governo (Gábor Herczeg et al., 2018).

Uma relação de Simbiose Industrial remete-nos para a partilha de benefícios e riscos das empresas, resultando na integração logística, onde se dá a troca de informação e dos planos táticos de cada uma (Gábor Herczeg et al., 2018). Contudo, às vezes torna-se complicado ter diferentes empresas a confiarem umas nas outras e a assinar contratos sem estarem bem cientes dos riscos e benefícios (Gábor Herczeg et al., 2018). Por exemplo, no Reino Unido, só 20 empresas num total de 150 é que decidiram avançar com o programa de SI (Gábor Herczeg et al., 2018).

As entidades das cadeias pertencentes à Simbiose Industrial são diferentes das de uma cadeia de abastecimento tradicional, uma vez que, estas são expostas a uma maior incerteza na qualidade e quantidade dos materiais (Turken & Geda, 2020). Assim, a rede industrial poderá sofrer não só com a desistência ou deslocação de algum fornecedor ou cliente, mas também com possíveis alterações das características dos subprodutos (Gábor Herczeg et al., 2018). No entanto, existe um modo de mitigar este risco, como os subprodutos estão ligados ao início da produção, é aconselhado que se arranje diferentes compradores ou fornecedores, tornando a rede redundante, mas também resultando numa maior resiliência caso ocorra alguma situação de risco como acima mencionado (Gábor Herczeg et al., 2018).

Ao longo deste capítulo foi possível identificar alguns dos riscos que as empresas têm a possibilidade de enfrentar ao aderir à Simbiose Industrial, deste modo, encontra-se de seguida uma tabela que apresenta os mesmos sucintamente.

Tabela 3 - Riscos da Simbiose Industrial e sua descrição

Elaborado por: Autor

Tipo	Descrição do Risco
Operações da C.A.	Partilha de informação e planos táticos da empresa, por exemplo, os níveis de inventário, entre outros.
Fornecedor	Incerteza da qualidade e quantidade dos materiais.
	Desistência ou deslocação de um fornecedor.
	Alteração das características dos subprodutos.
Cliente	Desistência ou deslocação de um cliente.
Económico	Investimentos altos e falta de incentivos económicos.
	Custos do tratamento, armazenamento e distribuição dos subprodutos

No que toca à localização geográfica das indústrias, a Simbiose Industrial normalmente remete-nos para relações simbióticas entre indústrias que normalmente se encontram próximas geograficamente e sejam economicamente independentes (Gábor Herczeg et al., 2018). À medida que a distância aumenta, não só o

número de potenciais parceiros e de subprodutos será maior, como também o número de fornecedores e a procura por outras empresas irá crescer, resultando numa maior viabilidade económica e num sistema mais resiliente (Gábor Herczeg et al., 2018). Em contrapartida, à medida que a distância aumenta, não só os custos aumentam, como também o impacto ambiental apresenta uma maior incidência devido ao transporte (Gábor Herczeg et al., 2018). Para além disto, também devido às grandes distâncias, as empresas estão menos familiarizadas umas com as outras, podendo afetar os contratos entre si (Gábor Herczeg et al., 2018). Ainda é de salvaguardar que, no caso de produtos perecíveis, não é possível ocorrer a troca de subprodutos a longas distâncias, tornando estas relações pouco viáveis (Gábor Herczeg et al., 2018).

O desenvolvimento da Economia Circular numa certa zona é influenciado pela situação industrial, os negócios regionais, o nível de inovação, a legislação a nível regional ou local e a condição de desenvolver este modelo na zona em questão (Scarpellini et al., 2019). Assim, a Simbiose Industrial normalmente organiza as suas redes em áreas industriais, resultando na criação de postos de emprego na região e, conseqüentemente, criando impacto na comunidade local devido à redução de resíduos e eficiência energética (Gábor Herczeg et al., 2018).

Seguido da apresentação de medidas fundamentais para a gestão de uma cadeia de abastecimento circular, tal é o caso do modelo de negócio circular, da análise de *stakeholders* e a adesão à Simbiose Industrial, é fulcral compreender de que modo é possível avaliar o desempenho da cadeia de abastecimento. Assim, o próximo subcapítulo 3.4. irá abordar os indicadores de desempenho da Economia Circular que podem ser aplicados nas cadeias de abastecimento.

3.4. Indicadores de Economia Circular nas cadeias de abastecimento

A temática em estudo é constituída por uma panóplia de conceitos, e isto faz com que seja fulcral, após entender estes conceitos, ter conhecimento sobre o que os indicadores avaliam e assim, usá-los corretamente para comunicar, sensibilizar para questões relevantes e perceber se os objetivos estão a ser cumpridos (Saidani et al., 2019). Deste modo, após entender o que é a Economia Circular e as implicações desta no desenvolvimento de novas ferramentas para serem aplicadas às cadeias de abastecimento, irá ser apresentado neste subcapítulo os indicadores que possam avaliar a adesão às práticas circulares. E assim, compreendendo que aspetos estão em falta e como estes devem ser melhorados, sendo que uma das problemáticas dos indicadores circulares é a falta de definição de ferramentas e critérios medidores da circularidade dos produtos, companhias ou regiões (Rincón-Moreno et al., 2021). Contudo, apesar da Economia Circular abranger diversas dimensões, não existe um único indicador que consiga avaliar todas as áreas (Moraga et al., 2019).

Existem diversos fatores que influenciam a adesão das empresas à Economia Circular, nomeadamente, a falta de indicadores e objetivos, a escassez de sensibilização para as alternativas das opções circulares e a existência de lacunas nos trabalhadores, contributo da falta de abordagem sobre a temática no ensino (Saidani et al., 2019). No que toca ao primeiro mencionado, os indicadores são essenciais para medir e quantificar os progressos,

tornando-se necessário introduzir ferramentas de monitorização e avaliação para fomentar as práticas circulares nas indústrias (Saidani et al., 2019). Assim, estas ferramentas para além de sustentarem a tomada de decisão, estas representam variáveis quantitativas e qualitativas, podendo ser tanto individuais, como um conjunto de variáveis (Moraga et al., 2019). Deste modo, torna-se fulcral que exista um valor de referência, sendo que pode constar objetivos indefinidos ou definidos, de modo quantitativo ou qualitativo (Moraga et al., 2019).

Os indicadores são divididos em 3 grupos, nomeadamente, micro, meso e macro (Rincón-Moreno et al., 2021; Moraga et al., 2019). Primeiramente, o nível micro corresponde a um produto, empresa ou consumidor (Moraga et al., 2019). Este remete-nos para empresas focadas no seu crescimento, tanto em processos, como em negócios (Rincón-Moreno et al., 2021). O nível meso está relacionado para os parques eco industriais (Moraga et al., 2019). Ou seja, as empresas fazem parte de uma Simbiose Industrial, em que se realiza troca de recursos através de redes, promovendo a economia regional e o meio ambiente (Rincón-Moreno et al., 2021). Por último, no nível macro, este corresponde a uma cidade, região, país ou governo (Rincón-Moreno et al., 2021) (Moraga et al., 2019). O foco deste nível corresponde ao estabelecimento de uma estratégia que incentive ao desenvolvimento sustentável da sociedade, através de políticas ambientais e influência institucional (Rincón-Moreno et al., 2021). No entanto, é de salvaguardar que, não se trata de uma escala já definida, mediante os autores esta poderá sofrer alterações (Moraga et al., 2019).

Os autores Geisendorf e Pietrulla (2018) defendem que a Economia Circular deveria ser analisada de um ponto de vista macro, isto porque, é necessário analisar os fluxos de recursos e mercadorias, tanto a nível regional, como global. Torna-se essencial identificar indicadores macroeconómicos e potenciais mudanças no setor devido à aplicação das práticas circulares (Geisendorf & Pietrulla, 2018). Para além de que, esta perspetiva macroeconómica também pode auxiliar no desenvolvimento de políticas governamentais (Geisendorf & Pietrulla, 2018). O autor Scarpellini et al. (2019) defende no seu trabalho que os indicadores da Economia Circular a nível regional podem ter como foco as melhorias tecnológicas nos negócios, os recursos financeiros para os investimentos, incentivos para promover a circularidade nas administrações públicas e nos interesses sociais, que nos remete não só para a sociedade, mas também para os *stakeholders* que estão relacionados com os aspetos territoriais da EC.

Os indicadores apresentam como finalidade avaliar e controlar o progresso das estratégias da União Europeia em relação à Economia Circular, no plano de ação do ano de 2015 (Rincón-Moreno et al., 2021). Sendo assim, foram monitorizadas quatro fases diferentes, nomeadamente, a produção e consumo, gestão de resíduos, matérias primas secundárias e, por fim, competitividade e inovação. Foram publicados 10 indicadores de Economia Circular, sendo que, baseando-se no Eurostat e outras fontes oficiais, subdividem-se em conjuntos de indicadores, como é possível observar na tabela 4 (Rincón-Moreno et al., 2021). É ainda de salvaguardar que, a última coluna da tabela indica-nos se estes indicadores podem ser aplicados ou não nas empresas, mediante o que foi apresentado no trabalho do autor Rincón-Moreno et al. (2021).

Tabela 4 - Indicadores e Sub-indicadores

Fonte: Rincón-Moreno et al. (2021) adaptado pelo autor

Área	Indicador e Sub-indicador	Descrição	Aplicável às empresas
Produção e Consumo	Auto-suficiência da EU na produção de matérias-primas	O grau de dependência na importação de matéria-prima	Sim
	GPP: Green Public Procurement	Autoridades públicas dão preferência a serviços e trabalhos com menos impacto ambiental	Sim
	Gestão de Resíduos		
	- Criação de resíduos municipais per capita	Abrange os resíduos municipais criados e que são colhidos por trabalhadores do município	Não
	- Criação de resíduos, excluindo os resíduos minerais, por unidade de GDP	Abrange os resíduos gerados por um país	Sim
	- Criação de resíduos, excluindo os resíduos minerais, por unidade de material doméstico consumido	Abrange os resíduos criados em situação doméstica	Sim
	Desperdício alimentar		Não
Gestão de Resíduos	Taxas de Reciclagem		
	- Taxa de reciclagem dos desperdícios municipais	A parte de todos os resíduos municipais que é reciclada	Não
	- Taxa de reciclagem dos resíduos, não englobando os minerais	A quantidade de resíduos reciclados dividido por todos os resíduos no país	Não
	Reciclagem/Recuperação de fluxos de resíduos específicos		
	- Taxa de reciclagem dos resíduos da embalagem	A quantidade de resíduos reciclados provenientes da embalagem	Não
	- Taxa de reciclagem dos resíduos de plástico da embalagem	A quantidade total de resíduos de plástico reciclados nas embalagens de plástico	Sim
	- Taxa de reciclagem dos resíduos de madeira da embalagem	A quantidade total de resíduos de madeira reciclado nas embalagens de madeira	Sim
	- Taxa de reciclagem dos resíduos eletrónicos da embalagem	Obtido através da informação da taxa de recolha e da taxa de reutilização e reciclagem definidas no <i>Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)</i>	Não
	- Reciclagem dos resíduos bio per capita	Rácio entre resíduos municipais que sofreram combustão e os digeridos	Não
	Taxa de recuperação dos resíduos de construção e demolição	Rácio de resíduos de construção e os de demolição que são reciclados ou reutilizados	Não
Matéria-prima secundária	Contribuição dos materiais reciclados na necessidade de matéria-prima		
	- Taxa de reciclagem de produtos em fim de vida	Indica a quantidade de material reciclado reintroduzido nos processos	Não
	- Taxa de uso de material circular	Rácio da quantidade de matéria-prima secundária e do consumo total de materiais	Sim
	Partilha de matéria-prima reciclada	Volume dos resíduos e subprodutos partilhados dentro e fora da UE	Não

Competição e inovação	Investimentos privados, emprego e valor adicionado nos setores da EC		
	-Investimento bruto em bens tangíveis (<i>Gross investment in tangible goods</i>)	Investimentos nos bens tangíveis na reciclagem, reutilização e reparação	Sim
	- Números de indivíduos empregues	Nº de colaboradores em atividades da EC dentro da empresa em questão	Sim
	-Valor acrescentado ao custo de fator (<i>Value added at factor cost</i>)	O âmbito é para os setores da EC	Não
	Patentes relacionadas com reciclagem e matéria-prima secundária	Patentes que estão ligadas à reciclagem e à matéria-prima secundária	Sim

Devido à procura pela transição a EC, é possível observar uma tendência crescente no desenvolvimento de indicadores circulares (Saidani et al., 2019). No entanto, tanto o autor Saidani et al. (2019), como o Rincón-Moreno et al. (2021), defenderam que uma das problemáticas envolvidas neste processo é a falta de conhecimento de como medir o desempenho e progresso em diferentes níveis, sendo que o autor Rincón-Moreno et al. (2021), reforçou que, a medição da circularidade de produtos, empresas e regiões não apresenta o mesmo conjunto de indicadores *standards* entre si. Para além disto, o autor Moraga et al. (2019) previu que a maioria dos indicadores estão relacionados a estratégias de preservação de materiais, isto porque, a Economia Circular foca-se em grande parte na reciclagem, sendo que esta é a estratégia mais frequente da Economia Circular.

Após a exploração e análise dos indicadores de Economia Circular nas cadeias de abastecimento, irá se proceder à apresentação da Indústria 4.0 e, como esta consegue auxiliar, através do desenvolvimento tecnológico, a adesão às práticas circulares. Compreendendo de que forma a I4.0 pode influenciar na aplicação das temáticas dos subcapítulos previamente mencionados, por exemplo, no caso do modelo de negócio, uma das estratégias que mais o afetam, é a utilização da tecnologia para aderir às práticas da Economia Circular Salvador et al. (2021).

3.5. Indústria 4.0 na Economia Circular

No subcapítulo 3.5., irá ser analisado a aplicação da Indústria 4.0 nas práticas da Economia Circular, referindo não só como estes dois conceitos se relacionam, mas também como, através da inovação tecnológica, é possível as empresas alcançarem os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, presentes na Agenda 2030. Esta secção vem dar apoio ao que foi apresentado previamente, permitindo uma melhor compreensão sobre que formas desenvolver práticas circulares, uma vez que, a I4.0 permite, através do desenvolvimento tecnológico, auxiliar na aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, resultando num melhor desempenho tanto a nível económico, como social e ambiental.

A Indústria 4.0, também conhecida pela Quarta Revolução Industrial, graças ao seu desenvolvimento tecnológico, permite um melhoramento do desempenho tanto económico, como de qualidade, de uma empresa,

ainda que esta não usufrua das práticas da Economia Circular (Ciliberto et al., 2021). Deste modo, trata-se de uma indústria inteligente e autónoma, onde o foco passa por tornar os processos mais económicos, inteligentes e eficientes, resultando na alteração do projeto (*design*), das operações e do transporte dos produtos e materiais (Dantas et al., 2021).

A Economia Circular permite, à medida que garante um crescimento socioeconómico, diminuir o consumo de recursos, a criação de resíduos e a libertação de emissões para o meio ambiente (Dantas et al., 2021). Os principais desafios abordados pela circularidade são a escassez dos recursos, os impactos ambientais e os benefícios económicos relacionados com os processos de produção (Dantas et al., 2021). Assim, com o auxílio da indústria 4.0, esta permite os gestores localizar, monitorizar e tomar decisões sustentáveis em relação aos produtos (Dantas et al., 2021) que são recuperados após o seu consumo, através da recolha e partilha de dados sobre as máquinas, produção, as operações e os fluxos de componentes (Khan et al., 2021).

Apesar da junção da Economia Circular e da Indústria 4.0, também denominada por CE-I4.0 *Nexus* (Dantas et al., 2021), ainda não ter sido suficientemente estudada, a Economia Circular deveria ser aplicada nos processos estratégicos e políticos, e em junção com a Indústria 4.0, resultar em produtos mais eficientes (Kumar et al., 2021). Os principais incentivos na implementação da indústria 4.0 estão inseridos no âmbito ambiental, nomeadamente, a redução de emissões e resíduos produzidos, a poupança de energia, a redução dos impactos ambientais, entre outros (Sharma et al., 2021). Assim, a evolução da indústria resulta na otimização da performance da sustentabilidade (Ciliberto et al., 2021). No entanto, é de salvaguardar que, o desenvolvimento da Indústria 4.0, apresenta impactos negativos no ambiente devido à utilização de centros de informação de grande dimensão, de equipamento tecnológico e dos dispositivos com sensores, que necessitam de uma quantidade relevante de energia e de recursos (Sharma et al., 2021).

É ainda defendido que o desenvolvimento sustentável depende do desenvolvimento tecnológico (Dantas et al., 2021). Consequentemente, a indústria 4.0 alterou a estrutura das cadeias de abastecimento através da aplicação de tecnologias mais desenvolvidas, alterando como os fornecedores, produtores e consumidores participam nas soluções do desenvolvimento sustentável, melhorando o seu desempenho no que toca aos aspetos sociais, económicos e ambientais (Khan et al., 2021). Desta forma, o setor logístico sofreu uma grande mudança graças à I4.0, uma vez que, resultou na alteração dos modelos de negócio e na implementação de novas tecnologias nas cadeias de abastecimento (Kumar et al., 2021), o que permitiu uma melhor previsão da procura por parte dos clientes e uma gestão da cadeia de abastecimento otimizada (Ciliberto et al., 2021).

Com o devido suporte tecnológico e um fluxo de partilha de informação, não só é possível auxiliar no processo de decisão, como se desenvolvem modelos de desempenho e infraestruturas que garantem a circularidade dos materiais (Rossi et al., 2020). Por exemplo, numa situação em que não haja uma partilha igualada de informação e falta de segurança no que toca à confidencialidade das empresas, torna-se difícil aplicar as estratégias circulares (Rossi et al., 2020).

Observa-se na imagem 14 a ilustração da análise de correlação entre a Economia Circular e a Indústria 4.0, elaborada com base no trabalho desenvolvido pelo autor Ciliberto et al. (2021).

		I. 4.0 features				
		Improving efficiency	Increasing productivity	Improving flexibility	Improving transparency	Reducing complexity
CE features	Optimizing	+	+	+	+	+
	Regenerating	+	+	+	+	+
	Sharing	+	+	+	+	+
	Dematerializing	+	+	+	+	+
	Innovating	+	+	+	+	+
	Closing the loop	+	+	+	+	-
	Increasing economic efficiency (reducing price volatility)	+	+	+	+	-

Figura 14 - Correlação entre EC e I4.0

Fonte: Ciliberto et al. (2021) adaptada pelo autor

É possível concluir que estamos perante uma forte correlação e complementaridade entre a Indústria 4.0 e a Economia Circular (Ciliberto et al. 2021). Contudo, existe uma correlação forte negativa entre o aumento da eficiência económica e a redução de complexidade da tecnologia, isto porque, apesar da digitalização e da automatização, permitirem satisfazer a procura dos consumidores e simplificar os processos, esta complexidade está relacionada com a gestão de muita informação e de diversas variáveis das empresas, tornando-se difícil reduzir a complexidade do processo (Ciliberto et al. 2021).

A Indústria 4.0 apresenta como objetivo a digitalização e desenvolvimento de um sistema inteligente, promovendo a produção sustentável dos produtos à medida que não cria impactos negativos no meio ambiente (Yadav et al., 2020). Desta forma, a sinergia entre a Economia Circular e a Indústria 4.0, resulta na otimização de processos, implementação de tecnologias eficazes e redução de emissões e do uso excessivo de recursos (Dantas et al., 2021).

A falta de apoio do governo e a falta de políticas e protocolos de incentivos são as grandes barreiras na implementação de uma Economia Circular apoiada pelo modelo de I4.0 (Kumar et al., 2021). Todavia, outro problema relacionado com esta convergência é o impacto que apresenta na geração de postos de trabalho, uma vez que, a aplicação desta metodologia traz consequências para o mercado de trabalho (Dantas et al., 2021). Por exemplo, conta-se que seja gerado 3 milhões de postos de trabalho na Europa até 2030, no entanto, devido ao desenvolvimento tecnológico e às alterações nos modelos de negócio, torna-se necessário dispensar os colaboradores dos postos de trabalho mais antigos (Dantas et al., 2021). Assim, de modo a colmatar este problema, é essencial que haja um período de colaboração, monitorização, treino e adaptação devido à transformação digital que ocorre (Sharma et al., 2021) (Dantas et al., 2021).

A Indústria 4.0 remete-nos para um ambiente de produção inteligente que resulta na otimização da produção através da integração e interconexão das tecnologias, recorrendo a sistemas ciber-físicos (*cyber-physical systems*), *internet das coisas* (*internet of things – IoT*), *big data* (BD), fabricação aditiva (*additive manufacturing - AM*) e *internet dos serviços* (*internet of services - IoS*), podendo ainda englobar computação em nuvem (*cloud computing*), realidade aumentada (*augmented reality*), sistemas integrados (*systems integration*), simulação (*simulation*), cibersegurança (*cybersecurity*) e robôs autónomos (*autonomous robots*) (Ciliberto et al., 2021; Dantas et al., 2021). Estes fundamentos tecnológicos podem ser aplicados tanto individualmente, como em conjunto, sendo que no último caso, resulta no desenvolvimento de soluções tecnológicas baseadas na recolha de informação e na produção inteligente, como é no caso da identificação por radiofrequência (*radio-frequency Identification - RFID*), pela *internet das coisas industrial* (*industrial internet of things - IIoT*), análise orientada por dados (*data driven analytics - DDA*), sistemas de produção ciber-físicos (*cyber-physical production systems - CPPS*) (Dantas et al., 2021).

São várias as tecnologias, que permitem o desenvolvimento tecnológico e a melhoria da produtividade e eficiência na indústria (Khan et al., 2021), resultando no fecho dos ciclos de produção, a maximização do uso de recursos a serem reutilizados e a redução da extração de matéria-prima e da criação de resíduos (Dantas et al., 2021). Assim, o autor Khan et al., (2021) defende que, o desenvolvimento sustentável guia para uma mudança de um sistema homogénico de “fazer as coisas melhor” (“*doing things better*”), para um sistema holístico que defende “fazer coisas melhores” (“*doing better things*”).

Assim, no presente capítulo, concluiu-se que a Indústria 4.0 é uma ferramenta crucial na adesão à Economia Circular por parte das cadeias de abastecimento, promovendo a sustentabilidade económica, social e ambiental através do desenvolvimento tecnológico. Posto isto, no próximo subcapítulo 3.5.1., irá ser abordado como cada tipo de tecnologia pode ser aplicada na Economia Circular, demonstrando a que funcionalidade cada tecnologia está associada.

3.5.1. Tecnologias relacionadas com a Indústria 4.0

De modo a compreender de que forma a tecnologia derivada da I4.0 afeta a Economia Circular, é necessário proceder à análise de como estas influenciam as práticas circulares. Isto permitirá perceber de que forma a I4.0, auxilia a Economia Circular a alcançar o desenvolvimento sustentável.

No que toca à fabricação aditiva (*additive manufacturing - AM*) esta remete-nos para a gestão do ciclo de vida dos produtos e processos e é das tecnologias com mais impacto na atualidade e com mais importância na adesão às práticas circulares (Rosa et al., 2020). Quanto a *big data and analytics* (BDA), permite encontrar novas simbioses industriais, desenvolver plataformas em nuvem para recolher e analisar dados, entre outros (Rosa et al., 2020). Em relação aos sistemas ciber-físicos (*cyber-physical systems*), este contribui na gestão do ciclo de vida dos produtos e no desenvolvimento de novos produtos, existindo um foco nos processos de manutenção (Rosa

et al., 2020). A simulação (*simulation*) otimiza o desempenho da gestão da cadeia de abastecimento, através da modelação de fluxos de materiais, da criação de ferramentas de suporte na tomada de decisões, no cálculo de índices de ecoeficiência, entre outros (Rosa et al., 2020). Por último, a *internet* das coisas (*internet of things* – IoT), faz parte das tecnologias com mais impacto na transição para EC, uma vez que, aumenta o ciclo de vida do produto, cria novas estratégias para gerir os resíduos nas cidades inteligentes (*smart cities*), digitalizar práticas circulares, entre outros (Rosa et al., 2020).

O mapa de calor, apresentado na tabela 6, foi elaborado através da informação recolhida pelo autor Rosa et al. (2020), onde apresenta em quantos trabalhos as tecnologias foram mencionadas a realizar determinada função e a auxiliar em certas práticas da Economia Circular. Assim, esta resume em que processo da EC são aplicadas as tecnologias acima referidas, podendo retirar quais são as mais fundamentais e mais abordadas pelos investigadores. No mapa de calor é possível observar a relação entre as tecnologias da Indústria 4.0 e a práticas que pertencem à Economia Circular, sendo que à medida que a tonalidade do quadrado se torna mais forte, a intensidade da relação também aumenta. Para além disto, também é possível observar que os números a negrito correspondem à prática da EC, onde a respetiva tecnologia apresenta mais impacto, por exemplo, fabricação aditiva (*additive manufacturing*) está fortemente ligada à gestão do ciclo de vida (*lifecycle management*). A tonalidade foi decidida mediante o intervalo de percentagem a que o número está inserido, como 100% corresponde ao número 9, o intervalo de percentagem [0, 25] é representado pela cor cinzento mais claro, que está presente nos valores 1 e 2. O intervalo de percentagem de [25,50] corresponde aos números 3 e 4, sendo representado por um cinzento ligeiramente mais escuro. Por fim, os intervalos de [50, 75] e [75, 100], são apresentados com um cinzento cada vez mais escuro, o que representa a ligação cada vez mais forte. Na tabela 5 é possível observar o significado das siglas utilizadas.

Tabela 5 - Sigla das práticas da EC

Fonte: Rosa et al. (2020)

Significado das Siglas

CBMOD	Modelo de negócio circular
DIGT	Transformação digital
DISAS	Desmontagem
LIFEC	Gestão do ciclo de vida
RECYC	Reciclagem
REMAN	Remanufactura
RESOU	Eficiência dos recursos
REUSE	Reutilização

Tabela 6 - Mapa de calor entre as tecnologias da I4.0 e as atividades da EC

Fonte: Rosa et al. (2020) adaptado pelo autor

	LIFEC	RECYC	DIGIT	REMAN	CBMOD	RESOU	REUSE	SMSER	SUPCM	DISAS
AM	9	6	5	4	3	2	1	-	-	-
BDA	2	1	4	1	2	3	-	3	1	1
CPSS	7	-	-	1	-	1	-	7	-	-
Simulação	6	1	-	4	6	2	-	2	5	-
IoT	7	-	3	1	2	4	-	3	2	-

É possível observar que tanto fabricação aditiva (*additive manufacturing - AM*), como sistemas ciber-físicos (*cyber-physical systems - CPSS*), simulação e *internet das coisas (internet of things - IoT)*, afetam consideravelmente a gestão do ciclo de vida dos produtos. Para além disso, *big data and analytics (BDA)*, está mais relacionado com a transformação digital. Em relação à reciclagem, esta é fortemente influenciada pela fabricação aditiva (*additive manufacturing - AM*). Ainda, a simulação afeta consideravelmente o modelo de negócio circular, tendo sido referido seis vezes nos trabalhos considerados pelo autor Rosa et al. (2020). No que toca à gestão da cadeia de abastecimento, a simulação foi a tecnologia que se destacou.

Após a apresentação sobre de que forma a indústria 4.0 causou impacto na aplicação da Economia Circular numa cadeia de abastecimento, o próximo subcapítulo irá abordar como este avanço tecnológico permite o alcance dos objetivos do desenvolvimento sustentável presentes na Agenda 2030, que abrangem as diferentes dimensões, social, económica e ambiental. Assim, como a Indústria 4.0 é percecionada como um facilitador da EC, e as Cadeias de Abastecimento Circular primam pelo desenvolvimento sustentável, de seguida irá ser apresentado quais os ODS que são abrangidos por esta temática e de que forma estes se relacionam com as práticas circulares.

3.5.2. Indústria 4.0 nos objetivos do desenvolvimento sustentável

Neste subcapítulo é discutido de que forma a Indústria 4.0 pode influenciar os objetivos do desenvolvimento sustentável da Agenda 2030. Assim, primeiro iremos proceder à apresentação dos objetivos e analisar quais os que melhor se adequam ao contexto da Economia Circular e das cadeias de abastecimento.

A Comissão Europeia, em dezembro de 2019, criou um desafio denominado por Pacto Ecológico Europeu ("*Green Deal*"), que apresenta como objetivo a Europa ser o primeiro continente neutro no que toca ao clima (*climate-neutral*), até 2050 (Ciliberto et al., 2021). Isto incentivaria à competitividade e sustentabilidade da indústria europeia (Ciliberto et al., 2021).

Para além disto, previamente, em 2015, foi lançada uma plataforma denominada por “*Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development*”, também conhecida por “*3P Agenda*”, pelas Nações Unidas (Ciliberto et al., 2021). Esta tem como foco o desenvolvimento global sustentável e consta num documento que apresenta 17 objetivos sustentáveis que deverão ser atingidos até 2030, e que podem ser observados na tabela 7 (Ciliberto et al., 2021). Um dos *stakeholders*-chave desta agenda são as empresas, dado que estas são essenciais para acelerar as práticas sustentáveis referidas no documento em questão (Dantas et al., 2021).

Tabela 7 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

Fonte: Ciliberto et al. (2021)

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030

<i>ODS 1</i>	Erradicar a Pobreza
<i>ODS 2</i>	Erradicar a Fome
<i>ODS 3</i>	Saúde de Qualidade
<i>ODS 4</i>	Qualidade de Educação
<i>ODS 5</i>	Igualdade de Género
<i>ODS 6</i>	Água Potável e Saneamento
<i>ODS 7</i>	Energias Renováveis e Acessíveis
<i>ODS 8</i>	Trabalho Digno e Crescimento Económico
<i>ODS 9</i>	Indústria, Inovação e Infraestruturas
<i>ODS 10</i>	Redução das Desigualdades
<i>ODS 11</i>	Cidades e Comunidades Sustentáveis
<i>ODS 12</i>	Produção e Consumo Sustentáveis
<i>ODS 13</i>	Ação Climática
<i>ODS 14</i>	Proteger a Vida Marinha
<i>ODS 15</i>	Proteger a Vida Terrestre
<i>ODS 16</i>	Paz, Justiça e Instituições Eficazes
<i>ODS 17</i>	Parcerias para a implementação dos objetivos

Tanto o desenvolvimento tecnológico, como o fator inovação inseridos na Indústria 4.0, podem incentivar o alcance dos objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU (Dantas et al., 2021). Há autores que defendem que a Economia Circular está diretamente ligada ao ODS 8, 9, 11 e 12, e indiretamente ligada ao ODS 13 e 14 (Dantas et al., 2021). Em contrapartida, Dantas refere que outros autores defendem que a EC está principalmente ligada ao ODS 11, e só depois é que se relaciona com os objetivos ecológicos e sociais (Dantas et al., 2021). Para além disso, ainda há autores que afirmam que, a circularidade é um acelerador dos objetivos traçados na agenda 2030, principalmente no que toca ao ODS 12 (Dantas et al., 2021). Deste modo, conclui-se que existe alguma inconsistência no que toca aos objetivos de desenvolvimento sustentável que a EC influencia (Dantas et al.,

2021). Em relação à Indústria 4.0, há estudos que defendem que esta encontra-se ligada aos ODS 7, 8, 9, 10 e 11 (Dantas et al., 2021). Em contrapartida, há autores que defendem que sejam os ODS 7, 8, 12 e 13 (Dantas et al., 2021). Assim o estudo em questão, desenvolvido pelo autor Dantas et al. (2021), irá analisar os seguintes ODS 7, 8, 9, 11, 12, 13, que serão também os objetivos aqui apresentados. Na figura 15 é possível observar os objetivos do desenvolvimento sustentável e em que parâmetro se inserem.



Figura 15 - Objetivos Sustentáveis Agenda 2030

Fonte: Dantas et al. (2021)

ODS 7 – Energias renováveis e acessíveis

Este objetivo garante a disponibilidade de energia renovável a todos (Dantas et al., 2021). A Economia Circular defende o uso de recursos de energia sustentável, de modo a reduzir a poluição, o uso de matéria-prima e a criação de resíduos (Dantas et al., 2021). Torna-se necessário procurar pela utilização deste tipo de energia, uma vez que, tanto a EC, como a I4.0, necessitam de uma grande quantidade (Dantas et al., 2021). É possível aumentar a eficiência e a capacidade de gerar e utilizar energia renovável através de tecnologias, por exemplo, *big data*, que promovem uma maior sustentabilidade através da recolha e partilha de informação (Dantas et al., 2021). Na tabela 8 é possível observar os efeitos da EC, em junção com a I4.0, no ODS 7.

Tabela 8 - Efeitos da EC e I4.0 no ODS 7

Fonte: Dantas et al. (2021) adaptado pelo autor

ODS	Objetivos da SDG que são afetados diretamente	Efeito da EC com a I4.0
	7.1 – Promoção de energia acessível e fidedigna	

ODS 7	7.2 – Aumento da utilização de energia renovável globalmente	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização do uso de energia • Incentivar ao uso de energia renovável • Reduzir o uso de energia fóssil • Utilizar práticas e tecnologias mais eficientes
	7.B – Desenvolvimento tanto da tecnologia, como das infraestruturas, para fornecer serviços energéticos melhorados, especialmente em países menos desenvolvidos.	

ODS 8 – Trabalho digno e crescimento económico

É considerado o objetivo mais controverso, uma vez que, tanto a Economia Circular, como a Indústria 4.0 afetam o mercado de trabalho na medida em que, a I4.0 altera as tecnologias para opções mais inovadoras e complexas, o que por sua vez, cresce a necessidade de colaboradores que possuem determinadas capacidades (Dantas et al., 2021). Assim, devido à disparidade de rendimentos e à incerteza que esta mudança irá gerar, torna-se necessário a criação de um apoio para os colaboradores mais precários, com salários mais baixos e competências menos desenvolvidas (Dantas et al., 2021). No que toca aos objetivos 8.2 e 8.4, estes defendem que, com a junção da Economia Circular e da Indústria 4.0, dá-se o desenvolvimento económico sustentável (Dantas et al., 2021). No que toca aos objetivos 8.5 e 8.6, estes estão relacionados com as medidas de treino e aprendizagem em relação ao novo modelo aplicado, que conta tanto com a EC e com a I4.0 (Dantas et al., 2021). Em suma, para que se alcance um futuro sustentável, é necessário ter em conta tanto o desenvolvimento económico, como também os problemas sociais que lhe são relacionados, tentando colmatar estes desafios (Dantas et al., 2021). Na seguinte tabela, número 9, está presente o efeito da EC com a I4, em relação ao ODS 8.

Tabela 9 - Efeito da EC e I4.0 no ODS 8

Fonte: Dantas et al. (2021) adaptado pelo autor

ODS	Objetivos da SDG que são afetados diretamente	Efeito da EC com a I4.0
ODS 8	8.2 – Através do desenvolvimento tecnológico, da inovação e diversificação, garantir elevada produtividade económica.	<ul style="list-style-type: none"> • Permite o crescimento económico. • Desenvolvimento de novos modelos de negócio circulares. • Utilização dos resíduos como recursos. • Melhoria da produtividade.
	8.4 – Melhorar a eficiência dos recursos tanto no consumo, como na produção, de modo a resultar na dissociação entre o crescimento económico e a degradação ambiental.	
	8.5 – Melhorar a qualidade dos postos de trabalho e igualdade de pagamento.	

	8.6 – Reduzir o desemprego na faixa etária dos jovens e melhorar a educação e o treino.	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de postos de trabalho e redistribuição dos mesmos.
--	---	--

ODS 9 – Indústria, inovação e infraestruturas

Estes objetivos são os que estão mais ligados à Indústria 4.0, uma vez que, relaciona-se não só com a sustentabilidade do setor industrial, como com os avanços tecnológicos (Dantas et al., 2021). Assim, a I4.0 auxilia no desenvolvimento de sistemas de produção otimizada (*lean*), onde decorre a otimização dos processos de produção e melhoria da utilização de recursos, através de tecnologias, como *big data* e fabricação aditiva (*additive manufacturing*), e da elaboração de novos modelos de negócio e ferramentas, observa-se o decréscimo do fluxo de energia e materiais (Dantas et al., 2021). Ao combinar as práticas circulares da EC com a tecnologia proveniente da I4.0, é possível presenciar uma contribuição positiva no que toca aos objetivos 9.1, 9.2 e 9.4, como se observa na tabela 10.

Tabela 10 - Efeitos da EC e I4.0 no ODS 9

Fonte: Dantas et al. (2021) adaptado pelo autor

ODS	Objetivos da SDG que são afetados diretamente	Efeito da EC com a I4.0
ODS 9	9.1 – Criar Infraestruturas de qualidade que apoiam o desenvolvimento económico e o bem-estar global.	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivo à produção inclusiva, fidedigna e sustentável através de tecnologias inovadoras • Melhoria da produtividade • Eficiência no uso do material e da energia
	9.2 – Aumentar a oferta de emprego no setor industrial e do produto interno bruto, e duplicando a respetiva quota nos país em situações mais sub-desenvolvimentos, incentivando assim à industrialização inclusiva.	
	9.4 – Promover uma estrutura sustentável na indústria, que apresente como foco a melhoria da utilização de recursos e o uso de tecnologias e processos que apresentam menos danos para o meio ambiente.	

ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis

Na implementação da EC, são utilizadas ferramentas tecnológicas da I4.0 para auxiliar no desenvolvimento sustentável das cidades e comunidades (Dantas et al., 2021). Deste modo, os objetivos ODS 11 focam-se em garantir que as comunidades sejam inclusivas, resilientes e sustentáveis, sendo que os objetivos 11.6 e 11.8 são influenciados diretamente e os objetivos 11.2 e 11.7 indiretamente, pelo CE-I4.0 *nexus* (Dantas et al., 2021). Por exemplo, certos fatores críticos nas áreas urbanas, nomeadamente, a qualidade do ar, a gestão de resíduos e as mudanças climáticas conseguem ser colmatados através do CE-I4.0 *nexus* (Dantas et al., 2021). Na tabela 11 pode-se observar o efeito da EC com a I4.0 no ODS 11.

Tabela 11 - Efeitos da EC e I4.0 no ODS 11

Fonte: Dantas et al. (2021) adaptado pelo autor

ODS	Objetivos da SDG que são afetados diretamente	Efeito da EC com a I4.0
ODS 11	11.6 – Diminuir o impacto no ambiente proveniente do setor urbano, por exemplo, poluição do ar e gestão de resíduos.	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento de tecnologias que sejam inclusivas, seguras e incentivem à gestão de resíduos.• Otimização do use tanto de energia, como de recursos no setor público.
	11.B – Aumentar as comunidades que realizam práticas de inclusão, eficiência de recursos e da mitigação da mudança climática, à medida que desenvolvem planos de gestão de risco.	

ODS 12 – Produção e consumo sustentável

Poderá ser o que mais está alinhado com a Economia Circular, isto porque, os objetivos 12.2, 12.3, 12.5 estão fortemente ligados às práticas circulares (Dantas et al., 2021). No entanto, no que toca à I4.0, esta encontra-se ligada ao objetivo 12.A, onde se insere a produção sustentável acompanhada de tecnologias inovadoras (Dantas et al., 2021). Dá-se a recolha de informação e monitorização que permitem a redução do uso de recursos, energia e criação de resíduos, como é possível observar na tabela 12 (Dantas et al., 2021).

Tabela 12 - Efeitos da EC e I4.0 no ODS 12

Fonte: Dantas et al. (2021) adaptado pelo autor

ODS	Objetivos da SDG que são afetados diretamente	Efeito da EC com a I4.0
ODS 12	12.2 – Alcançar o uso eficiente da utilização dos recursos e primar pelo desenvolvimento sustentável.	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização da energia e dos recursos presentes na cadeia de abastecimento. • Desenvolvimento de novos modelos de negócio circulares. • Redução da quantidade de materiais despejados. • Utilização dos resíduos como recursos. • Criação de novos padrões não só de consumo, como de comportamentos.
	12.3 – Reduzir o desperdício alimentar global ao longo da cadeia de abastecimento, com o objetivo de o reduzir para metade da quantidade per capita.	
	12.5 – Reduzir a quantidade de resíduos criados através da aplicação de práticas sustentáveis, tais como, reciclagem, reutilização, redução e prevenção.	
	12.A – Auxiliar no desenvolvimento científico e tecnológico para a criação de comportamentos mais sustentáveis nos países em desenvolvimento.	

ODS 13 – Ação climática

Este objetivo é direcionado para os governos, empresas e a sociedade para tomarem ações e serem proativos na redução do impacto das mudanças climáticas, assim, a I4.0 permite facilitar a otimização dos processos da EC (Dantas et al., 2021). Sendo de salvaguardar que, através de tecnologias, como *internet das coisas (internet of things)*, *blockchain* e fabricação aditiva (*additive manufacturing*), torna-se possível reduzir a quantidade de energia e material necessária nos fluxos industriais (Dantas et al., 2021). Para além disto, existe um trabalho publicado pela *MacArthur Foundation* que defende que, ao recorrer aos modelos circulares, é possível colmatar 45% da emissão de gases com efeito de estufa global (Dantas et al., 2021). Na tabela 13 é possível observar o efeito da Economia Circular e da Indústria 4.0 no ODS 13.

Tabela 13 - Efeitos com EC e I4.0 no ODS 13

Fonte: Dantas et al. (2021) adaptado pelo autor

ODS	Objetivos da SDG que são afetados diretamente	Efeito da EC com a I4.0
-----	---	-------------------------

ODS 13	13.2 – Introduzir nas políticas, estratégias e planeamentos, práticas relacionadas com as mudanças climáticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir e prevenir a emissão de gases de efeito de estufa • Promover a utilização das energias renováveis.
--------	--	---

3.6. Conclusões do capítulo

A gestão da cadeia de abastecimento é fortemente influenciada pela sustentabilidade, graças ao crescente desempenho económico e à responsabilidade ambiental e social dos *stakeholders* principais. Assim, é necessário a colaboração entre *stakeholders*, de modo a resultar em comportamentos mais sustentáveis, uma vez que estes influenciam o sucesso da aplicação da Economia Circular.

No que toca ao modelo de negócio circular, apesar de estar a crescer ao longo do tempo, ainda existe incerteza e pouca investigação desenvolvida de como deve ser aplicado numa cadeia de abastecimento. Contudo, este pode ser definido como um modelo de negócio que utilize estratégias circulares nos ciclos de materiais e energia, nomeadamente, estratégia cíclica (*cycling*), de expansão (*extending*), de intensificação (*intensifying*) e desmaterialização (*dematerialising*) (Geissdoerfer et al., 2020). Para além disto, um modelo de negócio é fortemente influenciado pela EC, graças ao desenvolvimento de parcerias estratégicas e pela maneira como os *stakeholders* se integram na cadeia de valor, e através do desenvolvimento das tecnologias (Salvador et al., 2021).

A Simbiose Industrial, que também é uma prática pouco explorada, remete-nos para uma estratégia de apoio à transição para a Economia Circular, em que se dá a colaboração de diferentes entidades na troca de resíduos e subprodutos, como materiais, água e fluxos de energia. Consequentemente, dá-se uma diminuição do uso de recursos e do impacto ambiental gerado. As relações simbióticas normalmente são desenvolvidas em indústrias que estejam próximas geograficamente e sejam economicamente independentes.

A indústria 4.0, permite alterar o projeto (*design*) das cadeias de abastecimento, focando-se no desenvolvimento sustentável, através da otimização de processos, implementação de tecnologias eficazes e da redução de emissões e do uso excessivo de recursos. Desta forma, o setor logístico sofreu uma grande mudança graças à I4.0, uma vez que, resultou na alteração dos modelos de negócio e na implementação de novas tecnologias nas cadeias de abastecimento. Ainda, graças a este desenvolvimento tecnológico inserido na Indústria 4.0, é possível alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU. Em relação às problemáticas da Indústria 4.0, não só este desenvolvimento tecnológico está associado a impactos negativos no meio ambiente, devido à necessidade de uma grande quantidade de energia e de recursos, como também esta faz com que o mercado de trabalho dispense os colaboradores dos postos de trabalho mais antigos. Desta forma, torna-se fulcral entender como colmatar estes problemas associados à I4.0.

Em relação às tecnologias da Indústria 4.0, é possível observar que tanto fabricação aditiva (*additive manufacturing*), como sistemas ciber-físicos (*cyber-physical systems*), simulação e internet das coisas (*internet of things*), afetam consideravelmente a gestão do ciclo de vida dos produtos. *Big data and analytics*, está mais relacionado com a transformação digital e, em relação à reciclagem, esta é fortemente influenciada pela fabricação aditiva (*additive manufacturing*). No que toca à simulação esta afeta o modelo de negócio circular e a gestão da cadeia de abastecimento.

Após este capítulo onde foi apresentado as implicações que a Economia Circular gera nas cadeias de abastecimento, nomeadamente, como se procede a uma análise de *stakeholders* numa Cadeia de Abastecimento Circular, o desenvolvimento de um modelo de negócio circular, a adesão à Simbiose Industrial e o desenvolvimento dos indicadores que avaliam o desempenho das práticas circulares desenvolvidas. E ainda, como a Indústria 4.0, é um potenciador da adesão à Economia Circular por parte das cadeias de abastecimento. Desta forma, o próximo capítulo 4, aborda a Economia Circular em Portugal, explorando como é o contexto industrial, quais os tipos de setores industriais e como se distribuem pelo país, e abordando a legislação já existente nesta temática. Para além disto, ainda são referidas como as redes de simbiose se dispõem geograficamente, como estas foram formadas e quais são os desafios e o futuro destas práticas em Portugal.

4. Economia Circular em Portugal

No presente capítulo, irá ser abordado primeiramente o contexto industrial em Portugal em 4.1., analisando em que zona existe uma maior concentração de indústrias, dividindo as mesmas mediante o setor de atividade, e a evolução dos resíduos no país em estudo. Para além disto, também será abordado em 4.2., a legislação existente em Portugal que está relacionada com a adesão à Simbiose Industrial. Ainda, no subcapítulo 4.3., irá ser analisado que tipos de Simbiose Industrial estão presentes no país e como os casos estão dispersos geograficamente. Assim, de forma a completar a análise, será também abordado os desafios e a prosperidade futura da Simbiose Industrial em Portugal no subcapítulo 4.4.

Este capítulo permite avaliar a aplicação das temáticas previamente mencionadas em Portugal, uma vez que, ao obter uma perspetiva da situação industrial do país, torna-se mais fácil compreender se existem ou não as condições necessárias para as cadeias de abastecimento aderirem à Economia Circular. Como a aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, ainda não está fortemente explorada e com um plano de implementação devidamente elaborado, é de elevada importância aprender com a experiência das cadeias de abastecimento que já apliquem práticas circulares na sua gestão. Assim, será explorado como a Simbiose Industrial está presente no país, analisando os casos existentes e como estes se concentram ao longo de Portugal, compreendendo qual o tipo de SI que está mais presente, e apresentando os seus desafios e oportunidades.

4.1. Contexto industrial de Portugal

No presente subcapítulo, primeiramente irá ser analisado o desenvolvimento industrial no país, apresentando o número de empresas e sua distribuição, completando a análise com informação sobre o setor de atividade em que se inserem. Após, também irá ser apresentado a evolução da criação de resíduos em Portugal e na Europa.

O autor Neves et al. (2019) observou no seu estudo que o número de empresas e a sua distribuição varia mediante a área em estudo, deste modo, concluí que existe um maior número na zona Norte e em seguida, na zona de Lisboa na Área Metropolitana e Centro, como é possível constatar na imagem 16 (Neves et al., 2019).

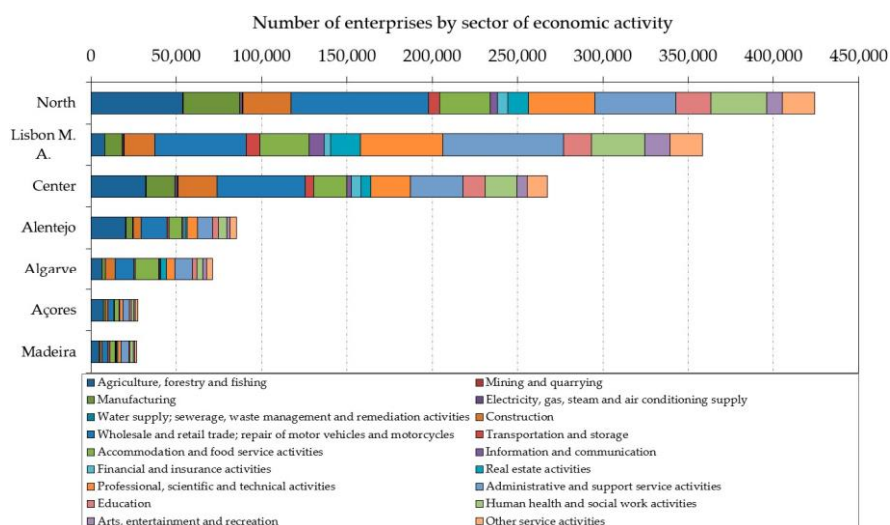


Figura 16 - Nº de empresas mediante o seu setor de atividade

Fonte: Neves et al. (2019)

Desde 2012 que a quantidade de resíduos em Portugal tem vindo a sofrer um aumento, estima-se que em 2016 o valor tenha sido de 14.7 milhões de toneladas, o que corresponde a 1427 kg por habitante (Neves et al., 2019). Contudo, comparativamente à média europeia, de 4968 kg por habitante, este valor ainda é inferior (Neves et al., 2019). Na figura 17, observa-se que em relação à indústria, a quantidade de desperdício gerado tem vindo a diminuir, contudo é o que apresenta maiores valores, daí que seja tão importante aplicar a Economia Circular nas cadeias de abastecimento em Portugal.

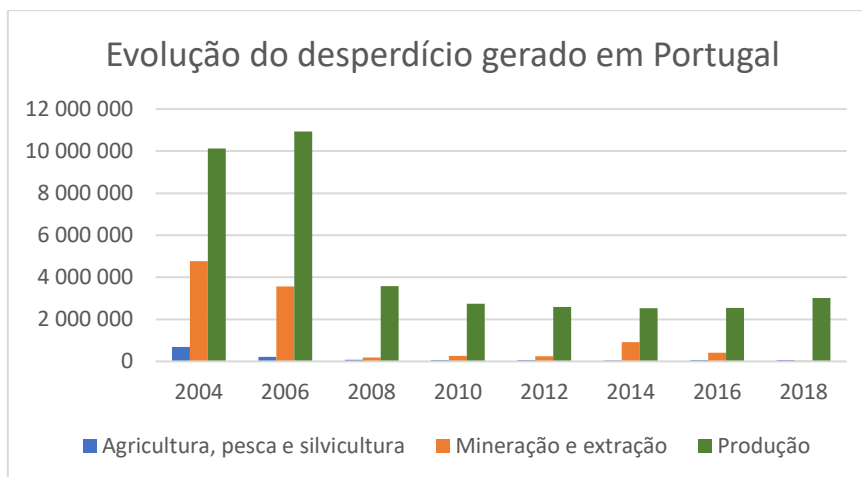


Figura 17 - Evolução do desperdício gerado em Portugal

Fonte: Neves et al. (2019) adaptado pelo autor com informação do Eurostat (2022)

No ano de 2016, em Portugal, foram tratados 9.7 milhões de toneladas de resíduos, mais detalhadamente, 43.5% foram reciclados, 34.7% foram destinados a aterros, 12.1% foram utilizados para gerar energia na incineração, 9.5% para enchimento e, por último, 0.2% foram incinerados (Neves et al., 2019). Os resíduos eliminados diminuem entre os anos de 2010 e 2016, passando de 43.5% para 40.6% e, durante o mesmo intervalo de tempo, a quantidade de resíduos reciclados sofreu um aumento de 40.6% para 43,5% (Neves et al., 2019).

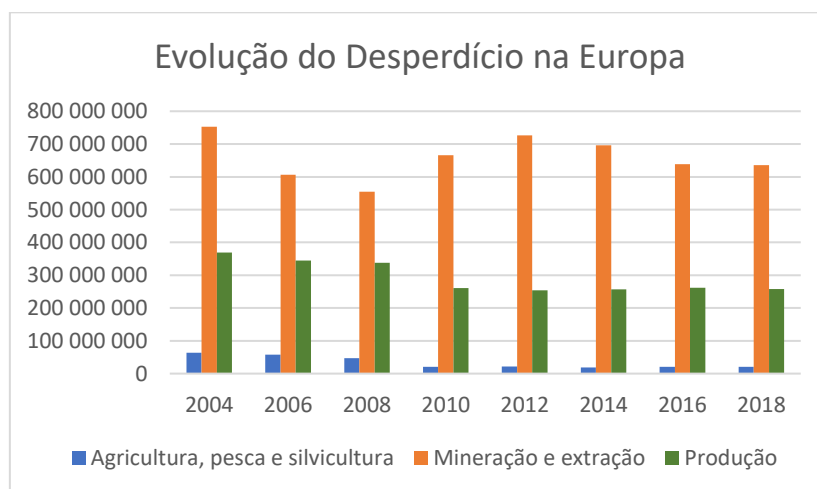


Figura 18 - Evolução do desperdício gerado na Europa

Fonte: Neves et al. (2019) adaptado pelo autor com informação do Eurostat (2022)

Através destes gráficos, nomeadamente a figura 17 e 18, que foram elaborados com a informação disponibilizada pelo Eurostat, é possível observar um decréscimo acentuado de resíduos provenientes dos processos de produção em Portugal, em contrapartida, apesar de também ter reduzido, a diferença de valores não é tão significativa na Europa. Sendo de salvaguardar que, no caso de Portugal, observa-se um aumento de pequena

dimensão na passagem de 2016 para 2018. No que toca aos resíduos provenientes da agricultura, pesca e silvicultura, observa-se uma redução em ambos os casos, sendo que, em Portugal, a partir de 2008, os valores não se apresentam no gráfico, mostrando ser insignificativos comparativamente aos restantes tipos de resíduos em estudo. Por fim, em relação a mineração e extração, enquanto em Portugal observa-se uma redução de 2004 a 2012, com um crescimento acentuado em 2014 e nova redução, na Europa, são valores muito elevados, sendo que desceram em 2008 e 2016, mas ambos sofrendo um aumento posteriormente.

No próximo subcapítulo 4.2., irá ser abordada a legislação em Portugal, de forma a perceber a oportunidade de desenvolver uma Cadeia de Abastecimento Circular no país, uma vez que, torna-se importante entender que legislação está a ser aplicada e que condições são necessárias haver para que seja possível implementar as práticas circulares numa cadeia de abastecimento.

4.2. Legislação em Portugal

No presente subcapítulo do trabalho irá ser apresentada a legislação em Portugal, no contexto de adesão à Economia Circular, abordando as leis que são aplicadas para um resíduo passar a ser considerado subproduto, e Diretivas que foram desenvolvidas no âmbito da Economia Circular. Assim, é possível entender quais são as possibilidades de desenvolver uma Cadeia de Abastecimento Circular em Portugal e que condições são necessárias ter em conta em relação à legislação que é aplicada no país em questão.

Assim, a 30 de maio de 2018, foi criada a Diretiva 2008/98/EC sobre os resíduos, onde o Parlamento Europeu reconhece as práticas da Simbiose Industrial e partilha de informações sobre a divulgação da prática nos Estados-Membros (Neves et al., 2019). De modo a implementar esta nova Diretiva, Portugal publicou o Decreto-Lei nº 73/2011, onde para além de ser apresentado o conceito, também são descritas as condições necessárias para ser considerado subprodutos e não resíduos, substituindo o Decreto-Lei nº 178/2006 que tinha sido previamente elaborado (Neves et al., 2019). O conceito de subproduto remete-nos para um produto que resultou de um sistema de produção que, no entanto, não pertence aos produtos finais desse processo, sendo utilizado para diferentes finalidades (Neves et al., 2019). Assim, a Diretiva elaborada defende que, o produto pode ser utilizado tanto diretamente (sem modificações), como indiretamente nos novos processos, e este não pode implicar quaisquer tipos de impactos ambientais ou de saúde (Neves et al., 2019). No caso de Portugal, para um produto passar a ser considerado subproduto, é necessário preencher um formulário direcionado para a Agência Portuguesa do Ambiente, onde é realizado um pagamento de 5000€ (Neves et al., 2019). Esta prática veio a ser facilitada na elaboração da Diretiva 2018/851 nos resíduos (Neves et al., 2019).

Foi aprovada a Estratégia Nacional para os Contratos Públicos Verdes 2020, pela Resolução do Conselho de Ministros nº38/2016, esta pretende incentivar a redução da poluição e do consumo de recursos naturais, por exemplo, o governo pode dar benefícios aos produtores que, no seu sistema de produção, tenham utilizado resíduos de outras indústrias como matéria-prima (Neves et al., 2019). Para além disto, a Simbiose Industrial foi incluída no Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal, que foi aprovada na Resolução do Conselho de

Ministros nº190-A/2017 (Neves et al., 2019). Deste modo, esta prática faz parte de um conjunto de ações que serão aplicadas a nível regional, onde permitem a sensibilização para a Economia Circular, o levantamento de possíveis relações simbióticas, a análise de barreiras na sua aplicação, formação de técnicos para os processos de simbiose (Neves et al., 2019). No Decreto-Lei nº73-2011 consta informação que pode ser fulcral na formação de novas redes, uma vez que, consta o registo e armazenamento de informação referentes aos processos de produção e gestão de resíduos (Neves et al., 2019).

Para além disto, a União Europeia tomou a iniciativa de promover uma economia de desperdício zero até o ano de 2025, desenvolvendo um Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*) que permite auxiliar na transição para Economia Circular, tendo como objetivo o aumento do nível de sustentabilidade (Hamam et al., 2021). Assim, a União Europeia ambiciona, com uma deadline do ano de 2050, ser o primeiro continente neutro em termos climáticos, permitindo não só a competitividade entre indústrias, como também uma transição sustentável tanto a nível ambiental, económico e social (Hamam et al., 2021).

Após a análise do contexto industrial e da legislação relacionada com a EC praticada no país, o próximo subcapítulo 4.3., vai analisar as redes de Simbiose Industrial em Portugal. Isto permitirá uma compreensão geral de como práticas circulares estão presentes no país e de que forma as relações simbióticas foram desenvolvidas.

4.3. Redes de Simbiose Industrial em Portugal

No que toca à Simbiose Industrial, a Ásia é o continente com mais situações reportadas, sendo a China o país com maior destaque (Neves et al., 2019). No que toca à Europa, é possível também observar estas práticas em diversos países, nomeadamente, Suécia, Holanda, França, Finlândia, Itália, entre outros (Neves et al., 2019). Destaca-se o caso da aplicação em Kalundborg, na Dinamarca, que é considerado o caso de SI mais citado, onde uma rede foi elaborada espontaneamente devido à escassez de água (Neves et al., 2019). No entanto, em relação a Portugal, existem ainda poucos estudos desenvolvidos na área (Neves et al., 2019).

Desta forma, neste subcapítulo 4.3., são abordados os casos de Simbiose Industrial em Portugal, em que zona apresentam uma maior concentração e de que tipo de SI é predominante no país. Para além disto, também será analisado o número de ocorrências por setor de atividade, de modo a dar uma melhor perspetiva de como esta prática está inserida em Portugal. Isto é importante, uma vez que, permite ter uma perceção da adesão das práticas circulares no meio industrial português e como este se tem vindo a desenvolver. É fulcral adquirir conhecimento através de cadeias de abastecimento que já apliquem as práticas de SI, uma vez que, não existe muita informação disponibilizada nem planos de implementação desenvolvidos.

Os casos em que é possível observar a SI em Portugal são de associações públicas, de entidades privadas e de instituições, que foram maioritariamente criadas graças a fundos comunitários e de apoio a nível nacional (Neves et al., 2019). Por exemplo, no caso do “Alentejo Circular”, trata-se de um programa criado através de fundos europeus, que incentiva à competitividade na região do Alentejo (Neves et al., 2019).

O autor Neves et al. (2019) argumenta que é mais provável que o tipo de Simbiose Industrial mais prevalente em Portugal seja auto-organizada, onde as empresas é que tomam iniciativa de implementar novas práticas e criar redes simbióticas, isto porque, cada rede é composta por poucos participantes e nos casos de SI com duas ou três empresas, estas encontram-se na mesma área ou em áreas próximas (Neves et al., 2019). A maior rede e mais organizada em Portugal é o Eco Parque Industrial do Relvão, localizada na Chamusca (Neves et al., 2019).

Não existe em Portugal nenhum plano destinado à implementação da SI (Neves et al., 2019). No entanto, uma forma de incentivar esta prática é através da disponibilização de uma área de grande dimensão destinada a indústrias, acompanhada com a promoção de reuniões para o estabelecimento de relações e com o desenvolvimento de instalações destinadas à gestão de resíduos, permitindo o desenvolvimento de redes de SI (Neves et al., 2019).

Na figura 19 do lado esquerdo é possível observar o número total de casos por zona de Portugal, em contrapartida, do lado direito, constata-se que cada cor corresponde a uma localidade diferente, e a mesma apresenta o número de casos que lhe são associados (Neves et al., 2019). É de salvaguardar que, o número de casos da direita não corresponde ao da esquerda, uma vez que, há certas situações em que não é possível identificar em que zona mais específica de Portugal as redes de SI se situam (Neves et al., 2019). Assim, observa-se na figura 19, um número maior de casos no Alentejo, mais concretamente em Lezíria e, no que toca às atividades em que a SI está inserida, existe uma maior concentração nas atividades de produção (56%), havendo uma maior prevalência na indústria do papel, da pasta do papel e do cimento (Neves et al., 2019). As atividades que estão relacionadas com a agricultura e criação de gado, são as segundas mais presentes na aplicação de Simbiose Industrial e estas estão presentes maioritariamente no Alentejo e na Lezíria do Tejo (Neves et al., 2019).

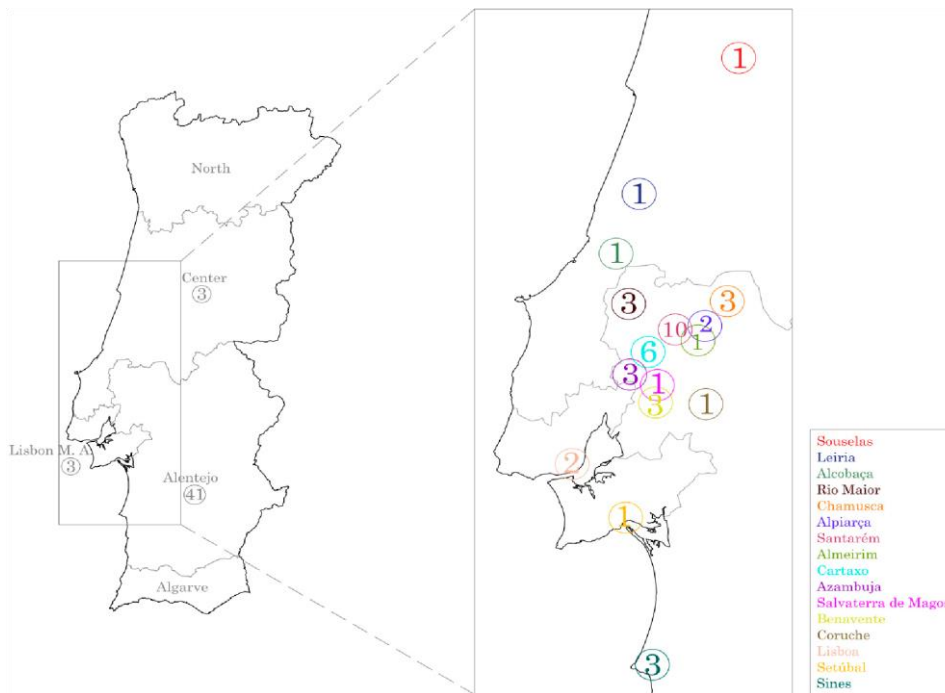


Figura 19 - Disposição dos casos de SI em Portugal.

Fonte: Neves et al. (2019)

O autor Neves et al. (2019), concluiu que existe uma maior concentração de resíduos provenientes dos processos de produção, seguido pelo setor da agricultura, silvicultura e pesca. Contudo, o autor também observou que os principais resíduos partilhados em redes simbióticas foram a biomassa, subprodutos agrícolas, lama, resíduos metálicos e não metálicos, nomeadamente, resíduos de construção e demolição, e resíduos de vidro, entre outros.

Um ponto importante a referir, é que o autor Neves et al. (2019) constatou a existência de um maior número de casos de Simbiose Industrial em Portugal, do que aqueles que são efetivamente reportados. Estes casos normalmente são entre duas empresas diferentes e para além de se apresentarem em maior número, são também mais dispersos (Neves et al., 2019).

No próximo subcapítulo 4.4, irá ser analisado os desafios e futuro da Simbiose Industrial em Portugal, de forma a compreender mais sobre a temática e entender quais são as medidas que devem ser implementadas de modo a facilitar a gestão de uma Cadeia de Abastecimento Circular em Portugal.

4.4. Desafios e futuro da Simbiose Industrial em Portugal

Nesta parte do trabalho são abordados os desafios e o perspectivas futuras para o desenvolvimento da Simbiose Industrial no país. Dado que esta é uma temática em crescimento, nota-se a importância de ter uma noção de como se espera que decorra a evolução e que desafios estão associados à mesma, para que se possa desenvolver

medidas que colmatam as barreiras à sua adesão. Sendo que se trata de uma área pouco explorada e ainda sem planos de implementação desenvolvidos, é fulcral que as empresas entendam quais são os desafios que possam estar presentes e que medidas devem ser implementadas de forma que facilite e faça com que a gestão de uma Cadeia de Abastecimento Circular decorra com sucesso.

As instituições nacionais e europeias desempenham um papel de elevada importância ao definir políticas e estratégias que estejam de acordo com o desenvolvimento sustentável (Neves et al., 2019). No caso de Portugal, não existem ainda medidas que permitam a implementação de relações simbióticas consistentes, dificultando assim os planos estratégicos para alcançar os objetivos da Comunidade Europeia (Neves et al., 2019). Na tabela 13 é possível observar os desafios e o desenvolvimento futuro da Simbiose Industrial em Portugal.

Tabela 13 - Desafios e desenvolvimento futuro da SI em Portugal

Fonte: Neves et al. (2019) adaptado pelo autor

Categorias	Desafios e Crescimento Futuro
Política	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de políticas e estratégias para incentivar o desenvolvimento sustentável e apoiar as empresas na SI • Desenvolvimento de um plano de ação para PME • Aumento das taxas de eliminação de resíduos • Desenvolvimento de mecanismos de divulgação e de incentivo para as empresas • Diminuição das taxas para empresas com práticas sustentáveis na gestão de resíduos • Criação de fundos para o desenvolvimento da SI • Simplificação da lei no que toca à classificação de subprodutos
Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de uma entidade facilitadora, pública ou privada, para promover SI. Por exemplo, autoridades locais e organizações públicas ou privadas
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar a SI nas atividades de produção e agricultura, silvicultura e pesca • Promover SI nas empresas mais representativas e com maior criação de resíduos • Promover a SI através de empresas maiores que já fazem parte de redes • Promover a partilha de infraestruturas e de serviços

Existem diversas barreiras na aplicação da Simbiose Industrial em Portugal, nomeadamente, o processo de classificar um produto/resíduo como subproduto requerer custos administrativos, e existir uma grande possibilidade de este não apresentar as condições mínimas (Neves et al., 2019). Para além disto, existir falta de confiança e, por sua vez, dificuldade das empresas em partilhar informação (Neves et al., 2019). Outra dificuldade são as pequenas empresas encontrarem-se em maioria, o que dificulta a implementação de redes de SI, dado que estas têm um desempenho ambiental mais fraco, por exemplo, na escassez de recursos, e a falta de conhecimentos específicos da área (Neves et al., 2019). Deste modo, estima-se que nas empresas com menos de

49 colaboradores, só 16.2% recorrem a medidas de proteção ambiental, tornando-se necessário promover um plano para as PME (Neves et al., 2019).

Tanto o governo, como outras organizações, têm a possibilidade de incentivar e promover a SI em qualquer tipo de empresas, como por exemplo, o aumento dos impostos da eliminação dos resíduos, que resulta na alteração do comportamento das empresas e promove a utilização de soluções sustentáveis e, conseqüente, implementação da Simbiose industrial (Neves et al., 2019). Sendo de salguardar que, em 1996, foi criada uma taxa de aterro sanitário no Reino Unido e esta iniciativa para além de promover a utilização de soluções mais sustentáveis, permitiu também o auxílio do financiamento do Programa Nacional de Simbiose Industrial (Neves et al., 2019). No que toca a Portugal, o valor das taxas ainda se encontra baixo (Neves et al., 2019).

Torna-se fulcral que haja o processo de divulgação das práticas, redução das taxas fiscais para as empresas que utilizem práticas sustentáveis e a criação de fundos para aumentar a SI no país (Neves et al., 2019). Para além disto, a proximidade entre as localizações das empresas e as práticas semelhantes de alguns setores, permitem o desenvolvimento da SI em Portugal, resultando na partilha de infraestruturas e a prestação de serviços conjunta, sendo de referir que, as atividades de produção, agricultura, silvicultura e pesca são as que estão mais presentes na SI em Portugal (Neves et al., 2019).

Por último, no próximo subcapítulo 4.5., irão ser apresentadas as conclusões do presente capítulo.

4.5. Conclusões do capítulo

No que toca às empresas existentes em Portugal, o número de empresas e a sua distribuição varia mediante a área em estudo, sendo que, existe um maior número de indústrias na zona Norte e em seguida, na zona de Lisboa na Área Metropolitana e Centro. Apesar, da quantidade de desperdício do setor de produção estar a diminuir, este é o que apresenta valores maiores, daí que seja tão importante aplicar a Economia Circular nas cadeias de abastecimento em Portugal.

Em relação a Portugal, existem ainda poucos estudos desenvolvidos na área da Simbiose Industrial, contudo, mediante os casos existentes, o tipo de Simbiose Industrial mais prevalente em Portugal acredita-se que seja auto-organizada, onde as empresas é que tomam iniciativa de implementar novas práticas e criar redes simbióticas, isto porque, cada rede é composta por poucos participantes e encontram-se na mesma área ou em áreas próximas, quando se trata de poucos participantes. Sendo de salguardar, que em Portugal existem muitas relações de SI que não são reportadas e mantêm-se desconhecidas.

Não existe em Portugal nenhum plano destinado à implementação da SI. No entanto, uma forma de incentivar esta prática é através da disponibilização de uma área de grande dimensão para as indústrias, que possua instalações destinadas à gestão de resíduos, permitindo o desenvolvimento de redes de SI.

É possível observar em Portugal, um número maior de casos de Simbiose Industrial no Alentejo, mais concretamente em Lezíria e, no que toca às atividades em que a SI está inserida, existe uma maior concentração nas atividades de produção, havendo uma maior prevalência na indústria do papel, da pasta do papel e do cimento, seguido das atividades de agricultura e criação de gado.

No capítulo 5 irá ser abordado Cadeias de Abastecimento Circulares, analisando casos tanto dentro, como fora de Portugal. Deste modo, é possível retirar conhecimento através da experiência de cadeias que já apliquem as práticas circulares.

5. Cadeias de Abastecimento Circulares: implementação dentro e fora de Portugal

Tal como foi previamente mencionado, nesta temática é extremamente importante aprender com a experiência das cadeias de abastecimento que já aplicam práticas circulares, uma vez que, para além de ser um tema recente e ainda pouco explorado, este também não apresenta um plano de implementação em Portugal. Assim, de forma a demonstrar como a temática previamente analisada pode ser aplicada nas cadeias de abastecimento, esta secção do trabalho, irá abordar três casos de Economia Circular, sendo que dois são situados em Portugal, e um fora do país. No que toca aos casos de Simbiose Industrial, as atividades de produção, agricultura, silvicultura e pesca são as que estão mais presentes em Portugal (Neves et al., 2019), desta forma foi analisado um caso no setor florestal e outro no setor da vinicultura.

Primeiramente, irá ser analisado o caso da Corticeira Amorim, que se destaca na área florestal, sendo líder mundial no setor da cortiça. Posteriormente, irá ser abordado o caso da vinicultura presente no programa Alentejo Circular. Por último, vai ser analisado um caso internacional, da empresa Cisco, que, para além de estar presente no Top 25 de Cadeias de Abastecimento pelo site Gartner, a mesma prima pelo seu notório desenvolvimento sustentável.

5.1. Caso de Cadeia de Abastecimento Circular no setor florestal em Portugal

No setor florestal, estima-se que, aproximadamente, um terço do território de Portugal é floresta (Sirous et al., 2020), tornando-se do interesse económico do país investir na exploração da biomassa florestal (Gonçalves et al., 2021). Assim, isto resulta no aumento da competitividade entre indústrias e, conseqüentemente, na melhoria da eficiência do uso dos recursos e da circularidade, devido ao aumento da procura pela biomassa florestal, como energia e fonte de material (Gonçalves et al., 2021). O conjunto de resíduos florestais, como os resíduos de limpeza dos arbustos, pode ser utilizado para a produção de biomassa, contudo, é importante ter em consideração determinados fatores, nomeadamente, a idade da árvore, a espécie e o tipo de madeira que foi

colhida (Sirous et al., 2020). Esta prática por um lado traz vantagens no que toca à prevenção de incêndios (problema recorrente no país) e à aquisição de recursos energéticos, que por outro, pode afetar a biodiversidade (Sirous et al., 2020).

Deste modo, foi decidido apresentar a empresa Amorim, fundada em 1870, e líder mundial no setor da cortiça (*Corticeira Amorim, 2022*). A empresa desenvolve diversas soluções, aplicações e materiais destinados a diferentes áreas, tais como, a indústria aeroespacial, automóvel, construção, desporto, energia, vinhos, espumantes e espirituosos (BSCD Portugal, 2020), sendo exemplos, a presença da assinatura da empresa nos satélites lançados na atmosfera, em artigos do quotidiano, entre outros (*Corticeira Amorim, 2022*)

A Corticeira Amorim foca-se no acrescentar valor à cortiça, permitindo a sua transformação, de forma competitiva e diferenciada, contribuindo para uma inovação sustentável (*Corticeira Amorim, 2022*). Assim, a empresa destaca-se a nível industrial, tecnológico e sustentável, estando presente em mais de 100 países e cotada no mercado de capitais desde o ano de 1988 (*Corticeira Amorim, 2022*). Para além disto, a exploração da cortiça permite a valorização e viabilização das florestas de sobreiro, sendo que estas não só regulam os ciclos hidrológicos e evitam a erosão dos solos, como também incentivam à biodiversidade, à diminuição da desertificação e à prevenção de alastramento de incêndios (*Corticeira Amorim, 2022*). O sobreiro trata-se de uma árvore que se regenera, e a mesma é renovada de 9 em 9 anos, sendo que a mesma para além de não necessitar de corte, pode crescer na mesma zona (PBS, 2017).

A cortiça é considerada um paradigma da Economia Circular, uma vez que, neste setor existe uma grande incidência na reciclagem, recolha e transformação da cortiça (PBS, 2017). Assim, a Corticeira Amorim desenvolveu um processo de extração com baixo impacto ambiental e sinergias com materiais e subprodutos (BSCD Portugal, 2020). Para além disto, trata-se de um produto 100% natural, renovável, resistente, versátil e de fácil reutilização (BSCD Portugal, 2020).

A Corticeira Amorim, ao adotar a Economia Circular, permite a redução de resíduos criados, prolonga o tempo de vida útil dos materiais e promove a regeneração dos sistemas naturais (BSCD Portugal, 2020). Desta forma, a empresa apresenta 63% de energia proveniente de biomassa, uma taxa de valorização de resíduos superior a 90% e promove programas de educação ambiental (*Corticeira Amorim, 2022*). Ainda é de referir que, a mesma prevê a plantação de 17 milhões de sobreiros nos próximos anos (*Corticeira Amorim, 2022*).

É possível constatar na imagem 20 que, a integração vertical aplicada pela empresa, permite um maior nível de utilização, consumo e valorização da cortiça em todo o ciclo produtivo (BSCD Portugal, 2020). Para além dos principais desafios da empresa serem a melhoria da eficiência do uso de recursos, a gestão sustentável do uso de produtos químicos e a redução da geração de resíduos, os resultados da Corticeira Amorim remetem-nos para o aproveitamento total da cortiça, a utilização de 80% de materiais com origem renovável, a valorização de 90% dos resíduos e, por fim, a promoção de programas de recolha e reciclagem da cortiça nos diferentes continentes (BSCD Portugal, 2020).

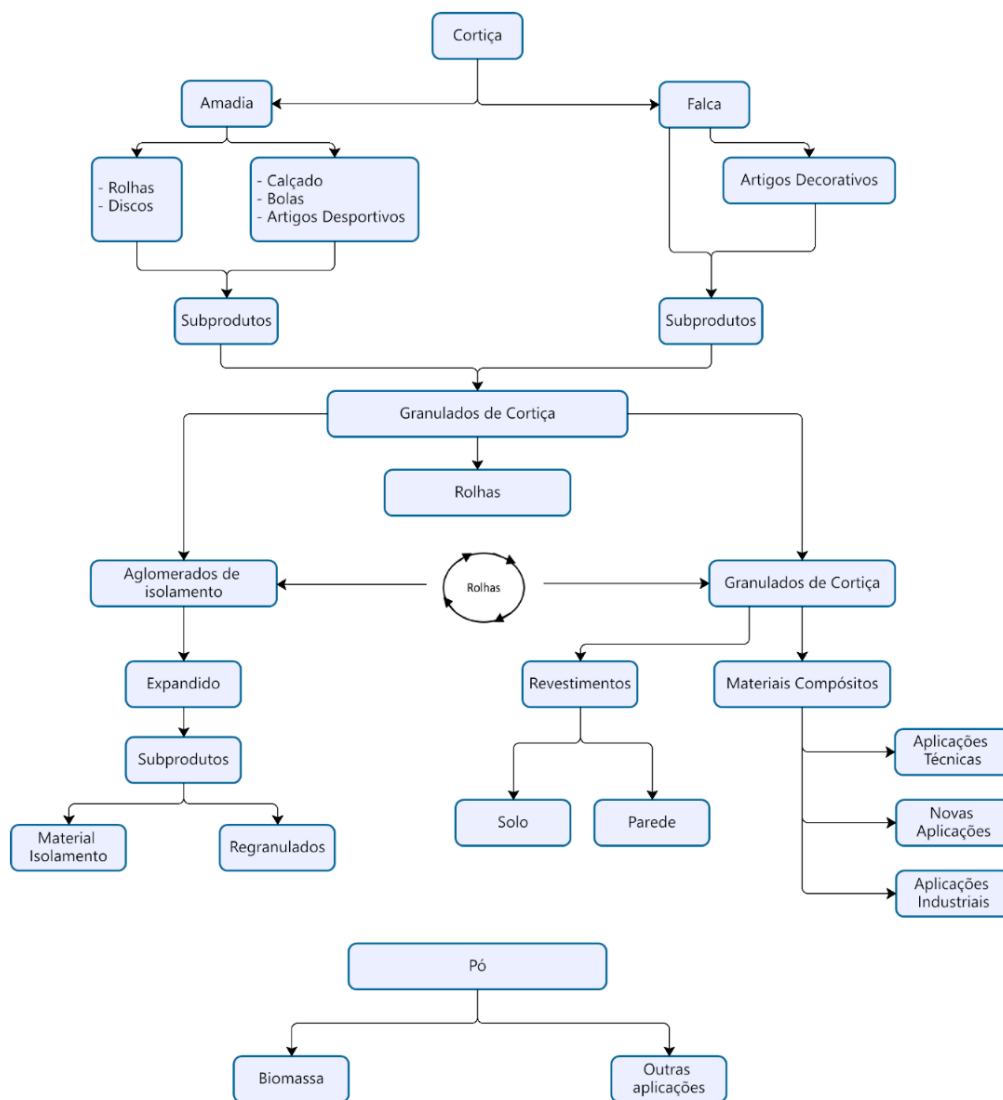


Figura 20 - Diagrama do aproveitamento dos subprodutos provenientes da Cortiça

Fonte: BSCD Portugal (2020) adaptado por autor

5.2. Caso de Cadeia de Abastecimento Circular no setor agrícola em Portugal

O setor agrícola, um dos principais responsáveis pelo consumo global de água e energia (Velasco-Muñoz et al., 2021), tem vindo a adotar tecnologias com a globalização e digitalização, resultando num maior foco no consumidor e numa cadeia de abastecimento mais sustentável (Kumar et al., 2021).

Apesar da população continuar em crescimento, o aumento da produção alimentar não é visto como opção uma vez que, não só envolve custos elevados e existe a necessidade de recursos naturais já escassos, como também se estima que um terço dos alimentos que existem mundialmente são desperdiçados (Hamam et al., 2021). Assim, os principais fatores que contribuem para a perda de alimentos são as infraestruturas não adequadas, fatores tanto climáticos, como ambientais e, por fim, os *standards* tanto de segurança, como de qualidade

(Hamam et al., 2021). Torna-se necessário arranjar um método que permita acrescentar valor à cadeia de abastecimento, à medida que permita minimizar as perdas e os desperdícios alimentares tanto na produção, como no consumo (Hamam et al., 2021).

Ao conjugar a Indústria 4.0 e a Economia Circular, é possível ter uma maior visibilidade, rastreamento e confiança entre os diferentes *stakeholders* (Kumar et al., 2021). Em contrapartida, existe a desvantagem de este modelo estar associado a elevados custos para a empresa, devido à falta de tecnologia, às políticas governamentais incorretas e à falta de consciencialização dos agricultores (Kumar et al., 2021). Para além disto, na aplicação da circularidade na produção agricultura, tanto vegetal, como animal, é defendido que a biomassa da planta é a base do sistema alimentar dos indivíduos e que a mesma deve ser utilizada para produzir alimentos (Velasco-Muñoz et al., 2021). No que toca aos subprodutos, estes seriam reutilizados ou reciclados no sistema alimentar, na biomassa animal, esta seria utilizada para a criação de estrume, entre outros (Velasco-Muñoz et al., 2021).

Neste subcapítulo, onde se apresenta o caso sobre o setor agrícola, irá ser abordado a atividade de vinicultura no Alentejo, presente no projeto Alentejo Circular.

É necessário ter em conta a elevada importância da valorização dos resíduos e subprodutos na produção do vinho do Alentejo, sendo que os resíduos e subprodutos principais são as podas da videira, que são usadas como biomassa de modo a gerar energia e enriquecer os solos, os engaços, que irão servir para a valorização no processo de compostagem e os bagaços, que para além de serem utilizados no processo de compostagem para fertilizante e alimentação animal, são também usados para a produção de aguardentes (Bruno Magalhães et al. 2017). Para além destes, em relação às borras, estas são também utilizadas para a produção de aguardentes e, por último, as lamas das Estações de Tratamento de Águas Residuais são utilizadas no composto fertilizante (Bruno Magalhães et al. 2017). Também se verificou a utilização do tartarato de potássio, que nos remete para um subproduto do fabrico de vinho, utilizado para produzir produtos de estabilização de vinhos (Bruno Magalhães et al. 2017). É possível observar na figura 21 a valorização dos resíduos/subprodutos da produção do vinho.

Resíduo/ Subproduto	Valorização	Estado de desenvolvimento	País identificado
Engaço	Indústria farmacêutica - Obtenção de proteína vegetal	Em estudo	Portugal
	Cosméticos	Em estudo	Portugal
	Medicamentos	Em estudo	Portugal
	Matéria-prima – Lenhocelulósica	Em estudo	Portugal
	Utilização em pellets, mobiliário e papel de jornal	Projeto	Portugal
	Matéria-prima – materiais de construção e indústria do papel	Em estudo	Portugal
Folhelho	Extratos alimentares	Em utilização	França
	Utilização nas indústrias alimentares e farmacêutica devido à sua riqueza em antocianinas e resveratrol. Cosméticos. Corantes naturais	Em estudo	Portugal
	Obtenção de ácidos fenólicos, antocianinas, flavonóides e estilbenos (resveratrol)	Em utilização	Espanha
Folha da videira	Obtenção de antocianinas, flavonóides	Em utilização	Espanha
Grainhas	Extratos fenólicos; Produção de polifenóis	Em utilização	Espanha
	Farinha para alimentação animal	Em utilização	Espanha
	Extração de proantocianidinas para as indústrias enológica e farmacêutica	Em estudo	Portugal
	Extração de óleo (alimentação e cosméticos)	Em utilização	Espanha, EUA
	Produção de farinha para alimentação	Em utilização	EUA
	Biomassa para produção de energia	Em utilização	Espanha
	Polifenóis como componente de creme para a pele	Em utilização	França, Nova Zelândia
	Extração de protoantocianidinas	Em utilização	Espanha
Bagaço	Destilação – Grappa	Em utilização	Itália
	Extrato de polifenóis	Em utilização	Espanha
	Alcool industrial utilizado para perfumes, tintas, solventes e combustível	Em utilização	Portugal, Espanha
	Bagaço fermentado misturado com estrume de ovino para formar composto	Em utilização	Espanha
	Ácido tartárico	Em utilização	Portugal, Espanha
	Corante para vestuário	Em utilização	Itália
	Recipientes biodegradáveis	Em estudo	EUA
	Biocombustível (estilha, pellets e briquetes) juntamente com podas de vinha, olival e subprodutos agropecuária	Em estudo	Portugal
	Biomateriais	Em utilização	Itália
	Alcool para combustível	Em utilização	Espanha
Borras	Aguardente vitícola	Em utilização	Portugal
	Ácido tartárico	Em utilização	Portugal, Espanha
	Tartarato de Cálcio	Em utilização	Portugal, Espanha
	Óleos essenciais	Em utilização	Espanha
	Efluentes	Antocianinas (corante natural para alimentação) e polifenóis (alimentação humana e animal)	Em utilização

Figura 21 - Valorização de Subprodutos e Resíduos

Fonte: Alentejo Circular

Um exemplo da aplicação da Economia Circular em vinicultura no Alentejo é o vinho da marca Esporão, fundado em 1973 (CVRA, 2022), que foi destacado por vários prémios de sustentabilidade, inclusive, o “Prémio Inovação/Investigação 2017” tanto pelo seu desempenho na agricultura biológica e construção sustentável, como pela aplicação da Economia Circular (Cardoso & Quelhas, 2014).

É possível observar no Alentejo, a partilha de instalações e recursos entre as indústrias do azeite e do vinho, resultando na redução de custos e na promoção da competitividade de ambas (Bruno Magalhães et al. 2017). Assim, estas indústrias partilham não só as áreas sociais e a gestão de resíduos, como também os escritórios,

armazéns, laboratórios e equipamentos (Bruno Magalhães et al. 2017). Além do mais, o caroço da azeitona destina-se ao aquecimento das águas utilizadas na adega e é produzido composto orgânico com as podas das videiras e oliveiras, engaços e lamas de ETAR, resultando num corretivo orgânico do solo agrícola do olival e da vinha (Bruno Magalhães et al. 2017).

5.3. Caso internacional de Cadeia de Abastecimento Circular

De modo a analisar um caso com a aplicação da Economia Circular fora de Portugal, recorreu-se ao site Gartner para retirar o Top 25 de Cadeias de Abastecimento do ano de 2021, onde se encontrava a empresa Cisco Systems, em primeiro lugar.

Deste modo, a empresa Cisco, fundada em 1984, desenvolve e produz equipamentos para interligar redes de computadores, como *routers* e *switches*, especializada em cibersegurança e *internet das coisas* (*internet of things* -IoT) (Porto Editora - Infopedia, 2022).

Em janeiro de 2018, no fórum World Economic, o presidente-executivo da Cisco e outros executivos, assinaram um acordo de modo a comprometerem-se à devolução de todos os produtos (Cisco, 2022). Assim, foi desenvolvido um programa, *Product Takeback and Reuse*, onde os consumidores da Cisco devolveriam o seu *hardware* no fim do seu tempo de vida, de forma gratuita (Cisco, 2022). Resultando na reutilização e reciclagem de 99.6% dos produtos que são devolvidos à empresa (Cisco, 2022). No entanto, é de salvaguardar que, a reutilização é o foco principal da empresa, caso não seja possível remanufaturar, restaurar ou reparar, os produtos são reciclados (Cisco, 2022).

Ellen MacArthur Foundation (EMF) foi fundada pela Cisco e por outras empresas que tem como foco a aplicação da Economia Circular, além desta, a empresa também participa em muitas outras iniciativas e organizações relacionadas com a Economia Circular (Cisco, 2022).

A Cisco apresenta diversos objetivos a nível da sustentabilidade, tais como, alcançar emissões a zero até 2040, desenvolver produtos e embalagens que estejam de acordo com os princípios circulares até 2025, reduzir 30% das emissões das cadeias de abastecimento até 2030, reduzir a taxa de desvio de resíduos até zero de 70% dos fornecedores de componentes e fabricação da Cisco, melhorar a eficiência da embalagem de cubo em 50% até 2025 e, por último, reduzir a quantidade de espuma utilizada na embalagem em 75% até 2025 (Cisco, 2022).

O programa de Economia Circular da Cisco foca-se em diversas áreas, nomeadamente, o *design* circular, as operações circulares, o consumo circular, as soluções circulares, e por fim, a liderança do ecossistema (Cisco, 2022). No que toca ao *design*, este remete-nos para a criação de um que permita a aplicação de práticas circulares, ou seja, reutilização, reparação, reciclagem e a eficiência dos recursos (Cisco, 2022). Posteriormente, as operações, não só remetem para a redução do consumo, mas também para o uso de recursos renováveis na cadeia de valor (Cisco, 2022). O consumo circular permite que o equipamento dure por diversos ciclos de vida e também que ocorra alterações a nível do modelo de negócio de modo a apoiar esta estratégia (Cisco, 2022). Nas

soluções circulares, trata-se de soluções e serviços tecnológicos que criam valor para os consumidores (Cisco, 2022). Para além destes, a liderança do ecossistema, defende que através da inovação industrial, da colaboração e das políticas públicas é possível desenvolver a Economia Circular (Cisco, 2022).

O *design* circular da Cisco remete-nos para produtos e sistemas que apresentem um *design* que permita a reutilização, a redução do impacto ambiental, promoção da inovação e criação de valor (Cisco, 2022). Deste modo, existem cinco princípios que a empresa segue, mais concretamente, o uso de materiais reciclados nos produtos, de modo a reduzir os materiais não renováveis tendo em conta a escassez dos mesmos (Cisco, 2022). Para além disto, a padronização e modularização de componentes para simplificar a cadeia de abastecimento e permitir as práticas circulares de reutilização, reparação, remanufatura e reciclagem (Cisco, 2022). Em relação às embalagens e acessórios, são utilizados materiais reciclados e renováveis, reduzindo a quantidade de espuma e plástico e aumentando a sua eficiência (Cisco, 2022). O consumo de energia inteligente permite uma melhor eficiência energética dos produtos, e por último, na desmontagem, reparação e reutilização, são utilizados produtos com componentes que facilitem as práticas circulares de reutilização, reparação, remanufatura e reciclagem, resultando num maior tempo de vida útil dos produtos (Cisco, 2022).

No que toca à embalagem, a Cisco utiliza, no mínimo, 25% de material reciclado e são compostos por único tipo de material ou por vários, que sejam simples de separar para a reciclagem (Cisco, 2022). No entanto, a Cisco não recupera as embalagens vazias dos consumidores, uma vez que, o mesmo traria impactos ambientais desnecessários e, assim, a empresa encontra-se a explorar novas alternativas (Cisco, 2022). A empresa foca-se em determinados aspetos, tais como, a otimização do material e do espaço da embalagem, a utilização de materiais reciclados e, por fim, a elaboração de um *design* que permita uma solução para grandes volumes de produtos em que se utilize menos quantidade de material total (Cisco, 2022).

Assim, após a apresentação de como a Economia Circular é aplicada na Cisco, o subcapítulo 5.4 irá abordar as conclusões do presente capítulo 5.

5.4. Conclusões do capítulo

Primeiramente, o setor florestal ocupa um terço do território português, e isto faz com que seja de interesse económico investir na exploração da biomassa deste setor, que pode ser utilizada como energia e fonte de material. Por outro lado, em relação ao setor agrícola, este é um dos principais responsáveis pelo consumo global de água e energia e, através de tecnologias, conseguiu desenvolver um maior foco no consumidor e uma cadeia de abastecimento mais sustentável.

Para além disso, os principais fatores que contribuem para a perda de alimentos são as infraestruturas não adequadas, os fatores tanto climáticos, como ambientais e, por fim, os *standards* de segurança e qualidade.

A Economia Circular, reduz a quantidade de resíduos criados, prolonga o tempo de vida útil dos materiais e promove a regeneração dos sistemas naturais. Assim, ao conjugar esta com a Indústria 4.0, no setor agrícola, é possível ter uma maior visibilidade, rastreamento e confiança entre os diferentes *stakeholders*. No entanto, esta junção apresenta elevados custos para a empresa, devido à falta de tecnologia, às políticas governamentais incorretas e à falta de consciencialização dos agricultores (Kumar et al., 2021).

A partilha de instalações e recursos, graças à Simbiose Industrial, resulta na redução de custos e na promoção da competitividade. Assim, as indústrias podem partilhar não só as áreas sociais e a gestão de resíduos, como também áreas de trabalho e equipamentos. Como exemplo, temos o caso do Alentejo Circular.

Ainda, torna-se essencial desenvolver um programa, onde os consumidores possam devolver o produto no fim do seu tempo de vida, de forma gratuita, permitindo a reutilização e reciclagem. No caso da Cisco, são reutilizados e reciclados 99.6% dos produtos que são devolvidos à empresa.

Uma cadeia de abastecimento deve seguir cinco princípios, nomeadamente, o uso de materiais reciclados nos produtos, de modo a reduzir a utilização dos materiais não renováveis; a padronização e modularização de componentes para simplificar a cadeia de abastecimento e permitir as práticas circulares de reutilização, reparação, remanufactura e reciclagem; as embalagens e acessórios, devem ser compostos por materiais reciclados e renováveis, reduzindo a quantidade de espuma e plástico e aumentando a sua eficiência; a utilização do consumo de energia inteligente, uma vez que, permite uma melhor eficiência energética dos produtos; na desmontagem, reparação e reutilização, devem ser utilizados produtos com componentes que facilitem as práticas circulares de reutilização, reparação, remanufactura e reciclagem, resultando num maior tempo de vida útil dos produtos. Como exemplo desta aplicação, temos a Cisco (2022).

No próximo capítulo 6, irá ser apresentado *frameworks* desenvolvidas que permitem auxiliar na gestão da cadeia de abastecimento circular, com o objetivo de colmatar os problemas desta temática. Isto porque, o maior desafio neste trabalho, é a falta de informação disponível e a pouca exploração da EC nas cadeias de abastecimento. No mesmo capítulo, será apresentado as recomendações do trabalho.

6. Metodologia e recomendações

No presente capítulo do trabalho, irão ser apresentadas ferramentas desenvolvidas pelo autor, com o objetivo de analisar de forma mais aprofundada determinados assuntos referidos ao longo da revisão de literatura, resultando em ferramentas de auxílio na compreensão e aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento.

Foi desenvolvido um mapa conceptual que engloba os conceitos mais fulcrais do trabalho desenvolvido. Isto permitiu a criação de uma ferramenta que demonstra como o trabalho se liga como um todo, facilitando assim a compreensão da temática e da importância de cada componente explorado e como é que estes se relacionam

entre si. Desta forma, faculta ao leitor uma visão geral do trabalho elaborado ao longo da presente Dissertação, resultando numa ferramenta que demonstra quais os conceitos e práticas de maior relevo e, como estes são desenvolvidos, e se relacionam entre si. O subcapítulo 6.1., foi elaborado de forma a dar a auxiliar no facto de se tratar de uma temática muito extensa, mas ainda não devidamente explorada, colmatando a problemática de não existir uma diferenciação muito definida entre conceitos.

Para além da ferramenta referida acima, foi desenvolvido no subcapítulo 6.2., uma matriz de *stakeholders*, onde, após se realizar o levantamento dos *stakeholders* das Cadeias de Abastecimento Circulares, procedeu-se à colocação dos mesmos numa matriz que avalia o Poder VS Interesse dos *stakeholders*. Assim, e de forma a aprofundar a análise é apresentada uma tabela que os avalia de forma primária/secundária e interno/externo. Trata-se de uma ferramenta importante, uma vez que, resulta numa visão geral de quais são os indivíduos mais importantes ao aderir à Economia Circular numa cadeia de abastecimento, e analisa não só de que forma estes influenciam a Cadeia de Abastecimento Circular, como também observa de que forma os *stakeholders* são influenciados por esta. Assim, isto permite compreender qual a melhor forma de proceder na gestão da cadeia de abastecimento, garantindo assim, que os interesses dos *stakeholders* principais estão a ser tidos em consideração. Neste subcapítulo 6.2., foram desenvolvidas estas *frameworks*, uma vez que, trata-se de um potenciador da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, onde a literatura mostrou-se ser pouco explorada.

Por último, foi construída uma ferramenta que se foca a dar uma perspetiva geral dos mecanismos potenciadores e dos desafios que possam decorrer ao desenvolver uma Cadeia de Abastecimento Circular. Desta forma, estamos perante as ferramentas que permitem aderir com sucesso à Economia Circular, como é o caso do modelo de negócio circular, o desenvolvimento de uma Cadeia de Abastecimento Simbiótica e ao auxiliar a adesão com a Simbiose Industrial e a Indústria 4.0. Para entender quais são os desafios que possam estar presentes, e para facilitar na mitigação e prevenção dos problemas, parte da ferramenta desenvolvida é composta pelos riscos, incertezas e os desafios da perspetiva económica. Este subcapítulo 6.3. foi desenvolvido para relacionar os pontos principais da gestão da Cadeia de Abastecimento Circular, relacionando as áreas previamente mencionadas, isto porque, a literatura da aplicação das práticas circulares numa cadeia de abastecimento mostrou-se ser escassa, focando-se mais num modo conceptual, e não de que forma a Economia Circular deve ser aplicada e que medidas utilizar para que a adesão ocorra com sucesso.

No subcapítulo 6.4, procede-se à apresentação das recomendações.

6.1. Mapa conceptual

De modo a dar uma visão geral e mais simplificada da revisão de literatura do trabalho, foi desenvolvido um mapa de conceitos (figura 22), que engloba os pontos principais da Dissertação e demonstra como estes se relacionam. Assim, a cada ligação está associada um número e a este corresponde um trabalho da listagem que

está presente na tabela 14. Assim, cada número indica-nos que trabalho justifica a relação apresentada no mapa de conceitos.

Tabela 14 - Índice de trabalhos da figura 22

Fonte: Autor

1	(Hussain & Malik, 2020)
2	(Batista et al., 2018)
3	(Govindan & Hasanagic, 2018)
4	(Rincón-Moreno et al., 2021)
5	(Geissdoerfer et al., 2020)
6	(Suzanne et al., 2020)
7	(Sehnem et al., 2019)
8	(Ying & Li-jun, 2012)
9	(Turken & Geda, 2020)
10	(Rosado & Kalmykova, 2019)
11	(Gábor Herczeg et al., 2018)
12	(Galvão et al., 2020)
13	(Eisenreich et al., 2021b)
14	(Eisenreich et al., 2021a)
15	(Dantas et al., 2021)
16	(Bruno Magalhães et al. 2017)
17	(Cisco, 2022)

O mapa de conceitos foi desenvolvido com o objetivo de colmatar o problema de se tratar de uma temática composta por uma grande variedade de conceitos, que não estão bem definidos e não estão devidamente distintos entre si. Desta forma, o mapa conceptual é composto pelos conceitos principais e mostra de que modo os mesmos se relacionam, facilitando assim a compreensão da temática e da importância de cada componente explorado. Sendo de salvaguardar que a sigla CA, presente na imagem 22, significa Cadeia de Abastecimento.

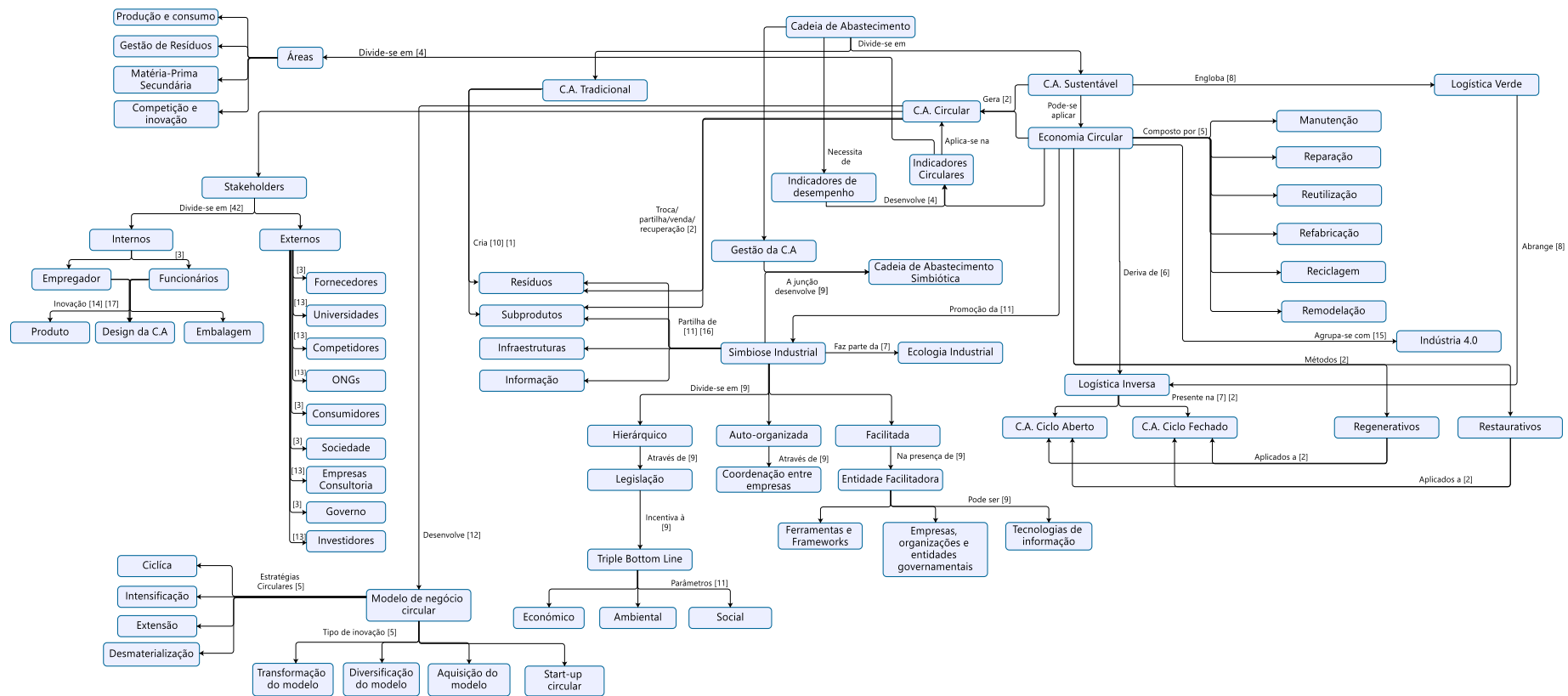


Figura 22 - Mapa conceptual

Fonte: Autor

6.2. Matriz de poder VS Interesse dos *stakeholders*

De modo a desenvolver uma matriz de *stakeholders*, é necessário identificar os *stakeholders*, entender qual o seu poder e interesse e, mediante isto, posicionar os mesmos na matriz. Assim, primeiramente, irá ser realizado um levantamento de quais serão os possíveis *stakeholders* em questão. Os autores Govindan e Hasanagic (2018) referiram no seu trabalho os seguintes *stakeholders*, os consumidores, a empresa, o governo, a sociedade e os fornecedores. Para além destes, os autores Eisenreich, Füller, e Stuchtey (2021b) mencionaram no seu trabalho os seguintes *stakeholders*, universidades, ONGs e empresas de consultoria. Ainda é de referir que, no caso do estudo realizado pelos autores Bellantuono, Pontrandolfo, e Scozzi (2016), estes apresentaram como *stakeholders*, clientes, investidores/*shareholders*, funcionários e empregadores, governo, competidores, meios de comunicação, fornecedores e os parceiros de negócios. Na tabela 15 é possível observar o levantamento de *stakeholders*.

Tabela 15 - Levantamentos da lista de *Stakeholders*

Fonte: Autor

	Bellantuono, Pontrandolfo, e Scozzi (2016)	Govindan e Hasanagic (2018)	Eisenreich, Füller, e Stuchtey (2021b)
Consumidores	X	X	X
Fornecedores	X	X	X
Empregadores	X	X	
Funcionários	X	X	X
Governo	X	X	
Sociedade		X	
ONGs			X
Investidores	X		
Empresas Consultoria			X
Competidores	X		
Meios de comunicação	X		
Parceiros de negócio	X		
Universidades			X

Deste modo, com o auxílio da informação que está de seguida apresentada foi possível destinar os *stakeholders* aos seus respetivos quadrantes da matriz de *Stakeholder* desenvolvida na figura 23.

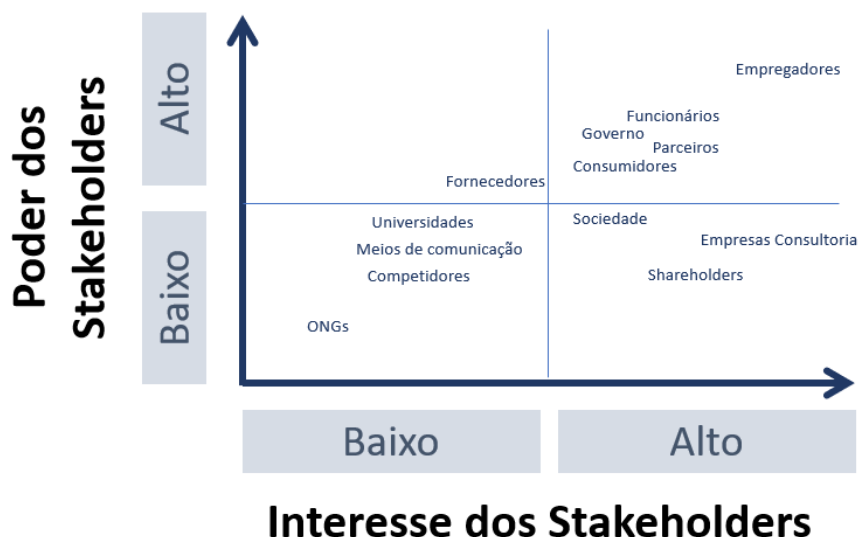


Figura 23 - Posicionamento de Stakeholders mediante Poder VS Interesse

Fonte: Autor

Primeiramente, no que toca à empresa, esta apresenta não só um poder, como também um interesse elevado. Quanto ao interesse, uns dos objetivos das empresas passa por crescer economicamente e melhorar a sua eficiência no uso de energia e materiais, e isto dependerá da sua adesão às práticas circulares, o que demonstra que a mesma apresenta um elevado poder de decisão na aplicação ou não da Economia Circular. Assim, ao dividir a empresa em empregador e funcionários, pode-se presumir que o empregador apresentará tanto um interesse, como um poder mais elevado que os restantes funcionários.

Em relação aos consumidores, estes encontram-se também no quadrante superior direito. Isto deve-se ao seu elevado poder no modo como o consumidor vê os componentes reutilizados, caso estes não sejam bem percecionados, torna-se difícil a que aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento seja um sucesso. No entanto, os consumidores apresentam interesse nas práticas circulares devido à consciencialização ambiental que tem vindo a crescer ao longo dos anos.

Os fornecedores possuem um interesse e um poder mediano, isto porque o seu interesse está ligado à criação de emprego e ao crescimento económico. Para além disto, o seu poder está presente na sua vontade de aderir às metodologias circulares, e este é mediano, uma vez que se trata de uma área nova que não só ainda traz incertezas, como também está ligada a investimentos elevados.

A sociedade encontra-se com um interesse com um valor acima e um poder com um valor abaixo do valor médio. Isto porque a sociedade tem o poder de tornar a Economia Circular num método mais atrativo para os fornecedores e para os consumidores finais, resultando na mudança das práticas da sociedade, para um modo mais circular. A sociedade também apresenta interesse não só na saúde pública e animal, como também nas

alterações climáticas, tornando a aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, uma maneira de ajudar a solucionar estes problemas.

Em relação aos meios de comunicação, estes possuem a capacidade de tornar a Economia Circular mais atrativa e, assim, incentivar os consumidores e fornecedores a utilizar práticas circulares e a contribuir para o sucesso na aplicação nas cadeias de abastecimento. Tal como o autor Hamam et al., (2021) afirmou, de forma a haver comportamentos mais sustentáveis, é necessário que ocorra a colaboração entre os diferentes *stakeholders*. Assim, é através dos meios de comunicação, que se torna mais fácil alcançar o maior número de *stakeholders* e incentivar os mesmos a aderir às práticas circulares.

Os *Shareholders*/Investidores, apresentam um papel relevante na implementação da Economia Circular, uma vez que a aplicação da mesma nas cadeias de abastecimento está associada a elevados investimentos monetários.

Ainda, no que toca aos parceiros, estes são fundamentais no desenvolvimento de redes de Simbiose Industrial. A troca de materiais, água e fluxos de energia entre parceiros industriais permite uma relação industrial simbiótica eficaz, permitindo uma diminuição na utilização de recursos e no impacto ambiental (Hussain & Malik, 2020).

O governo apresenta um interesse e poder elevado, uma vez que, o mesmo permite o estabelecimento de leis e políticas que favorecem a aplicação da Economia Circular, tornando-se também possível a criação de uma infraestrutura sustentável nas cadeias de abastecimento. Para além disto, a Economia Circular é uma forma do governo proteger as gerações futuras da degradação ambiental presente nos dias de hoje.

Para além disto, no que toca aos competidores, existem autores que observaram no seu estudo que, o processo de tornar uma cadeia de abastecimento sustentável é visto como uma oportunidade de obter vantagem competitiva, assim, estes *stakeholders* foram posicionados no quadrante inferior esquerdo (Genovese et al., 2017).

Os autores Eisenreich, Füller, e Stuchtey (2021b) referiram no seu trabalho que, a colaboração com ONGs pode ser complicada na medida em que, o trabalho desenvolvido pelas mesmas geralmente é mais lento uma vez que não conseguem apresentar contribuições de valor nesta temática. No entanto, poderá dar auxílio no que toca à compreensão das necessidades do mercado, ao dar conhecimento de uma experiência mais ampla da Economia Circular, entre outros. Um exemplo destes *stakeholders* seria Ellen MacArthur Foundation.

Por fim, os mesmos autores, Eisenreich, Füller, e Stuchtey (2021b), no que toca às universidades e às empresas de consultoria, referem que estas permitem dar conhecimento e/ou formação da área da Economia Circular aplicada às cadeias de abastecimento, daí que o seu poder seja similar. No entanto, o interesse das empresas de consultoria é superior uma vez que estes são incluídos no quadrante dos *stakeholders* que são mantidos informados.

Para além disto, foi elaborada uma tabela (tabela 16) com todos os *stakeholders* previamente mencionados, onde se analisa se os mesmos são primários ou secundários e internos ou externos. A definição de *stakeholder* remete-nos para qualquer indivíduo ou conjunto de indivíduos que podem ser afetados pelo alcance dos

objetivos propostos, dividindo-se em primários e secundários (Eisenreich et al., 2021b). Os primários estão relacionados com a criação de valor e são vitais para a empresa, ao contrário dos secundários que tem interesse nas ações da empresa e tem poder de persuasão nos *stakeholders* primários, no entanto, os mesmos não são considerados vitais para a empresa e a sua importância está dependente da natureza da empresa em questão (Eisenreich et al., 2021b). Os autores Bellantuono et al. (2016) e Eisenreich et al. (2021b) considera como *stakeholders* principais, os consumidores, fornecedores, funcionários, empregadores e investidores/*shareholders*. Desta forma, os restantes em análise serão considerados *stakeholders* secundários.

O autor Eisenreich et al. (2021b) considerou no seu trabalho, os *stakeholders* internos correspondem aos que pertencem à empresa/cadeia de abastecimento. Desta forma, estes são os funcionários e os empregadores. Os restantes, serão considerados externos.

Tabela 16 - Tabela de análise de Stakeholders

Fonte: Autor

Stakeholders	Primário VS Secundário	Interno VS Externo
Consumidores	Primário	Externo
Empregadores	Primário	Interno
Fornecedores	Primário	Externo
Funcionários	Primário	Interno
Governo	Secundário	Externo
Sociedade	Secundário	Externo
Shareholders	Primário	Externo
Empresas Consultoria	Secundário	Externo
Universidades	Secundário	Externo
Competidores	Secundário	Externo
ONGs	Secundário	Externo
Meios de Comunicação	Secundário	Externo
Parceiros	Secundário	Externo

6.3. Potenciadores e desafios da Cadeia de Abastecimento Circular

A mudança de um modelo linear para um circular, com a aplicação da Economia Circular, faculta às cadeias de abastecimento uma maneira de se focarem no desenvolvimento económico, evitando que o mesmo gere impactos negativos no meio ambiente. Assim, uma Cadeia de Abastecimento Circular remete-nos para a criação de valor através de produtos/serviços, subprodutos e fluxos de resíduos úteis ao longo de ciclos de vida mais

duradouros que promovam a sustentabilidade ambiental, económica e social (Batista et al., 2018). Na figura 24 pode-se analisar as medidas potenciadoras e os desafios de desenvolver uma Cadeia de Abastecimento Circular.



Figura 25 - Cadeia de Abastecimento Circular

Fonte: Autor

A aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento está associada tanto a potenciadores, como a desafios na adesão a estas práticas. Na imagem 24 é possível observar do lado esquerdo os potenciadores da Cadeia de Abastecimento Circular, destacando determinadas práticas, como a adesão da cadeia à Economia Circular, em conjunto com a Simbiose Industrial e a Indústria 4.0. Por sua vez, dá-se a melhoria do desempenho tanto a nível ambiental, como social e económico, devido às redes simbióticas desenvolvidas e à aplicação da I4.0, que auxilia no desenvolvimento de ferramentas mais inovadoras e sustentáveis (Khan et al., 2021) (Hussain & Malik, 2020).

Para além disto, outro potenciador que foi destacado foi a utilização de um modelo de negócio circular, que permite fechar, desmaterializar, intensificar e estreitar o ciclo de materiais (Galvão et al., 2020). O modelo de negócio remete-nos para a forma como se cria e captura valor e assim, ao aplicar a Economia Circular, dá-se a criação de valor através dos *stakeholders* e como estes interagem, existindo a possibilidade de serem auxiliados pelo desenvolvimento tecnológico da Indústria 4.0.

Tal como já foi previamente mencionado, a Simbiose Industrial é um potenciador na adesão à Economia Circular. Assim, uma Cadeia de Abastecimento Simbiótica, tem como foco o acréscimo de valor, alcançando a satisfação do cliente e maximizando o lucro, tendo também como objetivo a minimização da criação de resíduos descartáveis e a melhoria da eficiência dos recursos (Turken & Geda, 2020).

No que toca ao lado direito da figura, esta remete-nos para os desafios de uma Cadeia de Abastecimento Circular. Assim, em relação aos riscos associados à aplicação da Simbiose Industrial nesta cadeia, estamos perante a necessidade da exposição e partilha de informação e de planos táticos (por exemplo, níveis de inventários) entre cadeias de abastecimento (Gábor Herczeg et al., 2018). Sendo de salvaguardar que, numa situação em que não haja uma partilha igualada de informação e existe falta de segurança no que toca à confidencialidade das empresas, torna-se difícil aplicar as estratégias circulares (Rossi et al., 2020).

Outros riscos são a possibilidade de desistência ou deslocação tanto de fornecedores, como de clientes e a possibilidade de existirem alterações nas características dos subprodutos ou resíduos de um fornecedor simbiótico (Gábor Herczeg et al., 2018). Este último, está associado a incerteza, na medida em que, a qualidade e quantidade de subprodutos e resíduos não é algo que esteja assegurado, uma vez que, são materiais resultantes do processo de produção (Turken & Geda, 2020). Este problema poderá ser mitigado ao utilizar diferentes compradores e fornecedores simbióticos (Gábor Herczeg et al., 2018).

Ainda, numa perspetiva económica dos desafios, estamos perante investimentos elevados devido à necessidade de alterar o projeto (*design*) da cadeia de abastecimento, adquirir tecnologia mais sustentável e da existência de custos de tratamento, armazenamento e distribuição dos subprodutos e resíduos (Gábor Herczeg et al., 2018). Uma forma de contornar este problema por exemplo, seria através de incentivos económicos, contudo ainda não há muitas opções para serem exploradas nesta situação.

Em suma, sendo uma temática ainda pouco explorada, esta ferramenta permite entender como auxiliar na adesão à Economia Circular, tendo em atenção que desafios poderão estar presentes na gestão de uma Cadeia de Abastecimento Circular. A ferramenta facilita o leitor a entender que práticas deve desenvolver e que modelos devem ser implementados, abordando que problemas possam estar associados a estas práticas circulares. Ao ter conhecimento dos desafios, existe uma maior facilidade na preparação de como prevenir as dificuldades mencionadas.

No próximo subcapítulo 6.4., serão apresentadas as recomendações retiradas ao longo do presente trabalho. Desta forma, será possível compreender quais são as medidas mais importantes na gestão de uma Cadeia de Abastecimento Circular e que pontos são necessários ter em consideração na implementação da Economia Circular.

6.4. Recomendações

Neste subcapítulo do trabalho irá ser apresentado recomendações que foram desenvolvidas e retiradas ao longo da elaboração da presente dissertação. Permitindo desta forma, a exposição de certos aspetos que Portugal poderia melhorar em relação à implementação da Economia Circular e da Simbiose Industrial.

Primeiramente, devido à falta de conhecimento no que toca à Economia Circular e à aplicação da mesma nas cadeias de abastecimento, torna-se fulcral que haja a partilha de informação não só entre empresas, mas também com as entidades governamentais e regulamentadoras, de forma a facilitar a adesão às práticas. Por exemplo, o autor Neves et al. (2019), afirmou que Portugal poderia desenvolver um plano de aplicação de Simbiose Industrial caso este utilizasse a experiência adquirida no Eco Parque Industrial do Relvão. Para além disto, o autor também concluiu que, existem muitos casos de SI em Portugal que não são reportados. Assim, Portugal não possuindo ainda nenhum plano destino à implementação da SI (Neves et al., 2019), a recomendação passaria por tentar fazer um levantamento de quais as empresas que já realizem este tipo de redes, compreender a razão de não haver a partilha de informação, e tentar fazer com que haja uma transferência de conhecimentos e colaboração no desenvolvimento de um plano oficial para a implementação da Simbiose Industrial em Portugal.

Outra forma de incentivar às práticas de Economia Circular e Simbiose Industrial em Portugal é através da legislação, ou seja, não só a tornar a adesão às práticas mais aliciante, mas também a tornar os processos mais simples, como por exemplo, no caso referido no subcapítulo 4.2., sobre a gestão de resíduos, resultando assim em mais empresas a aderir a estas redes. Para além disto, de modo a promover Simbiose Industrial do tipo facilitada, poderia existir a promoção de entidades facilitadoras para a adesão às práticas, resultando num processo mais simples para as empresas interessadas.

No que toca à localização geográfica da Simbiose Industrial, esta deve ser analisada de caso para caso, no entanto, é necessário ter em consideração que, geralmente, não é viável quando são aplicadas a longas distâncias. Uma vez que, há de ter em conta que para além de aumentar o número de possíveis parceiros e de recursos, também há uma diminuição do nível de sustentabilidade dessa rede e um aumento dos custos a ela associadas, como já foi apresentado previamente no trabalho (Gábor Herczeg et al., 2018). Neste caso, a recomendação passa por analisar sempre o caso em questão, tendo em conta que as distâncias inferiores são geralmente as mais viáveis no que toca ao desenvolvimento sustentável.

Ainda, em relação aos desperdícios que ocorrem, estes podem estar associados a certos padrões e culturas da sociedade a ter em consideração, assim, de modo a colmatar estes problemas, torna-se necessário analisar os desperdícios mediante a região ou o país em causa. Isto porque, pelo autor Hamam et al., (2021), é necessário que ocorra uma colaboração entre os diferentes *stakeholders* de modo a resultar em comportamentos mais sustentáveis, tanto a nível corporativo, como individual.

Tal como foi defendido no presente trabalho, pelo autor Rincón-Moreno et al. (2021), a definição de ferramentas e critérios que meçam a circularidade não está delineada. Por exemplo, no caso de Portugal, é um país que exporta produtos fabricados de madeira, no entanto, estes produtos não são reciclados nem posteriormente tratados no seu país de origem (Gonçalves et al., 2021). Assim, conclui-se que os indicadores existentes se focam mais no processo de produção e, no caso descrito, a maioria dos indicadores não conseguem medir o nível de circularidade (Gonçalves et al., 2021). Assim, como recomendação, é sugerido que haja um estudo e desenvolvimento de indicadores circulares que permitam avaliar o desempenho de modo mais completo e correto, abrangendo a cadeia de abastecimento na sua totalidade.

7. Conclusão

O conceito de Economia Circular foi criado em 2010, com a criação da Fundação Ellen MacArthur, contudo, após mais de uma década, ainda se trata de um conceito pouco explorado no que toca à área da logística. Uma das conclusões que foi possível retirar deste trabalho, foi a necessidade de investigar mais sobre a temática em causa, compreendendo como a mesma pode ser aplicada às cadeias de abastecimento e de que forma esta influencia a gestão de uma cadeia de abastecimento.

A Economia Circular veio impulsionar mudanças de paradigma no que toca às cadeias de abastecimento, permitindo a passagem de um modelo tradicional e pouco sustentável, para um circular que prima pelos benefícios sociais, económicos e ambientais. Tal modelo permite não só aproveitar os subprodutos e resíduos que são criados ao longo da cadeia, como também recuperar os produtos aos consumidores quando estes alcançam o seu fim-de-vida útil. Assim, uma Cadeia de Abastecimento Circular, remete-nos para uma inovação na área da logística, que infelizmente, ainda se encontra pouco explorada, como tal é possível observar na tabela 1. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de incentivos na investigação e aprofundamento da aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, não só abordando esta temática de forma conceptual, como também numa perspetiva mais prática, resultando na elaboração de *frameworks* que auxiliem na implementação das medidas circulares.

A Cadeia de Abastecimento Circular foca-se na ausência de desperdício, através do desenvolvimento do produto/serviço, tratamento dos resíduos, subprodutos e dos produtos no seu fim de vida (Batista et al., 2018). Tratando-se de um sistema restaurativo e regenerativo, esta permite que os ciclos de vida dos produtos sejam mais longos, promovendo, a sustentabilidade ambiental, económica e social (Hussain & Malik, 2020).

De forma a possibilitar uma adesão facilitada às práticas da Economia Circular e da Simbiose Industrial nas cadeias de abastecimento em Portugal, tal como Neves et al. (2019) defendeu, é necessário reduzir as taxas fiscais para as empresas com práticas sustentáveis, criar fundos para aumentar a quantidade de redes de SI e divulgar as práticas das empresas que já estão inseridas neste novo paradigma. Para além disto, é recomendado que, se dê a criação de políticas e estratégias para incentivar o desenvolvimento sustentável e apoiar as empresas na SI, simplificar a lei em relação à classificação dos subprodutos e aumentar as taxas de eliminação de resíduos. O autor Neves et al. (2019), ainda referiu no seu trabalho que uma das lacunas em Portugal é o facto de existirem mais redes de Simbiose Industrial do que aquelas que são reportadas. É de extrema importância haver a partilha de informação e experiência entre empresas de modo que seja possível disseminar os comportamentos circulares e simbióticos de forma mais simples e correta. Deste modo, Portugal conseguirá desenvolver um programa de implementação de Simbiose Industrial.

Para além disto, a aplicação da Economia Circular e da Simbiose Industrial está ligada aos hábitos de consumo de cada sociedade (Hamam et al., 2021), assim, torna-se necessário cada país analisar as suas necessidades e criar ferramentas de apoio à adesão das práticas circulares. Deste modo, apesar de Portugal ter a necessidade

de ter em consideração a experiência de outros países, torna-se fulcral integrar os hábitos dos consumos dos portugueses no desenvolvimento dos seus modelos de adesão para as empresas.

Em relação à indústria 4.0, esta permite alterar o projeto (*design*) das cadeias de abastecimento, focando-se no desenvolvimento sustentável. Desta forma, o setor logístico sofreu uma grande mudança graças ao desenvolvimento da I4.0, uma vez que, resultou na alteração dos modelos de negócio e na implementação de novas tecnologias nas cadeias de abastecimento (Kumar et al., 2021). Contudo, a evolução tecnológica causa impactos negativos não só no meio ambiente, devido à utilização de centros de informação e de equipamento tecnológico, que necessitam de uma grande quantidade de energia e de recursos (Sharma et al., 2021), como também no mercado de trabalho, dado que se torna necessário dispensar os colaboradores dos postos de trabalho mais antigos (Dantas et al., 2021). Assim, deverá ser posteriormente investigado, de que forma é possível mitigar esta dificuldade presente numa Cadeia de Abastecimento Circular, resultando no desenvolvimento sustentável a nível ambiental, social e económico.

Através do caso da aplicação da Economia Circular na Cisco (Cisco, 2022), foi possível concluir que uma Cadeia de Abastecimento Circular deve ter em conta cinco princípios, nomeadamente, utilizar materiais reciclados nos produtos; a padronização e modularização de componentes para simplificar a cadeia de abastecimento e permitir a utilização das práticas circulares; utilizar materiais reciclados e renováveis nas embalagens e acessórios; melhorar a eficiência energética dos produtos através do consumo inteligente de energia; utilizar produtos com componentes que facilitem as práticas circulares na desmontagem, reparação e reutilização, resultando num maior tempo de vida útil dos produtos.

Ao longo do trabalho, foi possível constatar que as cadeias de abastecimento conseguem estar fortemente relacionadas com a Economia Circular, primando pelo desenvolvimento económico, contudo, tendo em conta como este pode afetar o meio ambiente e analisando de que forma, é possível colmatar os problemas que possam sugerir. No entanto, é de salvaguardar que, as problemáticas desta área não são só a falta de informação e investigação sobre a Economia Circular aplicada às cadeias de abastecimento, como também é, o facto dos trabalhos de investigação realizados focarem-se mais numa abordagem conceptual, não abordado como aplicar estas práticas nas cadeias de abastecimento. Assim, a presente Dissertação foi desenvolvida de modo a ser uma ferramenta de auxílio na compreensão e análise da aplicação da Economia Circular nas cadeias de abastecimento, analisando quais os desafios e oportunidades que estas enfrentam na sua gestão.

Bibliografia

- Associação Portuguesa do Ambiente. (2021a). *Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)*.
<https://apambiente.pt/clima/comercio-europeu-de-licencas-de-emissao-cele> (Acedido em 17-04-2022)
- Associação Portuguesa do Ambiente. (2021b). *Protocolo de Quioto*. <https://apambiente.pt/clima/protocolo-de-quioto> (Acedido em 17-04-2022)
- Batista, L., Bourlakis, M., Smart, P., & Maull, R. (2018). In search of a circular supply chain archetype—a content-analysis-based literature review. *Production Planning and Control*, 29(6), 438–451.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1343502>
- Bellantuono, N., Pontrandolfo, P., & Scozzi, B. (2016). Capturing the stakeholders' view in sustainability reporting: A novel approach. *Sustainability (Switzerland)*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/su8040379>
- Bruno Magalhães, E., Vasco Fitas da Cruz, U. de É., & Cristina Ascenço, I. (2017). *E2. RELATÓRIO DE BOAS PRÁTICAS DE UTILIZAÇÃO EFICIENTE DE RECURSOS E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS E SUBPRODUTOS*. 80.
- BSCD Portugal. (2020). *Caso de Estudo: ECONOMIA CIRCULAR - Aplicar os princípios de economia circular na Corticeira Amorim*.
- Cardoso, C., & Quelhas, V. (2014). Portugal Global. *Portugal global*, 12–23.
- Carvalho, N. (2019). *O que é Stakeholders: significado, identificação e priorização*.
<https://ninocarvalho.com/blog/stakeholders-significado-identificacao-priorizacao/> (Acedido em 15-05-2022)
- Ciliberto, C., Szopik-Depczyńska, K., Tarczyńska-Łuniewska, M., Ruggieri, A., & Ioppolo, G. (2021). Enabling the Circular Economy transition: a sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3255–3272. <https://doi.org/10.1002/bse.2801>
- Cisco. (2022). *Circular Economy*. https://www.cisco.com/c/m/en_us/about/csr/esg-hub/environment/circular-economy.html#circular-design (Acedido em 18-03-2022)
- Comissão Europeia. (2022). *Pacto Ecológico Europeu*. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt
- Corticeira Amorim. (2022). <https://www.amorim.com/pt/corticeira-amorim/sobre-nos/> (Acedido em 18-03-2022)
- Cradle to Cradle. (2020). C2C Platform. <https://www.c2cplatform.tw/en/c2c.php?Key=1> (Acedido em 10-05-2022)
- CVRA. (2022). *Vinhos do Alentejo*. <https://www.vinhosdoalentejo.pt/pt/produtores/esporea/> (Acedido em 18-03-2022)

- Dantas, T. E. T., de-Souza, E. D., Destro, I. R., Hammes, G., Rodriguez, C. M. T., & Soares, S. R. (2021). How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 213–227. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>
- Eisenreich, A., Füller, J., & Stuchtey, M. (2021a). Circular project selection: How companies can evaluate circular innovation projects. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22), 1–30. <https://doi.org/10.3390/su132212407>
- Eisenreich, A., Füller, J., & Stuchtey, M. (2021b). *Open Circular Innovation : How Companies Can Develop Circular Innovations in Collaboration with Stakeholders*.
- Ellen MacArthur Foundation. (sem data). *Ellen MacArthur Foundation*. Obtido 17 de Abril de 2021, de <https://ellenmacarthurfoundation.org/conteudos-em-portugues>
- Eurostat. (2022). *Generation of waste by economic activity*. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00106/default/table?lang=en> (Acedido em 16-03-2022)
- Farooque, M., Zhang, A., Thürer, M., Qu, T., & Huisingh, D. (2019). Circular supply chain management: A definition and structured literature review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 882–900. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.303>
- Fraccascia, L., & Giannoccaro, I. (2020). What, where, and how measuring industrial symbiosis: A reasoned taxonomy of relevant indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 157(December 2019), 104799. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104799>
- Galvão, G. D. A., Homrich, A. S., Geissdoerfer, M., Evans, S., Ferrer, P. S. scoleze, & Carvalho, M. M. (2020). Towards a value stream perspective of circular business models. *Resources, Conservation and Recycling*, 162(June), 105060. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105060>
- Geisendorf, S., & Pietrulla, F. (2018). The circular economy and circular economic concepts—a literature analysis and redefinition. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 771–782. <https://doi.org/10.1002/tie.21924>
- Geissdoerfer, M., Pieroni, M. P. P., Pigosso, D. C. A., & Soufani, K. (2020). Circular business models: A review. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123741. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123741>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. C. L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega (United Kingdom)*, 66, 344–357. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>

- Gonçalves, M., Freire, F., & Garcia, R. (2021). Material flow analysis of forest biomass in Portugal to support a circular bioeconomy. *Resources, Conservation and Recycling*, 169(January), 105507. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105507>
- Govindan, K., & Hasanagic, M. (2018). A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 278–311. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402141>
- Goyal, S., Esposito, M., & Kapoor, A. (2018). Circular economy business models in developing economies: Lessons from India on reduce, recycle, and reuse paradigms. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 729–740. <https://doi.org/10.1002/tie.21883>
- Hamam, M., Chinnici, G., Di Vita, G., Pappalardo, G., Pecorino, B., Maesano, G., & D’Amico, M. (2021). Circular economy models in agro-food systems: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13063453>
- Hapuwatte, B. M., & Jawahir, I. S. (2021). Closed-loop sustainable product design for circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 25(6), 1430–1446. <https://doi.org/10.1111/jiec.13154>
- Herczeg, G. (2016). Supply Chain Management in Industrial Symbiosis Networks. *Downloaded from orbit.dtu.dk on: mei, 12, 2018*. <https://orbit.dtu.dk/en/publications/supply-chain-management-in-industrial-symbiosis-networks>
- Herczeg, Gábor, Akkerman, R., & Hauschild, M. Z. (2018). Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1058–1067. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.046>
- Hick, D., Urban, A., & Noennig, J. R. (2017). How to Design the Internet of Buildings? An Agile Design Process for Making the Good City. *Tecnoscienza-Italian Journal of Science & Technology Studies*, 8(2), 105–128.
- Hussain, M., & Malik, M. (2020). Organizational enablers for circular economy in the context of sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 256. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120375>
- IAPMEI. (2005). *O Modelo de Negócio*. 1–2. https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Empreendedorismo-Inovacao/Empreendedorismo/Documentos-Financiamento/O-Modelo-de-Negocio_CF_01-03-2016.aspx
- Khan, I. S., Ahmad, M. O., & Majava, J. (2021). Industry 4.0 and sustainable development: A systematic mapping of triple bottom line, Circular Economy and Sustainable Business Models perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126655. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126655>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127(April), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

- Kumar, S., Raut, R. D., Nayal, K., Kraus, S., Yadav, V. S., & Narkhede, B. E. (2021). To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126023>
- Lahti, T., Wincent, J., & Parida, V. (2018). A definition and theoretical review of the circular economy, value creation, and sustainable business models: Where are we now and where should research move in the future? *Sustainability (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/su10082799>
- Masi, D., Day, S., & Godsell, J. (2017). Supply chain configurations in the circular economy: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/su9091602>
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S., & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*, 146(November 2018), 452–461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
- Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. O. (2019). Current status, emerging challenges, and future prospects of industrial symbiosis in Portugal. *Sustainability (Switzerland)*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195497>
- PBS. (2017). *A Cortiça é um paradigma da Economia Circular*. <https://www.pbs.up.pt/pt/artigos-e-eventos/artigos/a-cortica-e-um-paradigma-da-economia-circular/> (Acedido em 18-03-2022)
- Porto Editora - Infopedia. (2022). *Cisco Systems*. [https://www.infopedia.pt/\\$cisco-systems](https://www.infopedia.pt/$cisco-systems) (Acedido em 18-03-2022)
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123605>
- Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D., & Terzi, S. (2020). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1662–1687. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1680896>
- Rosado, L., & Kalmykova, Y. (2019). Combining Industrial Symbiosis with Sustainable Supply Chain Management for the Development of Urban Communities. *IEEE Engineering Management Review*, 47(2), 103–114. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2911060>
- Rossi, J., Bianchini, A., & Guarnieri, P. (2020). Circular economy model enhanced by intelligent assets from industry 4.0: The proposition of an innovative tool to analyze case studies. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/su12177147>
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542–559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>
- Salvador, R., Barros, M. V., Freire, F., Halog, A., Piekarski, C. M., & De Francisco, A. C. (2021). Circular economy

- strategies on business modelling: Identifying the greatest influences. *Journal of Cleaner Production*, 299, 126918. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126918>
- Scarpellini, S., Portillo-Tarragona, P., Aranda-Usón, A., & Llena-Macarulla, F. (2019). Definition and measurement of the circular economy's regional impact. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(13), 2211–2237. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1537974>
- Sehnm, S., Vazquez-Brust, D., Pereira, S. C. F., & Campos, L. M. S. (2019). Circular economy: benefits, impacts and overlapping. *Supply Chain Management*, 24(6), 784–804. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2018-0213>
- Sharma, M., Kamble, S., Mani, V., Sehrawat, R., Belhadi, A., & Sharma, V. (2021). Industry 4.0 adoption for sustainability in multi-tier manufacturing supply chain in emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125013>
- Silva, A. S., & Fernandes, J. P. M. (2020). Acordo de Paris 2015 - 2020. *Agência Portuguesa do Ambiente*, 36.
- Sirous, R., da Silva, F. J. N., da Cruz Tarelho, L. A., & Martins, N. A. D. (2020). Mixed biomass pelleting potential for Portugal, step forward to circular use of biomass residues. *Energy Reports*, 6, 940–945. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.01.002>
- Sudusinghe, J. I., & Seuring, S. (2022). Supply chain collaboration and sustainability performance in circular economy: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 245(September 2020), 108402. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108402>
- Suzanne, E., Absi, N., & Borodin, V. (2020). Towards circular economy in production planning: Challenges and opportunities. *European Journal of Operational Research*, 287(1), 168–190. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.043>
- Turken, N., & Geda, A. (2020). Supply chain implications of industrial symbiosis: A review and avenues for future research. *Resources, Conservation and Recycling*, 161(June), 104974. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104974>
- Velasco-Muñoz, J. F., Mendoza, J. M. F., Aznar-Sánchez, J. A., & Gallego-Schmid, A. (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 170(April). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105618>
- Yadav, G., Luthra, S., Jakhar, S. K., Mangla, S. K., & Rai, D. P. (2020). A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120112. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120112>
- Ying, J., & Li-jun, Z. (2012). Study on Green Supply Chain Management Based on Circular Economy. *Physics Procedia*, 25, 1682–1688. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.03.295>