

ISCTE  **IUL**
Instituto Universitário de Lisboa

Escola de Ciências Sociais e Humanas

Análise da utilização dos subprodutos da Indústria de Pasta, de Papel e de Cartão portuguesa, na ótica dos princípios de economia circular e da promoção da competitividade do setor.

Catarina Alexandra Paixão Reis

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Estudos de Desenvolvimento

Orientadora:

Professora Doutora Catarina Roseta Palma, Professora Associada, no Departamento de Economia
do ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Outubro de 2017

“Today, however, beyond the political ecologist view and fashionable rhetoric on sustainable development, the actual motivation for this evolution obviously lies in an increased economic competitiveness: industrial ecology is a way for corporations to better exploit their products and resources (including their waste) more efficiently, and therefore more profitably”.

Erkman, 1997:7

Resumo

O presente estudo tem como objetivo o desenvolvimento e promoção de conhecimento capaz de sensibilizar e orientar a Indústria de Pasta, de Papel e de Cartão (IPPC) portuguesa, a indústria que mais resíduos produz a nível nacional, na definição das suas estratégias de gestão de subprodutos, com o propósito de promover uma economia circular, essencial para o desenvolvimento sustentável.

As políticas atuais, a nível europeu e nacional, viabilizam uma nova análise da questão dos subprodutos, no sentido de que nem todas as utilizações seguem os princípios de economia circular, assim como nem todas são favoráveis ao desenvolvimento da competitividade do setor.

A análise deste estudo consubstanciou-se no apuramento das utilizações tecnicamente viáveis e posterior verificação dos princípios de economia circular aplicáveis, dos possíveis custos e ganhos associados e da sua aplicabilidade pelas maiores empresas europeias em comparação às nacionais.

Foi possível concluir que será interessante para a IPPC portuguesa reanalisar a sua estratégia de gestão de subprodutos, no sentido de, a nível interno, diminuir a percentagem dos que são destinados à produção de energia, por combustão e considerar, inicialmente, a extração de compostos químicos, a recuperação de energia, por via da digestão anaeróbia e a estabilização por compostagem antes de os reintegrar na biosfera, por intermédio da utilização nos solos. Os subprodutos para os quais não foi provada a viabilidade técnica deste processo devem ser valorizados externamente por outras indústrias, em particular por aquelas ligadas à produção de materiais de construção, considerando sempre a proximidade geográfica destas.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável, Economia Circular, Subprodutos, Competitividade

Abstract

This study aims to develop and promote knowledge capable of sensitizing and guiding the Portuguese Pulp and Paper Industry (PPI), the industry that produced more sectorial waste, at the national level, in defining its by-products management strategies, with the goal of promoting a circular economy, essential for sustainable development.

The current policies, at european and national level, makes possible to reanalyze the strategies for the use of by-products, in the sense that not all of them follow the principles of circular economy, as well as not all are conducive to the development of the sector's competitiveness.

The analysis of this study was based on the verification of the technically feasible uses and subsequent verification of the principles of circular economy, the possible associated costs and gains and their applicability by the major european companies as compared to the national ones.

It was possible to conclude that it will be interesting for the Portuguese PPI to reanalyze its by-products management strategy, in the sense of internally reduce the proportion of by-products destined to the production of energy by combustion and to, initially, consider the extraction of chemical compounds, the recovery of energy through anaerobic digestion and the stabilization by composting before re-entering them in the biosphere, through application in soils. By-products for which the technical feasibility of this process has not been proven, must be valued externally by other industries by those related to the production of building materials, always considering their geographical proximity.

Keywords: Sustainable Development, Circular Economy, By-products, Competitiveness

Índice

Introdução	1
Pergunta de partida	2
Pertinência da questão	3
Capítulo I	5
Enquadramento teórico-conceptual.....	5
1.1. Estudos e autores de referência	7
1.2. Escolas de pensamento mais influentes.....	12
1.3. Referências a nível da União Europeia.....	16
1.4. Referências a nível nacional.....	19
Capítulo II	23
Enquadramento legal e jurídico.....	23
2.1. A nível da União Europeia	23
2.2. A nível nacional.....	30
2.2.1 Matéria de resíduos	30
2.2.2. Matéria de resíduos setoriais.....	33
2.2.3. Matéria de subprodutos.....	34
Capítulo III	37
Análise do Setor – Indústria de pasta, de papel e cartão	37
3.1. Indicadores gerais e económicos	37
3.2. Indicadores Ambientais	44
3.2.1 Resíduos	45
Capítulo IV	51
Aplicação de subprodutos da IPPC	51
4.1. Utilizações de subprodutos.....	51

4.1.1. Valorização energética.....	51
4.1.2. Utilização no solo	52
4.1.3. Materiais de Construção	54
4.1.4. Biocombustíveis, bioquímicos e biomateriais	55
4.1.5. Outras utilizações.....	56
4.2. Práticas implementadas	57
4.2.1. A nível nacional	57
4.2.2. A nível europeu.....	60
Capítulo V	63
Análise.....	63
5.1. Utilização de subprodutos na promoção de uma economia circular	63
5.2. Utilização de subprodutos na promoção da competitividade do setor	67
5.2.1. Benefícios económicos.....	67
5.2.2. Práticas implementadas	70
Conclusão	73
Bibliografia	75
Anexos	85
Anexo I	85
Descrição pormenorizada das utilizações de subprodutos	85

Índice de figuras

Figura 1.1. Diagrama de uma Economia Circular segundo a Ellen MacArthur Foundation	7
Figura 1.2. Economia em círculos segundo Stahel e Reday-Mulvey.....	9
Figura 1.3. Diagrama de uma Economia Linear por Pearce e Turner.....	10
Figura 1.4. Diagrama de uma Economia Circular por Pearce e Turner	11
Figura 2.1. Árvore de decisão classificação de subprodutos.....	28
Figura 2.2. Ciclo ecológico de resíduos	33
Figura 3.1. Empresas por subclasse CAE em 2015.....	38
Figura 3.2. Valor acrescentado bruto (€) [2007-2015].....	39
Figura 3.3. Volume de negócios por divisão CAE (€) [2010-2015]	39
Figura 3.4. Volume de negócios por subclasse CAE em 2015 (€).....	40
Figura 3.5. Produção em 2015 (€).....	40
Figura 3.6. Produção de Papel e Cartão (t) [2006-2015]	41
Figura 3.7. Venda de produtos e serviços em 2015 (€).....	42
Figura 3.8. Exportações Líquida (Milhões de €) [2011-2016].....	43
Figura 3.9. Consumo de papel e cartão (kg/habitante) [2006-2015].....	44
Figura 3.10. Total de resíduos produzidos (t) [2010-2015]	46
Figura 3.11. Total de resíduos gerados por unidade de PIB (kg/€) [2011-2015].....	47
Figura 3.12. Relação dos resíduos (t) gerados e do VAB (€) da IPPC [2008-2015]	47
Figura 3.13. Tipo de operação de resíduos (t) [2010-2015].....	48
Figura 3.14. Operações de eliminação em 2015 (t).....	49
Figura 3.15. Operações de valorização em 2015 (t).....	50
Figura 4.1. Relações da HGR com os tipos de valorização energética	51
Figura 5.1. Diagrama de reintegração de resíduos setoriais no sistema.....	64

Índice de quadros

Quadro 2.1. Lista de ações elencadas no Plano de ação para a economia circular em Portugal [2017-2020].....	20
Quadro 2.1. Lista de operações de eliminação.....	24
Quadro 2.2. Lista de operações de valorização.....	25
Quadro 2.3. Lista de resíduos da IPPC segundo a LER.....	26
Quadro 2.4. Critérios gerais para a classificação de subprodutos segundo a APA.....	34
Quadro 3.1. Dez tipos de resíduos mais produzidos em 2015 (t).....	48
Quadro 4.1. Ranking europeu de IPPC.....	60
Quadro 5.1. Utilizações de subprodutos segundo os princípios de economia circular.....	65
Quadro 5.2. Análise dos benefícios económicos.....	68
Quadro 5.3. Tipos de práticas por empresa.....	70

Introdução

O sistema económico atual é caracterizado por um processo linear (extração, produção, consumo e resíduos), fomentado pelo crescimento económico vivenciado após a 2ª Guerra Mundial e caracterizado pelos baixos custos da energia, das matérias-primas e do crédito e pelos modelos de negócio fortemente orientados para o produto e marcados pelo princípio *sell more, sell faster*. Com a mudança do contexto económico, social e ambiental urge a necessidade de adaptação do sistema económico, que se encontra profundamente desajustado à realidade atual. A volatilidade do preço da energia, a instabilidade do sistema financeiro (que bem recentemente ameaçou a integridade do sistema económico a nível mundial, por intermédio dos processos de globalização que lhe dão eco) e o aumento da população, em particular da classe média e consequentemente da procura, nas próximas décadas, não se coadunam mais com o sistema em vigor. Sendo este, no seu estado linear atual, uma ameaça à biodiversidade e à integridade das funções económicas do ambiente, essenciais ao bem-estar humano e à produtividade económica. Assim e de acordo com Keynes, há que acompanhar a mudança dos factos, com uma mudança de pensamentos.

É neste âmbito que o conceito de economia circular tem vindo a ganhar dinamismo e palco tanto na esfera política, ao nível nacional e internacional, como na esfera económica, aliciando cada vez mais empresas, a aplicar estratégias nesta área (como é o caso de grandes multinacionais como a Coca-Cola, a H&M, a Phillips, entre outras) ao apresentar uma solução viável ao problema de desajustamento existente, através da oferta de medidas que visam a conciliação dos sistemas económico e natural, sem pôr em causa o bom funcionamento e desenvolvimento de ambos. Com a finalidade de melhorar a gestão tanto dos recursos como dos resíduos, a economia circular visa o fecho do ciclo económico, através da aplicação de medidas a todas as fases a si inerentes, designadamente às fases de produção (com a conceção do produto e os processos de produção), consumo (com o estímulo ao consumo responsável) e gestão de resíduos (com a reparação, reutilização, renovação, remanufactura e reciclagem de forma a aumentar o tempo de vida dos produtos e assim obter uma maior produtividade deste e consequentemente uma redução dos resíduos).

A questão da gestão dos resíduos tem-se destacado na abordagem política ao conceito, possivelmente por ser a mais consensual de se tratar. Tendo por base o princípio de *waste equals*

food, um sistema económico circular não prevê a existência de resíduos, pois considera que estes poderão se reintegrados novamente no sistema, criando uma solução *win win*, a nível económico e ambiental.

Pergunta de partida

Neste sentido, foi despertado o interesse sobre a indústria que mais resíduos setoriais produz, a nível nacional e na potencial reintegração destes no sistema. A indústria em causa é a Indústria de Pasta, de Papel e de Cartão (IPPC). A quantidade e composição dos resíduos gerados apresentam um elevado potencial de poluição ambiental, para as regiões vizinhas e, apesar de uma taxa de valorização relativamente alta, os custos de gestão associados são ainda elevados, sendo que a deposição em aterro se encontra cada vez mais regulamentada. Estes motivos têm estado na base da investigação e desenvolvimento da utilização dos subprodutos da indústria, a nível interno e a nível externo por outros setores.

Atualmente, existe um vasto leque de utilizações tecnicamente viáveis, sendo que apenas um pequeno número é implementado em Portugal. Uma das razões associadas é o enquadramento legislativo aplicável (Fraga, 2017). Todavia, o espectro político atual tem vindo a incitar o melhoramento, progresso e adaptação deste, com vista à transição para uma economia circular, o que propicia o contexto apropriado para a reanálise da estratégia de utilização dos subprodutos da IPPC portuguesa, no sentido de que nem todas as aplicações seguem os princípios de economia circular, assim como nem todas são favoráveis ao desenvolvimento da competitividade do setor.

Com base nestes pressupostos, o presente estudo visa identificar **quais as medidas de valorização de subprodutos que a IPPC portuguesa deve privilegiar**, através das seguintes hipóteses de trabalho:

- 1) - Quais os tipos de utilizações de subprodutos que seguem os princípios de economia circular?
- 2) - Quais os tipos de utilizações de subprodutos que de uma melhor forma promovem a competitividade da IPPC portuguesa?¹

¹ A execução desta hipótese de trabalho não pretende ser exaustiva, mas sim meramente indicativa.

- a) Quais os benefícios económicos decorrentes (custos/ganhos)?
- b) Quais as utilizações privilegiadas pelas empresas concorrentes, a nível europeu?

Pertinência da questão

O reconhecimento da existência de problemas sociais e ambientais em economias desenvolvidas, quebrou o mito do economicismo² e levou à alteração de paradigma de desenvolvimento. Hoje, o Desenvolvimento Sustentável é o mote da agenda global até 2030. A Agenda 2030 das Nações Unidas e os seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável destinam-se a alcançar de uma forma integrada a sustentabilidade das três macro dimensões da sociedade (económica, ambiental e social), através da ação conjunta e coordenada de todos os atores (administração pública, setor empresarial e sociedade civil).

Salvaguardando a importância de intervenção e cooperação de todos os atores, há que sublinhar a relevância da ação do setor empresarial. Segundo Michael Porter (2013), os problemas ambientais e sociais há muito que têm sido abordados pelas entidades políticas e pela sociedade civil, porém os resultados são ainda escassos e os progressos apenas incrementais. Isto deve-se, segundo Porter, ao problema de escala – a ação destas entidades não tem um maior impacto devido à sua escala de atuação. Para que esta seja incrementada, são essenciais recursos monetários, que por sua vez são gerados pelas empresas.

O setor empresarial pode contribuir para a solução de problemas sociais e ambientais através da exploração de novas oportunidades de negócio criando assim um *shared value* (Porter, 2013). Por esta razão e com vista à ação para o desenvolvimento sustentável, o presente estudo incide sobre este ator da sociedade, em específico.

Apesar de decrescente, a perceção da correlação negativa entre a sustentabilidade ambiental e o crescimento económico, ainda continua presente no meio empresarial. O crescimento da respetiva

² “Por isso, na conceção que dominou nos primeiros 30 anos após a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento assentou nos seguintes mitos: economicismo, sendo considerado o crescimento económico a condição necessária e suficiente para o desenvolvimento e muitas vezes com ele confundido (ou tornado sinónimo); (...)” (Amaro, 2003:46).

regulamentação tem consequências no aumento dos preços dos produtos, visto afetar diretamente os custos de produção. Daí que, até hoje, os conceitos inerentes ao desenvolvimento sustentável têm vindo a ser absorvidos com alguma inércia, pela comunidade empresarial, pois nem sempre apresentam a solução mais vantajosa a nível económico.

A economia circular, por sua vez, tem recebido uma grade aceitação e destaque por parte desta. Seja na ótica da conceção do produto, nos processos de produção, na reciclagem do produto ou na gestão de resíduos, este modelo económico evidencia vantagens atrativas para o meio empresarial e ambiental, o que, conseqüentemente, reflete as probabilidades de sucesso da sua aplicabilidade.

Assim, a significância do presente estudo acha-se no desenvolvimento e promoção de conhecimento capaz de sensibilizar e orientar as empresas, na definição das suas estratégias, em particular daquelas que sejam inerentes à gestão de resíduos, com o objetivo de promover uma economia circular essencial para o desenvolvimento sustentável.

Capítulo I

Enquadramento teórico-conceptual

Apesar do recente dinamismo, o conceito de economia circular e as práticas a si inerentes não são algo de novo. O mesmo tem vindo a ser maturado desde a década de 70 (Geissdoerfer, et. Al, 2017). A nível político, o conceito de economia circular foi influenciado, profundamente, pelo eco das temáticas ambientais, que proporcionaram um contexto favorável, designadamente os grandes marcos como a Conferência de Estocolmo, de 1972 e a publicação, no mesmo ano, do relatório *Limits to Growth* e mais tarde, em 1987, com a definição do conceito de desenvolvimento sustentável, pela comissão Brundtland, através do relatório *Our Common Future*.

Por sua vez, a nível académico, o desenvolvimento do conceito teve como influência, indireta, conceções como: *produção circular* introduzida por Wassily Leontief, em 1928, com a sua dissertação de doutoramento, intitulada *The Economy as a Circular Flow* (Heshmati, 2015) verificou que *outputs* de certas produções, são *inputs* de outras; ou como *bioeconomia* enquanto abordagem das leis da termodinâmica, evidenciadas por Nicholas Georgescu-Roegen, com a obra *The Entropy Law and the Economic Process*, publicada em 1971, com o propósito de reformulação das ciências económicas (Pearce e Turner, 1990; Andersen, 2007; Mayumi, 2009; Ghisellini et al, 2016); ou por autores como Herman Daly (George et al, 2015).

As obras que tiveram um maior contributo e uma influência mais direta sobre o desenvolvimento do conceito de economia circular foram a obra *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, de Kenneth Boulding, publicada em 1966 e o relatório encomendado, pela então Comissão das Comunidades Europeias, a Walter Stahel e Geneviève Reday-Mulvey, em 1976, tendo sido publicado em 1981, sob o título *Jobs for Tomorrow, the potential for substituting manpower for energy*. Estas obras de referência providenciaram o enquadramento académico determinante, para a conceção da obra *Economics of natural resources and the environment*, pelos professores britânicos, David W. Pearce e R. Kerry Turner, em 1990, sendo amplamente reconhecido o seu contributo para o enquadramento conceptual de economia circular (Heshmati, 2015; George et al, 2015; Lewandowski, 2016; Winans e Deng, 2017), e a quem, diversas vezes, é atribuído a

introdução do conceito (Andersen, 2007; Su et al, 2013; Geissdoerfer, et. al., 2017; Persson, 2015; Ghisellini et al, 2016).

Relativamente às escolas de pensamento de maior influência, é possível aferir que as mais determinantes para o desenvolvimento e maturação do conceito de economia circular são a *industrial ecology* (Andersen, 2007; Heshmati, 2015; Ghisellini et al, 2016; Winans e Deng, 2017 EMF, 2015c Leitão, A. 2015; Beaulieu et al., 2015) sem um autor de referência reconhecido; a *performance economy*, liderada academicamente por Walter Stahel; e *cradle to cradle* que tem como principais autores o químico Michael Braungart e o arquitecto William McDonough e como obra de referência *Cradle to Cradle: Remaking the Way we make Things*, publicada em 2002 (Genovese et al, 2015; Geissdoerfer, et. Al, 2015; EMF, 2015c; Pearsson, 2015; Beaulieu et al., 2015; Pomponi, e Moncaster, 2016; Winans e Deng, 2017).

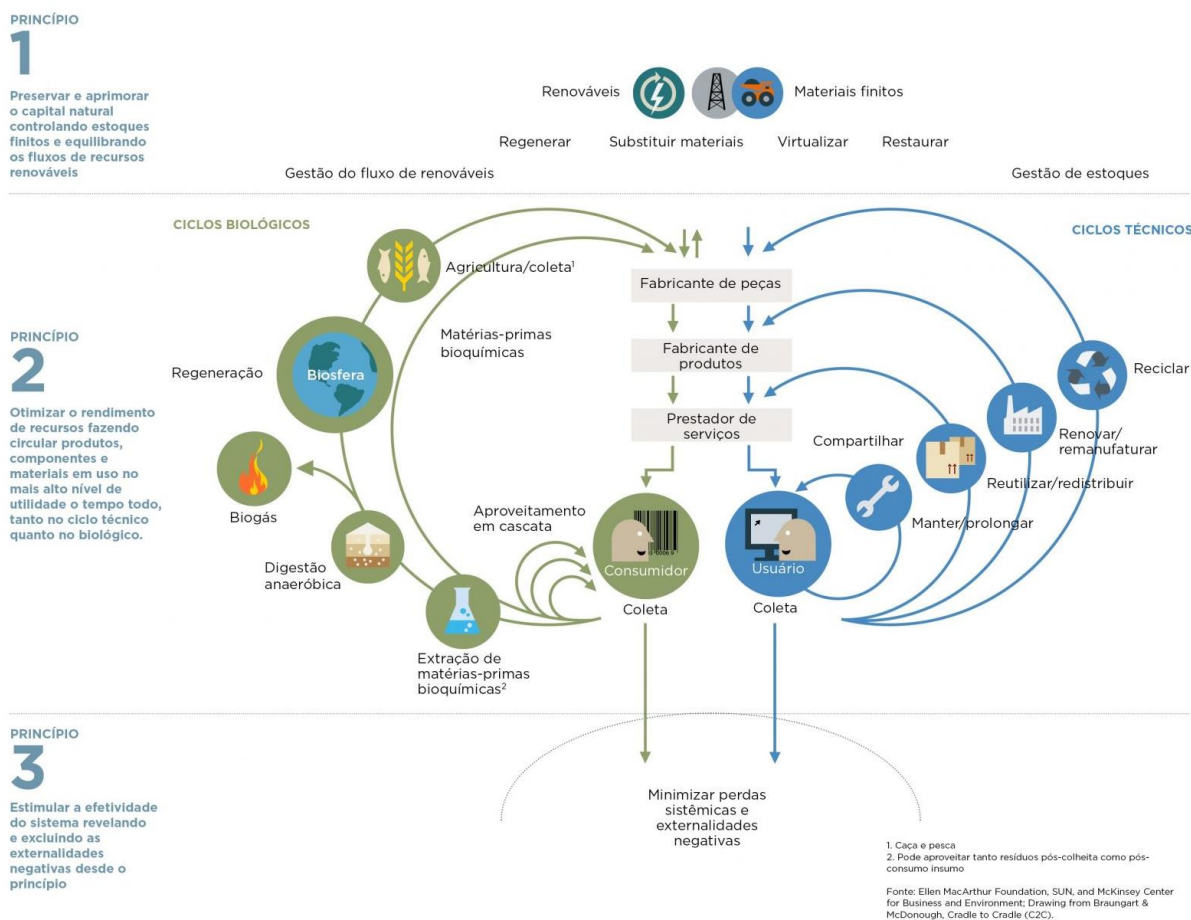
Mais recentemente, é de ressaltar o papel da Ellen MacArthur Foundation (EMF)³, que, principalmente desde 2013 (apesar de ter sido constituída três anos antes), tem contribuído com maior intensidade, no âmbito da sua missão, para o aceleração da transição para um sistema económico circular. Relativamente ao seu contributo, é importante sublinhar alguns aspetos particularmente pertinentes, designadamente: a definição de economia circular enquanto “*one that is restorative, and one which aims to maintain the utility of products, components and materials and retain their value*” (EMF, 2015a); a apresentação de um diagrama do sistema económico circular complexificado (EMF, 2015b, ver Figura 1.1) influenciado, claramente, pelos conhecidos diagramas de Pearce e Turner e de Stahel e Reday e pela ideia de ciclos biológico e técnicos de Braungart e McDonough; assim como a promoção de programas, como o Circular Economy 100⁴, de plataformas de notícias, como o Circulate⁵ e a publicação de diversos estudos e relatórios, referentes à matéria.

³ Ellen MacArthur, a cara da fundação, foi inspirada pelas vivências propiciadas pela circum-navegação, de barco à vela, que realizou em 2005. O reconhecimento da importância de uma boa gestão de recursos para o sucesso da sua missão, incutiu em Ellen a percepção da necessidade uma atitude sustentável perante um sistema fechado que assegura a sobrevivência humana.

⁴ Ver mais em <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/ce100/the-programme/enabling-collaboration>.

⁵ Ver mais em <http://circulateneews.org/>.

Figura 1.1. Diagrama de uma Economia Circular segundo a Ellen MacArthur Foundation



Fonte - (EMF, 2015b).

Esta pequena introdução, não espelha a complexidade e riqueza do conceito de economia circular, pelo que será necessário analisar com maior profundidade os contributos supra referidos, principiando por uma análise dos estudos e autores de referência, seguindo-se da análise das escolas de pensamento mais influentes, e, posteriormente, dos documentos e ações de maior significância a nível europeu e nacional.

1.1. Estudos e autores de referência

No que concerne ao desenvolvimento conceptual de economia circular é inegável a contribuição de três obras de referência, designadamente: *The Economics of the Coming Spaceship Earth*

(Boulding, 1966), *Jobs for Tomorrow, the potential for substituting manpower for energy* (Stahel e Reday, 1981) e *Economics of natural resources and the environment* (Pearce e Turner, 1990).

The Economics of the Coming Spaceship Earth

Em 1966, o britânico Kenneth Boulding, caracterizado pelo *New York Times* como “*much-honored but unorthodox economist, philosopher and poet*” (Nasar, S., 1993), publica a obra *The Economics of the Coming Spaceship Earth*. Nela, está refletida a preocupação do autor, em relação à necessidade de se perceber o sistema econômico como um sistema fechado e inter-relacionado com o sistema natural.

Ao contextualizar o momento em que escreve, como uma mudança de paradigma na percepção do homem face ao ambiente circundante e à ilimitabilidade dos recursos, o autor desenvolve uma explicação de sistemas abertos e fechados, que podem ser referentes a três classes (designadamente: matéria, energia e informação), que por sua vez são influenciadas, de maneiras diferentes, pela entropia e em particular pela 2ª lei da termodinâmica.

Neste seguimento, o autor expõe dois sistemas econômicos diferentes: uma economia aberta e uma economia fechada, metaforicamente caracterizadas como *cowboy economy* e *spaceman economy*. A *cowboy economy* é associada a adjetivos como imprudência, exploração, romantismo e a um comportamento violento; a *spaceman economy*, por sua vez, é introduzida pela comparação do planeta terra a uma nave espacial (um sítio limitado a nível de espaço e recursos). A grande diferença entre estes dois tipos de economia encontra-se nas medidas relativas de avaliação do sucesso das economias e na percepção da produção e do consumo. Para a *cowboy economy* esta medição é feita com base na taxa de transferência ou *throughput* dos factores de produção, sendo que a produção e o consumo são de máxima importância para a mesma; para a *spaceman economy*, pelo contrário, o sucesso da economia é medido pela natureza, extensão, qualidade e complexidade do *stock* de capital e a diminuição da produção e do consumo é encarada positivamente. Contudo, no final do artigo, o autor reforça que, devido às leis de mercado, os preços fazem com que o

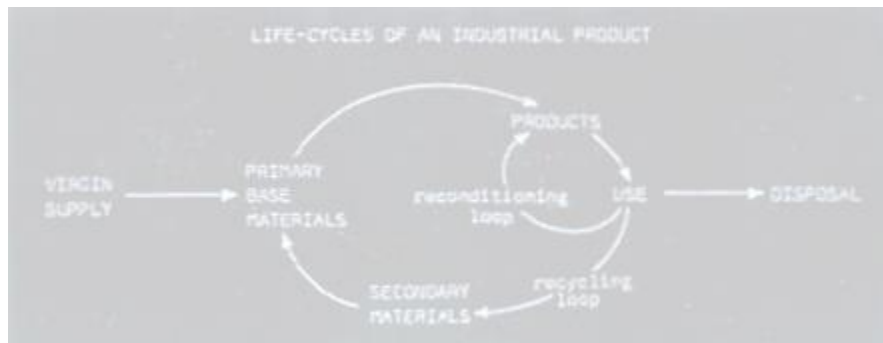
problema atual, referente à percepção de um sistema económico aberto, esteja muito mais ligado com os níveis e as consequências da poluição do que com o *stock* de recursos⁶.

Jobs for Tomorrow, the Potential for Substituting Manpower for Energy

No ano de 1976, a então Comissão das Comunidades Europeias encomendou a Walter Stahel e Geneviève Reday-Mulvey um relatório sobre o potencial de substituição da energia por trabalho, que seria publicado cinco anos depois, sob o título *Jobs for Tomorrow, the potential for substituting manpower for energy*. (Product Life Institute, 2016)

Os autores são considerados precursores da ideia de não existência de lixo, com base na conceção de que todos os resíduos podem voltar a ser recursos⁷ e na conceptualização da economia em loops (Geissdoerfer, et. al., 2015; Murray et al., 2015).

Figura 1.2. Economia em círculos segundo Stahel e Reday-Mulvey



Fonte - (PLI, 2016b)

Ao identificarem o problema principal, sintetizado na ideia de que se gasta mais a produzir do que a manter, os autores sublinham o interesse estratégico em se optar por uma economia em *loops*, onde os materiais usados entrariam outra vez no processo produtivo, através de técnicas como o reparo ou restauro, com vista a uma maior eficiência da utilização de recursos. O que por sua vez, estimularia o renascer de profissões ligados ao setor da reparação, perdida com a produção em

⁶ Nas considerações de Boulding, estão latentes os conceitos de *old scarcity* e *new scarcity* ligados, respetivamente, à escassez de recursos controlada pelos preços e à escassez das funções ambientais.

⁷ Ideia partilhada, mais tarde, pelo químico Michael Braungart e o pelo arquiteto William McDonough com a designação *waste=food*.

massa e consumismo desenfreado (PLI, 2016a; PLI, 2016b). Desta forma, os autores evidenciam um dos potenciais benefícios de um sistema económico circular – a criação de emprego.

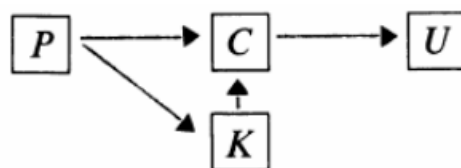
Economics of Natural Resources and the Environment

Nove anos após a publicação da obra introduzida acima, é publicada, pelos britânicos David W. Pearce e R. Kerry Turner, aquela que viria a ser considerada por muitos a obra que cunhou o conceito de economia circular - *Economics of Natural Resources and the Environment* (Andersen, 2007; Geissdoerfer, et. Al, 2017; Persson, 2015). O capítulo dois da mesma dedica-se, única e exclusivamente, ao tema através de uma abordagem sistémica.

Para compreender a obra de Pearce e Turner e a sua influência para o desenvolvimento do conceito em estudo é necessário entender a análise feita pelos autores às relações entre o sistema natural e o sistema económico, ressaltando nestas, as funções económicas do ambiente⁸: providenciar recursos; absorver resíduos; ser fonte direta de utilidade e suporte básico de vida. Sob este pressuposto os autores mostram como o sistema económico é de facto um sistema fechado, por intermédio das leis da termodinâmica (como teorizavam Boulding, em 1966, através da metáfora da nave espacial).

Após o enquadramento das relações entre sistemas os autores debruçam-se sobre a análise das características do sistema económico. Segundo os mesmos, ao se ignorar o ambiente, o sistema económico é de facto um sistema linear, principiado pela extração de recursos (uma das funções económicas do ambiente: providenciar matérias-primas), passando à produção/transformação, seguindo-se o consumo e, por sua vez, a utilidade.

Figura 1.3. Diagrama de uma Economia Linear por Pearce e Turner

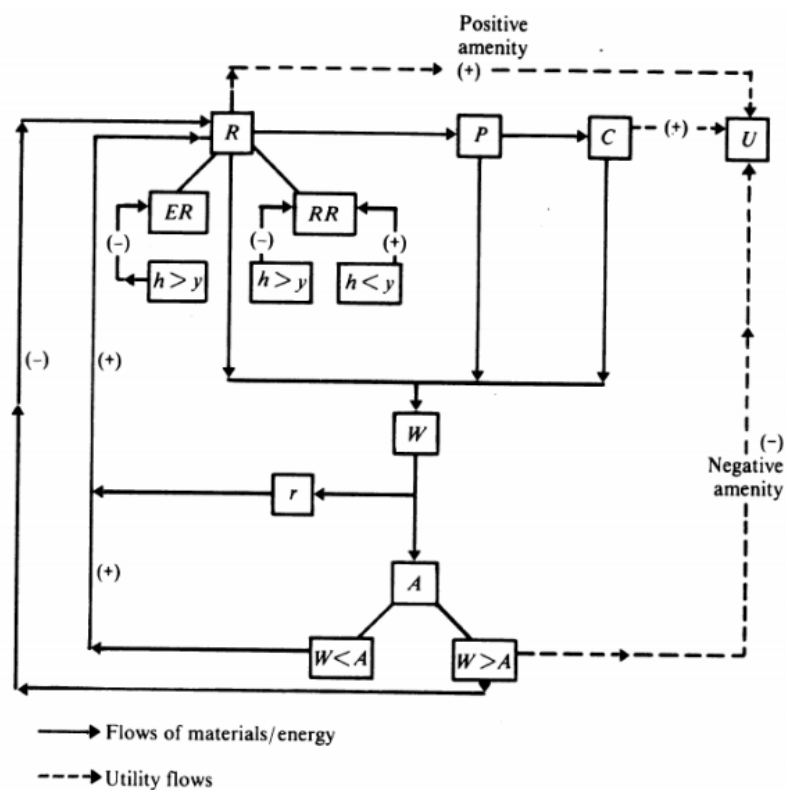


Fonte - Pearce e Turner, 1990

⁸ São consideradas funções económicas, segundo os autores, pois na hipótese de serem vendidas no mercado, todas teriam um valor positivo (Pearce e Turner, 1990).

Tendo por base a 1ª lei da termodinâmica, a linearidade do sistema é criticada por Pearce e Turner visto que em nenhum ponto refere a produção de resíduos ou o seu fim relativo. Neste ponto, os autores sublinham o facto que também o sistema natural produz resíduos (por exemplo a morte de animais e plantas), porém este é absorvido na sua totalidade (outra função económica do ambiente: capacidade de absorção). Assim, o diagrama inicial é completado pela incorporação da produção de resíduos. Daqueles que conseguem ser integrados pelo sistema, através da reciclagem e daqueles que, por sua vez, são absorvidos pelo ambiente, sendo que se a sua quantidade for insustentável, tornam-se uma ameaça à deterioração da capacidade de absorção e, por sua vez, da diminuição da utilidade do ambiente (outra função económica do ambiente). A análise do diagrama completo permite perceber, claramente, a interceção e interligação dos sistemas económico e natural.

Figura 1.4. Diagrama de uma Economia Circular por Pearce e Turner



Fonte - Pearce e Turner, 1990

1.2. Escolas de pensamento mais influentes

No que concerne à análise das escolas de maior influência sobre o conceito, é possível verificar que as mais determinantes, são, claramente a *industrial ecology* e *cradle to cradle*. Porém diversas outras escolas de pensamento detêm a sua cota parte de influência no conceito em causa, como a *regenerative design*, *performance economic*, *biomimicry*, *blue economy* e *permacultura*.

Industrial Ecology

O professor suíço Surnen Erkman (1997) aborda o conceito de *industrial ecology* como uma nova perspetiva industrial, um tanto ou quanto paradoxal tendo em conta a conceção da não relação do sistema industrial com a biosfera. O conceito emergiu durante a década de 70, aquando das abordagens de despoluição e dos métodos de *end-of-pipe* e de prevenção (Erkman, 1997). Porém, só na década de 90 tomou dimensão por intermédio de vários engenheiros industriais norte-americanos, ligados à National Academy of Engineering (Erkman, 1997).

Ao analisar a compilação de definições introdutórias do conceito por Raymond Côté, o autor considera a existência de três critérios existentes em todas elas: uma abordagem sistémica e integrada de todos os componentes da economia industrial com a biosfera; o padrão complexo dos fluxos de materiais dentro e fora do sistema industrial; a importância da evolução tecnológica para a transição para um ecossistema industrial (Erkman, 1997). Apesar do autor considerar que não existe uma definição padrão do conceito, sugere a definição do mesmo como “*understand how the industrial system works, how it is regulated, and its interaction with the biosphere; then, on the basis of what we know about ecosystems, to determine how it could be restructured to make it compatible with the way natural ecosystems function*” (Erkman, 1997:1). Por sua vez, o autor faz questão de definir o conceito *industrial metabolism*, visto ser comumente confundido com *industrial ecology*. O mesmo advoga uma abordagem analítica e descritiva dos fluxos de materiais e energia, relacionadas com a atividade humana, desde a sua extração à absorção (Erkman, 1997). Dado à semelhança de conceitos e temáticas, refira-se ainda o conceito de simbiose industrial utilizado para descrever a troca de matérias, energia e subprodutos por uma rede de indústrias (Zhang et al., 2015).

No final do artigo, o autor remete o leitor para um ponto fulcral desta escola de pensamento: uma maior competitividade, por inerência a uma maior eficiência da aplicação dos recursos – “*Today, however, beyond the political ecologist view and fashionable rhetoric on sustainable development, the actual motivation for this evolution obviously lies in an increased economic competitiveness: industrial ecology is a way for corporations to better exploit their products and resources (including their waste) more efficiently, and therefore more profitably*”. (Erkman, 1997:7)

As questões relacionadas com os benefícios para as empresas deste tipo de perspectiva, são tratadas com maior profundidade pelo reconhecido economista e professor norte-americano, Michael Porter e por Daniel Esty, num breve artigo intitulado *Industrial Ecology and Competitiveness Strategic Implications for the Firm*, publicado em 1998. Tendo como ponto de partida o reconhecimento da importância da produtividade dos recursos⁹, para a consolidação das vantagens competitivas das empresas, os autores analisam a influência da *industrial ecology* para o pensamento corporativo, na medida em que pode desencadear a aplicação de estratégias com vista a uma maior produtividade dos recursos, através da inovação. Esta pode repercutir-se no aumento dos níveis de eficiência, na diminuição dos custos de produção e no incremento do valor do produto. Assim, as oportunidades decorrentes desta perspectiva podem encontrar-se em três níveis: na empresa (com a redução de custos), na cadeia de valor (com as potenciais sinergias com fornecedores) e para além da cadeia de valor (através da simbiose industrial) (Esty e Porter, 1998). Por sua vez, os limites desta perspectiva estão relacionados muitas vezes com a superioridade dos custos face aos benefícios, com a regulamentação imperfeita e com a probabilidade de desfragmentação da orientação estratégica da empresa em prol do excessivo foco da ecologia industrial na definição de políticas e estratégias, com vista ao aumento da competitividade (Esty e Porter, 1998).

Tendo por base estes pressupostos, os autores sugerem a ecologia industrial como uma importante ferramenta de apoio à decisão, capaz de auxiliar os gestores a promover a inovação e a localizar oportunidades dentro e fora da empresa para adicionar valor ao seu produto e/ou diminuir custos de produção. Assim, esta perspectiva apresenta-se como um potencial para o desenvolvimento e

⁹ Dada pela função f (*value added by x - the direct costs of x - the indirect costs of x + the indirect opportunities for value added from x*) (Easty e Porter, 1998:36).

consolidação das vantagens competitivas das empresas, não só pelos inerentes ganhos económicos como pelo incremento da performance ambiental (Easty e Porter, 1998).

Cradle to Cradle

Em resposta às reações do relatório, Walter Sthael enfatiza a sustentabilidade de uma solução baseada na utilização de bens de maior durabilidade num *loop* de *cradle back to cradle*, dando início a esta escola de pensamento (Leitão, 2015; EMF, 2015b; PLI, 2016b). Mais tarde o químico Michael Braungart e o arquiteto William McDonough pormenorizam os detalhes para a sua aplicação prática, tendo, ambos, estado na origem de inúmeros produtos e projetos sustentáveis, por intermédio de serviços de consultoria, sendo *Cradle to Cradle: Remaking the Way we make Things* (2002) - considerada por muitos como obra de referência (Leitão, 2015; Geissdoerfer, et. Al, 2015).

A leitura desta obra é marcada por um tom mais fervoroso do que as anteriormente referenciadas. A mesma é iniciada pela análise de uma imagem composta por vários elementos de uma família numa sala e respetivos objetos de entretenimento: brinquedos, computador etc. Os autores escrutinam a composição e produção de todos aqueles elementos, assim como o respetivo impacto nos sistemas biológicos, de forma a introduzir a desconexão entre o sistema económico e o sistema natural e, assim, dar o mote para as suas premissas e argumentos (Braungart e McDonough, 2002). Braungart e McDonough focam três temas essenciais para o desenvolvimento do conceito em estudo, designadamente o perigo da eco-eficiência, as vantagens da eco-eficácia e a conceção *waste equals food*.

Eco-eficiência é apresentada como a estratégia emergente do Earth Summit de 1992, por parte da comunidade industrial representada, capaz de integrar preocupações económicas, ambientais e éticas. Esta depreende, à partida, fazer mais com menos, tal como referem os autores, o que levou, em consonância com o contexto internacional, a uma grande receptividade por parte da comunidade de negócios (Braungart e McDonough, 2002). Porém, o resultado prático, da adoção destas estratégias foi nada mais, nada menos do que a aplicação de técnicas *end of pipe*. Estas, para além de serem passíveis de aplicar à larga escala, não são uma solução viável para o problema existente pois não estudam “*the design that caused the pollution in the first place*” (Braungart e McDonough,

2002:61). Os autores refletem sobre a interferência entre os sistemas técnicos e biológicos, para exemplificar os perigos da aplicação de estratégias eco-eficientes, que não contabilizam a saúde humana, como por exemplo: práticas de incineração ou certos tipos de reciclagem, como a do aço ou do papel. Tendo em conta que a maior parte dos produtos não estão pensados para uma segunda vida, como os anteriormente referidos, o processo de reciclagem resulta quase sempre num produto de qualidade inferior (“*downcycle*”), quando não é impossível de praticar. Desta forma, os autores concluem que as estratégias eco-eficientes só são realmente vantajosas e benígnas quando aplicadas holisticamente.

Eco-eficácia é definida, segundo os autores, como a forma certa de trabalhar as coisas, *instead of making wrong things less bad* (Braungart e McDonough, 2002). Os autores dão o exemplo dos livros e do seu propósito – a transmissão de conteúdos. Assim evidenciam o tipo de impressão e encadernação da sua obra. A mesma não é feita de papel, mas sim uma composição de polímeros (incluindo a capa), o que a torna infinitamente reciclável, com o mesmo nível de qualidade ou superior (*upcycle*). A tinta não é tóxica e pode ser facilmente retirada do material e posteriormente reutilizada. Por fim é referenciado a sua impermeabilidade e durabilidade, em particular a não deteriorando da cor ou da textura das suas páginas. Os autores terminam a explanação deste conceito com a analogia entre as formigas e o ser humano, denotando que não só o impacto humano no meio ambiente deveria ser menor, como poderia, inclusive, ser benéfico e nutritivo - ser eco-eficaz.

Por sua vez, a conceção *waste equals food* baseia-se no pressuposto de que a natureza “*operates according to a system of nutrients and metabolisms in which there is no such thing as waste*” e de que “*this cyclical, cradle to cradle biological system has nourished a planet of thriving, diverse abundance for millions of years*” (Braungart e McDonough, 2002:92). Para os autores o problema não está na extração de recursos, mas sim em não permitir que estes retornem ao sistema, num estado seguro (o problema dos produtos descartáveis). Neste contexto, os autores referem as desvantagens dos *monstrous hybrids*, que são produtos que mesclam os dois nutrientes (biológicos e técnicos) e que dessa forma diminuem, drasticamente, as probabilidades da devolução total destes ao sistema, ou de reciclagem com um igual nível de qualidade (Braungart e McDonough, 2002).

Assim, advogam a eliminação do conceito de resíduos (tal como Stahel e Reday (1981)), através do *design* dos produtos, embalagem e sistemas, desde o início do processo.

Desta forma, as vantagens de um sistema *cradle to cradle* são para os autores três: menos resíduos perigosos; produtos com um maior valor derivado da qualidade; e menos extração de matérias-primas, como petroquímicos, derivado de uma maior circulação de recursos, resultado em ganhos económicos e ambientais.

Concluindo, a obra advoga a complacência dos princípios do sistema natural, no sistema económico, incutindo a reciclagem de todos os produtos (eco-eficácia), sejam eles biológicos ou técnicos, partindo do pressuposto *waste equals food*, onde todo e qualquer resíduo pode contribuir para a nutrição de um dos sistemas, isto é, ser um novo recurso. Este ponto em particular é de especial interesse para o estudo em questão, visto se analisar de que forma e como podem os resíduos da indústria de pasta e papel ser uma nova matéria—prima, segundo os princípios de economia circular.

1.3. Referências a nível da União Europeia

Na União Europeia, a nível institucional, o conceito tem vindo a ganhar um especial dinamismo nas agendas políticas, após 2012, tendo como documentos de referência o Manifesto e Recomendações Políticas da Plataforma Europeia de Eficiência de Recursos (2012) (Bonciul, 2014; Heshmati, 2015), que, maioritariamente, aplica o conceito na ótica dos resíduos. Tendo como tónica, a crescente pressão ambiental, é advogado no Manifesto para uma Europa mais Eficiente em Recursos, a transição para uma “*resource-efficient and ultimately regenerative circular economy*”, da qual depende a competitividade e empregos futuros. Para esse efeito, a Plataforma Europeia de Eficiência de Recursos visa apelar aos líderes empresariais, sindicais e da sociedade civil o suporte à transição para uma economia circular e à reindustrialização europeia sob as bases da eficiência dos recursos. Contudo, é preciso ressaltar a salvaguarda da inclusão social e responsabilidade do processo inerente à transição em causa.

Em 2014, o comunicado *Towards a circular economy: a zero waste programme for Europe* (2014)¹⁰, a proposta legislativa¹¹ que previa a alteração das Diretivas 1999/31/CE relativa à deposição de resíduos em aterro, 94/62/CE relativa a embalagens e resíduos de embalagens, 2008/98/CE relativa aos resíduos; e 2000/53/CE relativa aos veículos em fim de vida, 2006/66/CE relativas, às pilhas e acumuladores e respetivos resíduos, e 2012/19/UE relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos, apresentam-se como o prelúdio do Pacote de Economia Circular, lançado um ano depois. Ainda nesse ano, o estudo *Scoping Study to Identify Potential Circular Economy Actions, Priority Sectors, Material Flows and Value Chains*, dá uma visão geral, a nível europeu, da transição para uma economia circular, ao identificar as barreiras existentes e os métodos a aplicar para a sua superação; os principais sectores e produtos; as políticas em aplicação que suportam a transição e aquelas que poderão dificultá-la assim como as opções políticas passíveis de suportar uma económica circular na união europeia.

Em 2015, é lançado o Pacote de Economia Circular, composto pela COM(2015) 614 - Fechar o ciclo – plano de ação da UE para a economia circular -, em junção com a adoção de quatro propostas legislativas¹², em vez de apenas uma, como a proposta de 2014. O plano aborda todo o processo de vida do produto – iniciando na produção, com a conceção do produto (pensada na sua reutilização) e os processos de produção (centrados na eficiência dos recursos), passando ao consumo, com uma maior educação (pública) e informação (através de rótulos e pela transposição nos preços dos custos ambientais do produto e apoio a novas formas de consumo, como a economia colaborativa) do consumidor, até à gestão de recursos com a aplicação da hierarquia de resíduos (prevenção, preparação para a reutilização, reciclagem, a recuperação de energia e eliminação) e de uma melhor triagem e finalizando com a transformação de resíduos em recursos, principalmente com a promoção do mercado de matérias-primas secundárias (com o garantir da sua qualidade através de normas e da facilitação da circulação transnacional) e da reutilização da água. O documento aponta cinco domínios prioritários no quadro de ação da UE, designadamente: os plásticos; o desperdício alimentar; a recuperação de matérias-primas essenciais; a construção e demolição; e a biomassa e produtos de base biológica. Através desta abordagem do conceito de

¹⁰ COM(2014) 398.

¹¹ COM(2014) 397.

¹² COM(2015) 593, 594, 595 e 596.

economia circular, a Comissão Europeia incentiva a transição para um sistema económico circular, que promova *uma economia sustentável, hipocarbónica, eficiente em termos de recursos e competitiva*, capaz de diminuir os efeitos ambientais, nefastos, do sistema linear em vigor e de proteger o sector empresarial da escassez de recursos e consequente volatilidade dos preços enquanto incentiva a inovação e a criação de emprego e assegura a coesão social (Comissão Europeia, 2015:2).

Relativamente ao tema da presente dissertação, as ações mais importantes são a nível da gestão de resíduos a revisão da proposta legislativa sobre resíduos (2016), a iniciativa sobre os resíduos a energia no enquadramento da União Energética (2016); a nível do mercado de matérias-primas secundárias a proposta para a revisão da regulamentação de fertilizantes (2016) o desenvolvimento de um sistema de informação de matérias-primas (2016) e a nível do investimento “indústria 2020 e a economia circular” sob o Horizonte 2020 (2015).

Em janeiro de 2017 é publicado o relatório sobre a implementação do Plano de Ação para a Economia Circular,¹³ em junção com o relatório foram tomadas medidas para o estabelecimento da Circular Economy Finance Support Platform com o Banco Europeu de Investimento assim como para orientar os estados membros quanto à conversão de resíduos em energia e com a proposta de alteração da Diretiva 2011/65/CE, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrónicos.¹⁴

Em março de 2017 é promovida pela Comissão Europeia e pelo comité Económico e Social Europeu a conferência Circular Economy Stakeholder, na qual foi lançada a Circular Economy Platform. Considerada a “network of networks” a plataforma pretende ser um espaço de reunião de conhecimento sobre a matéria e de diálogo entre os *stakeholders*. Esta será estruturada sob três pilares: no diálogo político que reúna os *inputs* e visões dos *stakeholders*; num Grupo de coordenação que articule todas as partes interessadas e num *website* que dissemine os conteúdos relativos à temática da economia circular, assim como as respetivas estratégias nacionais, boas práticas, eventos, estudos e contactos de referência.

¹³ COM(2017) 33.

¹⁴ COM(2017) 38.

Todos os documentos analisados enfatizam a questão dos subprodutos e da simbiose industrial, o que denota a sua importância crescente, na definição das políticas e estratégias da União Europeia. A nível nacional, países como a Suíça e a Alemanha são referenciados pela prematura implementação da conceção e de estratégias de economia circular (Su et al, 2013; Heshmati, 2015). A Alemanha, designadamente, com a implementação, em 1996, do *Closed Substance Cycle and Waste Management Act* (Su et al, 2013). Porém, é interessante constatar que Portugal já é referenciado, neste nível de análise, designadamente no que concerne à aplicação do conceito à gestão de resíduos (Winans e Deng, 2017).

1.4. Referências a nível nacional

Em Portugal, é já bastante notória a preocupação e sensibilização com a temática, seja a nível político, ao nível das empresas ou da sociedade civil.

O Estado português tem vindo a apoiar e a disseminar o conceito de economia circular. Os discursos ministeriais, em particular do ministro do ambiente, nos mais diversos eventos subjacentes à temática em questão, têm vindo a reforçar a posição de empenho do governo face transição para uma economia circular. O Ministério do Ambiente tem dominado a ação nesta área. Em outubro de 2016, foi lançado o portal eco.nomia, apresentado como *uma das componentes do plano de ação do Ministério do Ambiente, assumindo-se como espaço de partilha de conhecimento*. Este não só divulga as boas práticas relativas à aplicação de estratégias de economia circular, como divulga os financiamentos, oportunidades de investimentos existentes e informação relativa ao tema. Ainda em 2016, foi criado o Fundo de Inovação, Tecnologia e Economia Circular, subordinando ao pelouro da economia, através do Decreto-Lei n.º 86-C/2016.

A 9 de junho, de 2017, o Estado português, por intermédio do Ministério do Ambiente submete o plano de ação para a economia circular em Portugal [2017-2020] – Liderar a transição – a consulta pública¹⁵. O documento estipula as ações a tomar a nível macro, meso e micro. A nível macro, são definidas sete ações prioritárias, indicadas no Quadro 1.1. A nível meso, o plano apresenta duas

¹⁵ O plano esteve sob em consulta pública até 30 de setembro.

agendas setoriais diferenciadas, sendo que a primeira se restringe às compras públicas e construção e a segunda aos setores do turismo, do têxtil e calçado e do retalho. A nível micro são definidas as agendas regionais, consoante os setores e projetos chave para a economia circular e apresentadas quatro propostas de convergência regional e nacional, designadamente: as zonas empresariais responsáveis; a simbiose industrial; cidades circulares e empresas circulares.

Quadro 1.1. Lista de ações elencadas no Plano de ação para a economia circular em Portugal [2017-2020]

Nº	Título da Ação	Componentes
1	Reutilizar e comunicar: uma responsabilidade alargada do produtor	Produto + consumo
2	Incentivar o mercado à produção, uso e consumo consciente, circular	Consumo
3	Conhecer, aprender, comunicar: educar para a economia circula	Consumo + conhecimento
4	Alimentar sem sobrar: combate ao desperdício	Consumo + resíduos
5	Nova vida aos resíduos!	Resíduos
6	Regenerar recursos: água e nutrientes	Consumo + resíduos
7	Investigação e inovação em economia circular	Conhecimento

Fonte - Plano de ação para a economia circular em Portugal [2017-2020]

A Ação 5 tem um particular interesse para o presente estudo, não só por referenciar o setor da pasta e papel como um setor chave, mas também pela compatibilidade dos seus objetivos e orientações normativas, ao desenvolvimento da aplicabilidade subprodutos.

Várias são já as empresas que apresentam estratégias de economia circular, em Portugal, como por exemplo Grupo Jerónimo Martins, a Sonae¹⁶, a Navigator Company, a Caixa Geral de Depósitos ou a Corticeira Amorim. Esta temática tem vindo ainda a marcar presença, enquanto estratégia de sustentabilidade empresarial, nos eventos, projetos e publicações de associações empresariais como a COTEC Portugal – Associação Empresarial para a Inovação, a Associação Portuguesa de Ética Empresarial, o BCSD Portugal - Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, o GRACE ou o UN Global Compact Network Portugal.

¹⁶ Ver http://ec.europa.eu/environment/industry/retail/reap/list-commitments_en.html

A nível da sociedade civil, destaca-se a Circular Economy Portugal (CEP), fundada pela holandesa Lindsey Wuisan, na tentativa de juntar a sua experiência de envolvimento no primeiro programa político de economia circular na Holanda, por parte do Ministério para as Infraestruturas e o Ambiente, com as capacidades dos portugueses e com a visão progressista das novas gerações, com o fim de “*posicionar a CEP como a entidade líder em economia circular na comunidade empresarial (PME) e sociedade civil em Portugal*”. Contrariamente ao portal atrás indicado, muito focado na tónica empresarial, esta associação promove ações, para a sociedade civil, como por exemplo *workshops* de reparações.

Capítulo II

Enquadramento legal e jurídico

Posto a o enquadramento conceptual, importa aferir o enquadramento legal e jurídico da União Europeia e nacional, aplicável a nível geral sobre os resíduos e ainda sobre a disposição destes em aterro e a nível específico sobre os subprodutos.

2.1. A nível da União Europeia

Relativamente ao enquadramento legal e jurídico da União Europeia face aos resíduos, à deposição destes em aterro e aos subprodutos há a destacar, respetivamente: a) a Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Novembro de 2008 relativa aos resíduos, correspondente proposta de alteração legislativa COM(2015) 595 e a Decisão da Comissão, de 18 de dezembro de 2014, que altera a Decisão 2000/532/CE relativa à lista europeia de resíduos (LER) em conformidade com a Diretiva 2008/98/CE¹⁷; b) a Diretiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros e respetiva proposta de alteração legislativa COM(2015) 594; c) a Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu relativa a resíduos e subprodutos, a Diretiva 86/278/CEE do Conselho de 12 de Junho de 1986 relativa à proteção do ambiente, e em especial dos solos, na utilização agrícola de lamas de depuração, a proposta de Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece regras relativas à disponibilização no mercado de produtos fertilizantes com a marcação CE e que altera os Regulamentos (CE) n.º 1069/2009 e (CE) n.º 1107/2009 e o Programa de Trabalho Anual da União para a Normalização Europeia para 2018. No que concerne à IPPC refira-se as melhores técnicas disponíveis para a produção de pasta, papel e cartão (BAT – Best Available Techniques), estabelecidas pela Decisão 2014/687/EU e as *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board* (BREF).

A Diretiva 2008/98/EC estabelece o enquadramento legal para a gestão de resíduos perigosos e não perigosos na União Europeia. Esta visa uma melhor produtividade dos recursos e a proteção do

¹⁷ De considerar ainda, a nível específico, o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de dezembro de 2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH), que cria a Agência Europeia das Substâncias Químicas.

ambiente e da saúde humana. Sumariamente, os pontos de maior relevo apresentados pela Diretiva são: o estabelecimento de uma hierarquia de gestão de resíduos; o reforço do princípio do poluidor-pagador, ao submeter os custos da gestão de resíduos ao produtor; o reforço do princípio da responsabilidade de gestão de resíduos pelo produtor; a introdução a responsabilidade alargada do produtor; a distinção entre resíduos e subprodutos; o reforço da necessidade de uma gestão de baixo impacto; as condições especiais destinadas aos resíduos perigosos, óleos usados e biorresíduos; e as metas de reciclagem.

A definição de resíduos é apresentada no nº1 do artigo.3º, como *quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer* e estabelecida a hierarquia da sua gestão no seu artigo.4º (prevenção e redução; preparação para a reutilização; reciclagem; outros tipos de valorização; e eliminação) sob a qual deve recair a responsabilização pela gestão de resíduos. As condições para a classificação de subprodutos são estabelecidas pelo nº1 do artigo 5º: a certeza da posterior utilização; a substância/objeto pode ser utilizada sem processamento adicional; derivação da substância/objeto do processo de produção; e cumprimento dos requisitos ambientais e da saúde humana. O artigo 6º, por sua vez, define a desclassificação de resíduos, o que, por sua vez, gera alguma confusão sob qual das possibilidades se deve usar (Husgafvel et al., 2015). Os anexos I e II definem as operações de eliminação e valorização, respetivamente. As operações aplicáveis à indústria, com base na análise efetuada ao setor no ponto posterior, são:

Quadro 2.1. Lista de operações de eliminação

D1	Depósito no solo, em profundidade ou à superfície
D5	Depósitos subterrâneos especialmente concebidos
D8	Tratamento biológico não especificado em qualquer outra parte do presente anexo que produza compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer uma das operações enumeradas de D 1 a D 12
D9	Tratamento físico-químico não especificado em qualquer outra parte do presente anexo que produza compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer uma das operações enumeradas de D 1 a D 12
D10	Incineração em terra
D13	Mistura anterior à execução de uma das operações enumeradas de D 1 a D 12

D14	Reembalagem anterior a uma das operações enumeradas de D 1 a D 13
D15	Armazenamento antes de uma das operações enumeradas de D 1 a D 14

Fonte – Anexo I da Diretiva 2008/98/CE

Quadro 2.2. Lista de operações de valorização

R1	Utilização principal como combustível ou outro meio de produção de energia
R2	Recuperação/regeneração de solventes
R3	Reciclagem/recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (incluindo compostagem e outros processos de transformação biológica)
R4	Reciclagem/recuperação de metais e compostos metálicos
R5	Reciclagem/recuperação de outros materiais inorgânicos (3)
R9	Refinação de óleos e outras reutilizações de óleos
R10	Tratamento do solo para benefício agrícola ou melhoramento ambiental
R11	Utilização de resíduos obtidos a partir de qualquer uma das operações enumeradas de R 1 a R 10
R12	Troca de resíduos com vista a submetê-los a uma das operações enumeradas de R 1 a R 11
R13	Armazenamento de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R 1 a R 12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde os resíduos foram produzidos)

Fonte – Anexo II da Diretiva 2008/98/CE

A proposta da revisão da Diretiva¹⁸, integrada no Pacote de Economia Circular pretende melhorar e uniformizar a gestão de resíduos a nível da União. Nesta, é evidenciado o *reforço da harmonização e simplificação do quadro normativo aplicável aos subprodutos e ao fim do estatuto de resíduo*. O documento incentiva os Estados-Membros a taxarem a colocação de resíduos em aterro, no âmbito dos incentivos de aplicação da hierarquia dos resíduos e aumenta a sua responsabilização face à classificação de subprodutos, de acordo com a edição do nº1 do artigo 4.

¹⁸ COM(2015) 595.

A Decisão 2014/955/UE veio rever a Lista Europeia de Resíduos, referente à Decisão 2000/532/CE, em conformidade com a Diretiva 2008/98/CE. Os resíduos referentes à IPPC estão contemplados no código 03 03 LER., de acordo com o Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Lista de resíduos da IPPC segundo a LER

03 03	Resíduos da produção e da transformação de pasta para papel, papel e cartão
03 03 01	Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira (biomassa)
03 03 02	Lamas da lixívia verde (provenientes da valorização da lixívia de cozimento)
03 03 05	Lamas de destintagem, provenientes da reciclagem de papel
03 03 07	Rejeitados separados mecanicamente, do fabrico de pasta a partir de papel e cartão usados
03 03 08	Resíduos da triagem de papel e cartão destinados a reciclagem
03 03 09	Resíduos de lamas de cal/carbonato
03 03 10	Rejeitados de fibras e lamas de fibras, fíllers e revestimentos, provenientes de separação mecânica
03 03 11	Lamas do tratamento local de efluentes, não abrangidas em 03 03 10
03 03 99	Resíduos sem outras especificações

Fonte - Decisão 2014/955/UE

Segundo o BREF do setor, há ainda que contemplar os seguintes códigos LER, face ao fornecimento de energia pelas caldeiras de biomassa:

10 01	Resíduos de centrais elétricas e de outras instalações de combustão (exceto 19)
10 01 01	Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras (excluindo as poeiras de caldeiras abrangidas em 10 01 04)
10 01 24	Areias de leitos fluidizados ¹⁹

¹⁹ Este código LER é considerado, tendo em conta que, em diversos estudos, as areias de leito fluidizado são classificadas como um resíduo da IPPC.

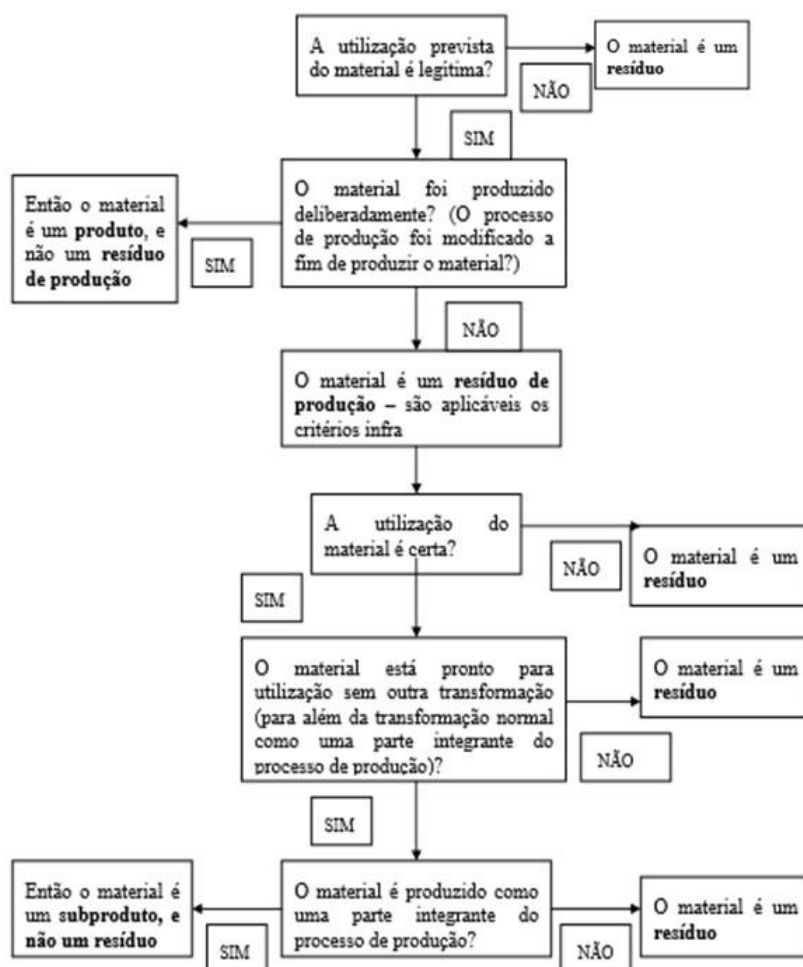
A deposição de resíduos em aterro é regulada pela Diretiva 1999/31/CE do Conselho de 26 de abril de 1999. Tendo em conta a geração de resíduos por parte da IPPC há a destacar o artigo 5º que identifica os resíduos não admissíveis em aterro: dentro destes os biodegradáveis que devem ser reciclados, utilizados para compostagem ou para valorização de energia, referenciados na alínea a) do nº1. A proposta de alteração legislativa²⁰ vem reforçar: a necessidade de diminuição de resíduos em aterro, com a meta de 10% até 2030, com fim à diminuição efeitos negativos no ambiente e na saúde humana; o cumprimento da hierarquia dos resíduos e a necessidade de um maior aproveitamento de matérias-primas secundárias.

A Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu relativa a Comunicação interpretativa relativa a resíduos e subprodutos (2007) visa orientar os Estados Membros face à classificação dos subprodutos, com base na jurisprudência do Tribunal de Justiça das Comunidades Europeias (TJCE). O comunicado especifica a diferença entre produto e resíduo produzido e em que condições este não seria um resíduo, designadamente: a) utilização certa; b) desnecessidade de tratamento prévio; c) decorrer do processo de produção. O tribunal afirma ainda que a utilização deve ser lícita. Caso estas condições não existam, o material deve continuar a ser considerado um resíduo. O TJCE considera ainda o seguinte: i. o preço do material pode ser um indicativo de que o produto não é um resíduo; ii. que até estar pronto para uma nova utilização é considerado resíduo; iii. que se o material é posteriormente necessário na produção, não é considerado um resíduo; iv. que a classificação do material pode ser influenciada se os impactes ambientais deste forem superiores ao material que pretende substituir; v. que o lugar de armazenamento não é ponderado na classificação; vi. que o destino do material pode ser importante, mas não decisivo na conclusão; que a percepção da empresa não é considerada; vii. e que a diminuição da produção de um certo material não é indicativo. O anexo II desta comunicação consiste numa árvore de decisão, para a distinção entre resíduos e subprodutos.²¹

²⁰ COM(2015) 594.

²¹ COM(2007) 59.

Figura 2.1. Árvore de decisão de classificação de subprodutos



Fonte - COM(2007) 59

Desde 1986, que a aplicação de subprodutos, em particular de lamas de depuração, ao nível da valorização agrícola é regulamentada pela Diretiva 86/278/CEE. Por sua vez a proposta de Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho *que estabelece regras relativas à disponibilização no mercado de produtos fertilizantes com a marcação CE e que altera os Regulamentos (CE) n.º 1069/2009 e (CE) n.º 1107/2009*²², aborda a questão da valorização agrícola de uma forma mais lata, não se limitando às lamas de depuração. Considerada como uma

²² COM(2016) 157.

das mais importantes propostas legislativas do plano de ação para a economia circular, esta proposta visa atualizar a regulamentação na área dos fertilizantes, face aos desafios atuais e às exigências do mercado, de forma a potenciar o mercado de matérias-primas secundárias e assim uma maior produtividade dos recursos. O primeiro objetivo estratégico visa uniformizar as regras e normas nacionais, de forma a facilitar o acesso de produtos inovadores, baseados em matérias-primas secundárias, aos mercados internos. Por sua vez, o segundo objetivo estratégico pretende introduzir limites de cádmio para adubos fosfatados. Esta proposta é de grande interesse para a IPPC visto que uma grande parte dos seus subprodutos são passíveis de ser aplicados na valorização agrícola.

A nível normativo é de evidenciar o Programa de Trabalho Anual da União para a Normalização Europeia para 2018 que prevê, enquanto ação estratégica, o apoio do Plano de Ação para a Economia Circular, por intermédio da formalização de *normas genéricas sobre a durabilidade e a possibilidade de reutilização e de reciclagem de determinados produtos, bem como sobre a documentação relativa a aspetos relacionados com a eficiência dos materiais (incluindo a utilização de matérias primas essenciais) de certos produtos.*²³

As melhores técnicas disponíveis, estabelecidas pela Decisão 2014/687/EU, não são vinculativas. Ao nível da prevenção e gestão de resíduos são referidos as seguintes técnicas: sistema de avaliação e de gestão de resíduos; recolha separada das várias frações de resíduos; combinação de frações adequadas de resíduos; pré-tratamento dos resíduos processuais antes da reutilização e reciclagem; valorização material e reciclagem de resíduos *in loco*; valorização energética *in loco* ou noutras instalações a partir de resíduos com elevado teor de matéria orgânica; utilização de materiais no exterior; pré-tratamento de frações de resíduos antes da eliminação; e pré-tratamento de frações de resíduos antes da eliminação. Dentro destas importa destacar, no âmbito do presente estudo, a importância das técnicas referentes à utilização de materiais no exterior, designadamente: a produção de energia pela combustão; a utilização na construção rodoviária; a produção de materiais de construção, como cimentos, tijolos, cerâmicas; e a valorização agrícola pela compostagem ou aplicação direta nos solos. O Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the

²³ COM(2017) 453.

Production of Pulp, Paper and Board é criado no âmbito do artigo 13º da Diretiva 2010/75/EU, e considerado um documento de referência para o setor, visto resultar do trabalho conjunto dos Estados-Membro, das indústrias de interesse e de organizações não-governamentais. A nível de gestão de resíduos, o documento enfatiza o objetivo de diminuir a quantidade de resíduos em aterro, através da redução, da recuperação de materiais e de energia, sendo para isso importante a monitorização dos resíduos sólidos quanto às quantidades, propriedades e origem. No que toca à reciclagem é salientado o princípio da proximidade, particularmente importante pelo seu impacto nos custos logísticos, mais especificamente no transporte. É referida ainda a utilização dos subprodutos da IPPC, como combustíveis renováveis, fertilizantes, matérias-primas para outras indústrias, ou para a conversão em produtos de valor acrescentado. Por fim, são elencados os seguintes destinos para os subprodutos da IPPC: produção de tijolos, indústrias de cimento, de construção, mineira e de ferro e aço, agricultura, compostagem e recuperação de solos.

2.2. A nível nacional

Na esfera nacional, ao nível da matéria legal de resíduos é de referenciar a Lista Europeia de Resíduos, o Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2014-2020 e o Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR). Relativamente aos resíduos industriais os documentos de referência são o Plano Estratégico dos Resíduos Industriais (PESGRI).²⁴ Por sua vez, os subprodutos são regulados pelo RGGR, e classificados pela Agência Portuguesa do Ambiente.

2.2.1 Matéria de resíduos

Anteriormente aprovada pela Portaria nº209/2004, a Lista Europeia de Resíduos é hoje transposta, de forma direta, pela Decisão 2014/955/EU. O Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2014-2020, elaborado com base nas preocupações da economia circular e economia verde, é composto: pelo enquadramento da evolução das políticas ambientais e da síntese de diagnóstico, da situação de referência; pela visão, objetivos e metas estratégicas; e pelos objetivos operacionais e respetivas ações e agentes de execução. As estratégias de gestão de resíduos, com base na reintegração dos resíduos do sistema, enquadra-se, em particular na terceira meta do primeiro objetivo estratégico

²⁴ De referir o Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (PNAPRI) findou o seu período de implementação em 2015.

*aumentar a integração de resíduos na economia*²⁵, assim como na segunda meta do segundo objetivo estratégico alusiva à redução da quantidade de resíduos eliminados.²⁶ A nível dos objetivos operacionais, a indústria poderá beneficiar na ótica do aproveitamento dos subprodutos, das ações decorrentes do terceiro objetivo operacional *Promover o fecho dos ciclos dos materiais e o aproveitamento da energia em cascata*, designadamente na primeira ação - *Estabelecer e implementar um programa de ação para promover a procura de materiais passíveis de valorização* e na terceira ação *Promover o estabelecimento de novas áreas industriais desenvolvidas numa ótica de simbiose industrial, com planos de racionalização de materiais e energia e a reabilitação de áreas industriais existentes* e beneficiar de uma forma geral das ações do objetivo estratégico sete referente à adequação e agilização dos processos administrativos. Por sua vez, a terceira ação, do sexto objetivo estratégico do Plano, reforça a utilização correta da hierarquia da gestão de resíduos, com base no aumento da eficácia do TGR, o que é em si, também um incentivo à redução e reintegração de resíduos na economia.

O Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR) estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 178/2006 e alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, que transpõe a ordem jurídica interna a Diretiva 2008/98/CE, estabelece os princípios gerais, a regulação, o registo e acompanhamento, o regime económico e financeiro da gestão de resíduos assim como o regime contra-ordenacional referente. Os princípios gerais, de maior relevância, para a gestão de resíduos da IPPC são os princípios da auto-suficiência e da proximidade, da responsabilidade pela gestão, proteção da saúde humana, da hierarquia dos resíduos e do ambiente e da equivalência, da eficiência e da eficácia, elencados nos artigos. 4.º, 5.º, 6.º, 7.º e 10.º. Relativamente à regulação de resíduos há a destacar no capítulo II, referente às normas técnicas, os artigos 21.º alusivo aos transportes de resíduos e, na ótica da aplicação de subprodutos, o artigo. 22.º-B referente às exigências da colocação no mercado de composto, designadamente o cumprimento de requisitos de qualidade e rotulagem e a existência de um técnico especializado e de um laboratório. Já no que toca às questões do licenciamento, elencadas no III capítulo, chama-se à atenção para n.º4 do artigo.23º, que refere as operações de valorização isentas de licenciamento, as quais de maior interesse para a IPPC: a) *Valorização energética de resíduos vegetais fibrosos provenientes da produção de pasta virgem e de papel, se*

²⁵ Meta para 2018 64% e para 2020 68%.

²⁶ Meta para 2018 67Mt e para 2020 41Mt.

forem co-incinerados no local de produção; b) Valorização energética de resíduos de madeira e cortiça, com exceção daqueles que possam conter compostos orgânicos halogenados ou metais pesados resultantes de tratamento com conservantes ou revestimento, incluindo, em especial, os provenientes de obras de construção e demolição; e) Valorização não energética de resíduos não perigosos, quando efetuada pelo produtor dos resíduos resultantes da sua própria atividade, no local de produção ou em local análogo ao local de produção pertencente à mesma entidade; e dos artigos. 42º e 43º referentes ao licenciamento industrial e aos regimes especiais de licenciamento, tendo em consideração as atividades inerentes à IPPC (operações de valorização agrícola de lamas de depuração, de incineração e co-incineração de resíduos e de deposição de resíduos em aterro).

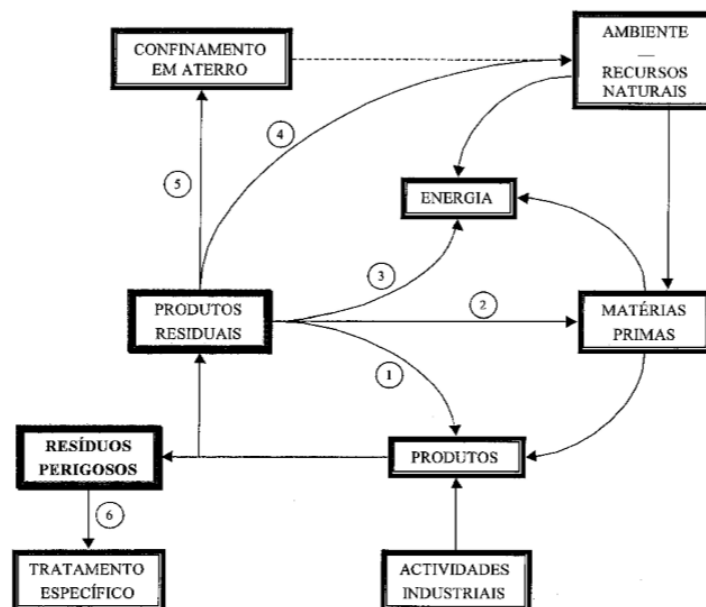
O capítulo IV, destinado aos subprodutos e ao fim do estatuto de resíduo, transpõe de igual forma a classificação de subprodutos presente na diretiva 2008/98/CE assim como estabelece o procedimento a tomar. Esta classificação encontra-se a cargo da Agência Portuguesa do Ambiente (APA). No que concerne ao registo e acompanhamento da gestão de resíduos há a destacar o capítulo I, que institui o Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos e o artigo 50º do capítulo II que estabelece a Comissão de Acompanhamento da Gestão de Resíduos, que constitui uma entidade de apoio técnico à *formulação, ao acompanhamento e à avaliação de políticas sustentáveis de gestão de resíduos*, que visa promover a transição para uma economia circular, através de uma gestão mais eficiente dos recursos. No domínio das taxas aplicáveis salienta-se os artigos: 52º alusivo às taxas gerais de licenciamento; o artigo 56º às taxas de licenciamento de instalações de incineração e co-incineração; o 58º à taxa de gestão de resíduos; e o 59º- A às taxas de classificação de subprodutos. Por sua vez, as operações de eliminação e valorização de resíduos encontram-se expressas nos anexos I e II do documento, tal como na Diretiva 2008/98/CE.

Na medida em que parte dos resíduos da IPPC ainda termina em aterro importa considerar o enquadramento jurídico nacional correspondente, estabelecido pelo Decreto-lei nº 183/2009. Os resíduos admitidos e não admitidos em aterro encontram-se expressos no artigo 5.º e 6.º e os critérios para a sua admissibilidade, presentes no capítulo V. O artigo 7.º incita à aplicação da hierarquia de gestão de resíduos de forma a minorar a deposição de resíduos em aterro que possam ser valorizados. Importante referir, no que toca à valorização de resíduos, a possibilidade, segundo o artigo 9.º, de deposição de resíduos temporariamente em aterro, com vista à sua posterior valorização. A nível de encargos económicos, de referir o artigo 45.º alusivo às tarifas.

2.2.2. Matéria de resíduos setoriais

O Plano Estratégico dos Resíduos Industriais (PESGRI), na parte III – *estratégias e programas de ação*, do capítulo 13 - *sustentabilidade da gestão* evidencia a necessidade: da redução dos fluxos de materiais e energia; da transição de recursos fósseis para renováveis; da transformação de resíduos em recursos; de mais serviços que produtos; e do *eco design*. Relativamente à recuperação de resíduos, o Plano dá primazia à recuperação material e depois à energética, referindo que no caso da eliminação por inceneração se deve preferenciar os métodos que permitam a recuperação de energia. Neste sentido o Plano apresenta o paradigma ecológico, caracterizador do ciclo ecológico dos resíduos, ilustrado pela Figura 2.2., que não prevê a existência destes, mas sim de produtos residuais.

Figura 2.2. Ciclo ecológico de resíduos



Fonte - Plano Estratégico dos Resíduos Industriais 2002

O Plano destaca ainda a importância das Melhores Técnicas Disponíveis e dos Best Available Techniques (BAT) Reference documents (BREF). Apesar de conter já 15 anos, a ideologia deste documento adequa-se perfeitamente às políticas atuais. Ainda baseado na antiga LER, apenas prevê a valorização energética e recuperação da matéria orgânica (R1 e R3) dos códigos LER 03 03 01, LER 03 03 05 e LER 03 03 06, sendo que prevê unicamente as operações de valorização R5 e R1 para os resíduos classificados com o código LER 03 03 07.

Ainda no que concerne aos resíduos e em particular aos resíduos setoriais, refira-se o Decreto-Lei n.º 127/2013, que transpõe a Diretiva ° 1600/2002/CE e estabelece o regime de emissões industriais aplicável à prevenção e ao controlo integrados da poluição, bem como as regras destinadas a evitar e ou reduzir as emissões para o ar, a água e o solo e a produção de resíduos. De referir a aplicabilidade à IPPC por intermédio dos termos expressos no anexo II.

2.2.3. Matéria de subprodutos

Os subprodutos encontram-se regulados pelo artigo 44.º- A do RGGR, que tal como já foi referido, transpõem a as condições da Diretiva 2008/98/CE para a sua classificação, que se encontra à responsabilidade da APA. A Agência providencia critérios de consideração (que segundo a mesma são genéricos, indicativos e não exaustivos), que ajudam a interpretar de uma melhor forma o referido no nº1 do artigo 44.ºA. Estes podem ser consultados do *website* da agência e consistem no seguinte:

Quadro 2.4. Critérios gerais para a classificação de subprodutos segundo a APA

condição a)	<ul style="list-style-type: none"> - Existência de contratos entre o produtor do material e os futuros utilizadores; - Um ganho financeiro para o produtor; - A declaração de interesse do futuro utilizador com as quantidades a adquirir anualmente; - Evidência de que o material preenche as mesmas especificações que outros produtos no mercado; - Garantia que a procura é superior à oferta
condição b)	- Processamentos considerados “prática industrial normal” (processos físicos apenas, designadamente trituração, homogeneização, gradação/peneiramento, compactação, desidratação, secagem, acondicionamento, fragmentação, mistura (desde que não altere a perigosidade) e lavagem;
condição c)	<ul style="list-style-type: none"> - Processo produtivo – Processo onde é deliberadamente produzido um material (produto) - Para os processos produtivos para os quais exista um Documento de Referência (BREF), no âmbito do Regime de Prevenção e Controlo Integrados da Poluição, considera-se que as MTD constantes do mesmo são parte integrante do processo produtivo;

condição d)	<ul style="list-style-type: none"> - A substância ou objeto cumprir as especificações técnicas relevantes para o seu uso, - Existência de acordo de qualidade do material entre produtor e futuro utilizador; - A substituição da matéria-prima original pela substância ou objeto, enquanto subproduto, não acarretar impactes globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou saúde pública; - Existência de controlo de qualidade; - Não existência de qualquer restrição à colocação no mercado; - A utilização futura do material ser uma MTD do setor; - A existência de legislação específica para o uso posterior obriga à apresentação de parecer da entidade competente nessa matéria.
--------------------	---

Fonte – Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

Segundo o nº 3, o pedido de classificação tem de ser remetido pela entidade ou respetiva associação setorial através da submissão de um formulário, tendo em consideração o fluxograma de decisões, acessível no *website* da APA, baseado na árvore de classificação de subprodutos, apresentada na figura 2.1. O processo de decisão tem um prazo de 90 dias e a taxa agregada, estabelecida pelo já referido artigo 59º é de 5000€.

É possível aferir que o enquadramento legal não é totalmente favorável à integração de matérias-primas secundárias no mercado (Fraga, 2017). Porém, esta questão encontra-se sob as preocupações estratégicas a nível da União Europeia e na esfera Nacional. Prevê-se nesse sentido, uma uniformização da regulamentação sobre os subprodutos e a agilização do processo de classificação, o que intensifica a necessidade, por parte das empresas e em particular da IPPC, da consciencialização face às medidas que podem aplicar.

Capítulo III

Análise do Setor – Indústria de pasta, de papel e cartão

Atualmente, a IPPC detém uma importância significativa na economia nacional. Contudo, o seu impacto ambiental, a crescente inovação tecnológica, assim como a utilização de matérias-primas alternativas à madeira, designadamente têxteis reciclados²⁷ ou polímeros²⁸ podem influenciar a conceção de que não se deve investir numa indústria do passado. Todavia, Lopes (2010) vem confirmar a correlação positiva entre o avanço das novas tecnologias e o consumo de papel. Além disso, a indústria assume hoje um papel de destaque, no suporte à diminuição das embalagens de plástico, assim como uma importância significativa na integração de componentes eletrónicas.

Assim, a importância significativa da indústria fundamenta a necessidade de investigação e desenvolvimento de práticas e estratégias mais sustentáveis.

3.1. Indicadores gerais e económicos

Em Portugal, a IPPC encontra-se classificada pela Divisão 17 da Classificação de Atividades Económicas (CAE), tendo as seguintes subclasses: 17110 - Fabricação de pasta; 17120 - Fabricação de papel e de cartão (exceto canelado); 17211 - Fabricação de papel e de cartão canelados (inclui embalagens); 17212 - Fabricação de outras embalagens de papel e de cartão 1722 17220 Fabricação de artigos de papel para uso doméstico e sanitário; 17220 - Fabricação de artigos de papel para uso doméstico e sanitário; 17230 - Fabricação de artigos de papel para papelaria; 17240 - Fabricação de papel de parede; e 17290 - Fabricação de outros artigos de pasta de papel, de papel e de cartão.

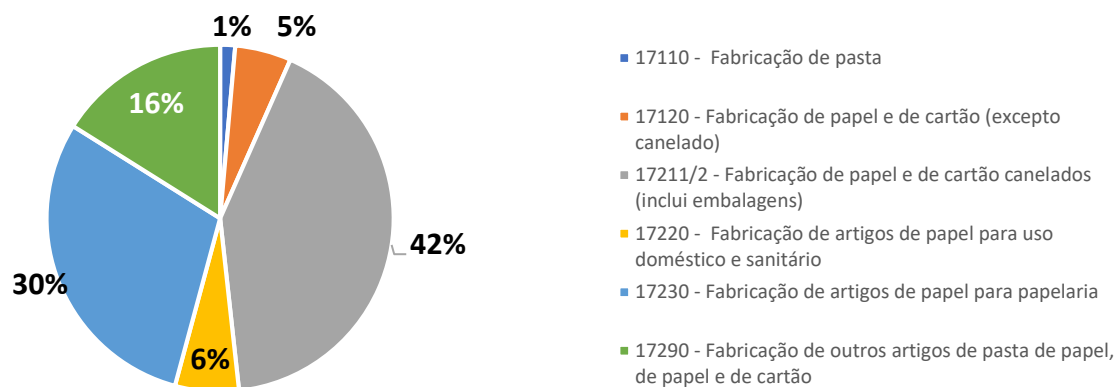
No ano de 2015, a IPPC somava um total de 572 empresas. A maior parte das destas, cerca de 309, empresas encontra-se na região norte do país, seguindo-se da região centro com 131 empresas, da Área Metropolitana de Lisboa com 105, do Alentejo com 18, do Algarve com 6, e por fim, das

²⁷ Como é o caso da empresa portuguesa *O Moinho*.

²⁸ Como é o caso da obra *Cradle to cradle: remaking the way we make things*.

Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira com 2 e 1 empresas respetivamente.²⁹ A figura 3.1. apresenta a percentagem de empresas por subclasse CAE face ao total.

Figura 3.1. Empresas por subclasse CAE em 2015 (%)



Fonte - INE

A IPPC empregava, no mesmo ano, 10 198 pessoas³⁰ e somava 237 209 182 € de gastos com os colaboradores. Neste campo, a indústria de papel e de cartão canelados e de embalagens de papel e cartão (CAE 17211/2) destaca-se ao empregar cerca de 54% do total de pessoas empregadas nesta área.³¹

Como se pode constatar na Figura 3.2. o VAB (Valor Acrescentado Bruto) da IPPC apresentou, em 2015, um aumento de 172 414 062 € face a 2014, invertendo assim a tendência de decréscimo, sentida desde 2010.³² Por sua vez, a formação bruta de capital fixo apresentou um aumento de 194 411 338 €.³³

²⁹ Empresas (N.º) por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual - INE, Sistema de contas integradas das empresas.

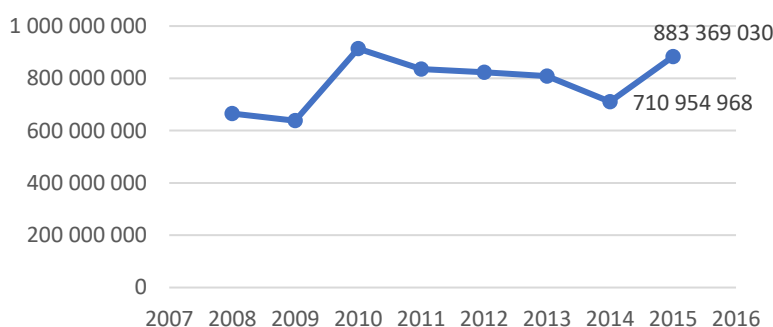
³⁰ Pessoal ao serviço (N.º) dos estabelecimentos por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (CAE Rev. 3); Anual - INE, Sistema de contas integradas das empresas.

³¹ Pessoal ao serviço (N.º) e gastos com o pessoal (€) das empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual.

³² Valor acrescentado bruto (€) das Empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Divisão - CAE Rev. 3); Anual - INE, Sistema de contas integradas das empresas.

³³ Formação bruta de capital fixo (€) das Empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual - INE, Sistema de contas integradas das empresas.

Figura 3.2. Valor acrescentado bruto (€) [2007-2015]

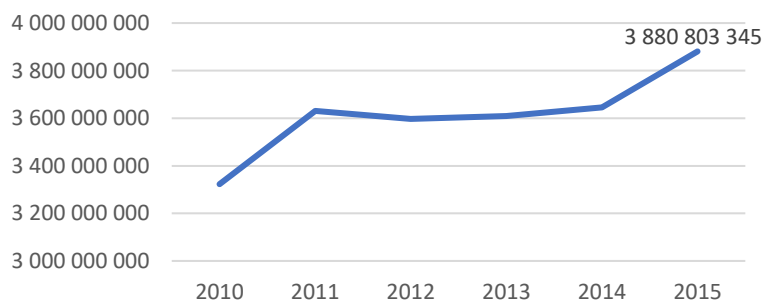


Fonte - INE, I.P.

Os associados da CELPA - Associação da Indústria Papeleira, que representam cerca de 73% do total do volume de vendas da indústria, gerem de uma forma direta, aproximadamente 2.3% do território nacional, com 202 000 hectares (propriedades próprias e arrendadas), sendo que 166 900 são área florestal, o que representa 5.3% da floresta nacional (CELPA, 2016).

O volume de negócios da IPPC tem vindo a aumentar, como demonstra a Figura 3.3, encontrando-se em 2015 nos 3 880 803 34€.³⁴

Figura 3.3. Volume de negócios por divisão CAE (€) [2010-2015]

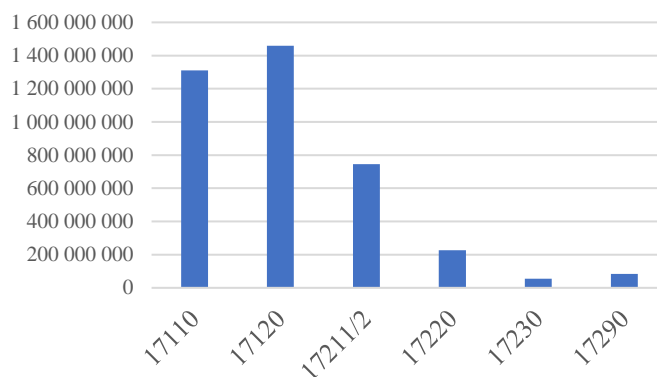


Fonte - INE, I.P.

³⁴ Volume de negócios (€) dos estabelecimentos por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (CAE Rev. 3); Anual - INE, Sistema de contas integradas das empresas.

Em conformidade com a Figura 3.4. há a destacar as indústrias de pasta (CAE 17110) e de papel e cartão (exceto canelado) (CAE 17120), que apresentam um volume de negócios de 1 311 182 475€ e 1 458 895 614€ respetivamente.³⁵

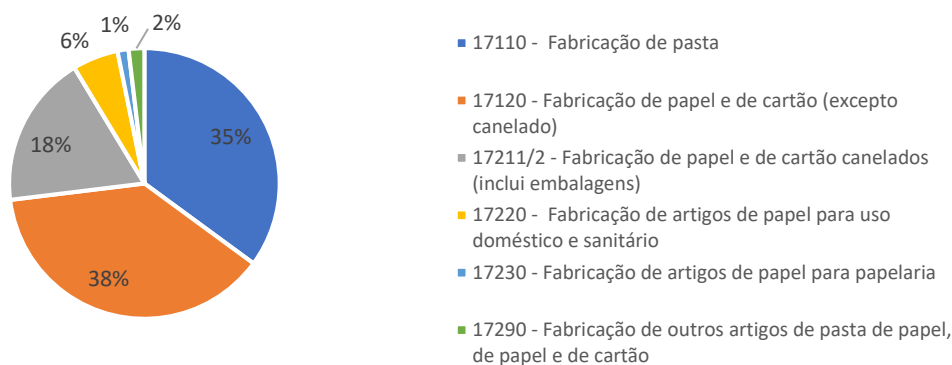
Figura 3.4. Volume de negócios por subclasse CAE em 2015 (€)



Fonte – INE, I.P.

A produção referente a 2015 foi de 3 932 978 758 €, sendo 35% referente a empresas classificadas com o CAE 17110, 38% com o CAE 17120, 18% com o CAE 17211/2, 6% com o CAE 17220, 2% a empresas com o CAE 17290 e 1% a empresas com o CAE 17230, de acordo com a Figura 3.5.³⁶

Figura 3.5. Produção em 2015 (€)



Fonte - INE, I.P.

³⁵ Volume de negócios (€) das empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual - INE, Sistema de contas integradas das empresas.

³⁶ Produção (€) das Empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual.

Já a produção vendida, somou um total de 3 592 661 874 €, o que equivale a 91.3% da produção total. Em 2016, o valor da produção aumento 2%.³⁷ A nível de peso, a produção em 2015, foi de 220,20 mil toneladas, como demonstra a Figura 1.6., representado 2.5% do total de produção da União Europeia. Olhando para os níveis de produção, de anos anteriores, é possível verificar o crescimento residual da produção de papel e cartão, após o crescimento em flecha de 2011, encontrando-se, no ano em análise, no valor mais alto até agora verificado.

Figura 1.6. Produção de Papel e Cartão (t) [2006-2015]



Fonte - Eurostat

Segundo o *Boletim Estatístico da CELPA* (2016), 71.9% deste valor diz respeito a papéis para usos gráficos, 17.8% a coberturas de cartão canelado, 4.8% a papéis sanitários, 3.5% a papéis e cartões para embalagens empacotamentos, 1.9% outros papéis e 0.1% *wrappings*.

Nesse mesmo ano, Portugal foi o maior produtor, a nível da união europeia, de outros papéis e cartões, sendo esta a 3º maior produção no país. Referenciada em 7º lugar no ranking das principais produções industriais, a produção de Outros papéis e cartões com uma percentagem de fibras obtidas por processo mecânico \leq a 10% e de peso \geq 40 g/m² mas \leq a 150 g/m², atingiu em 2015 os 1 203 154 437 kg, tendo sido vendido 1 200 595 531kg (INE, I.P., 2016c).

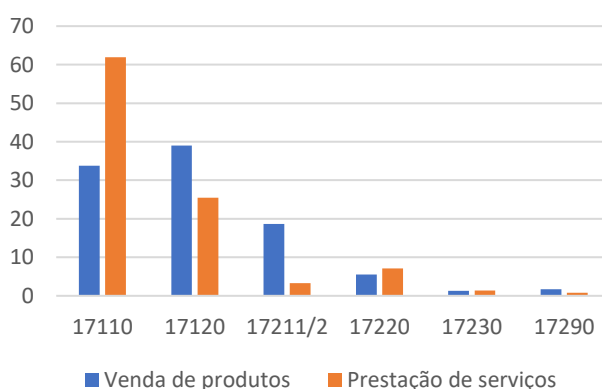
A produção de pasta virgem atingiu 2 662 mil toneladas, sendo 1 400t destas destinadas ao mercado e 1262t destinadas à integração na produção de papel. Por sua vez a pasta de fibra reciclada somou

³⁷ Produtos vendidos (€) da indústria por Tipo de produto (Por CAE Rev. 3); Anual - INE, Inquérito anual à produção industrial.

apenas 315 toneladas. Já o consumo total de pasta para a produção de papel foi de 1 764,6 mil toneladas (CELPA, 2016).

Relativamente à venda de produtos, em 2015, a indústria somou no seu total de 3 645 850 566€³⁸, já a prestação de serviços foi no valor de 128 718 405€. A nível percentual as empresas com o CAE 17110 assumem a liderança na prestação de serviços e as empresas com o CAE 17120 nas vendas de produtos, como se pode verificar na Figura 3.7.³⁹

Figura 3.7. Venda de produtos e serviços em 2015 (€)



Fonte - INE, I.P.

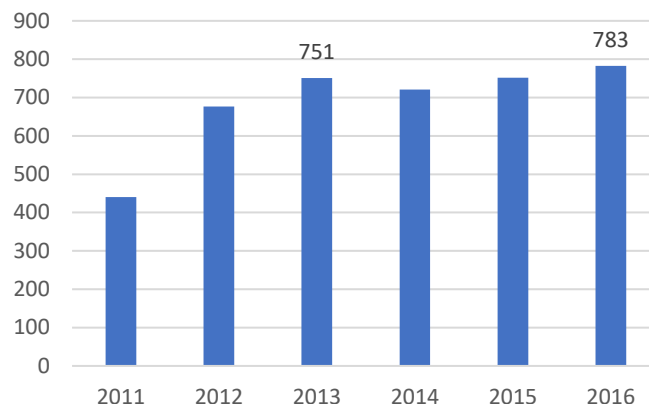
Segundo os dados disponibilizados pelo INE, as *pastas de madeira ou de outras matérias fibrosas celulósicas; papel ou cartão para reciclar (desperdícios e aparas); papel e suas obras*, representaram 4.9% do valor total das exportações de bens, em 2016, com 2 454 740 722€.

De acordo com a Figura 3.8. as exportações líquidas de produtos de papel e cartão, obras de pasta de celulose, de papel ou de cartão têm vindo a aumentar, somando em 2016 783 milhões de euros, o valor mais alto do período compreendido entre 2011 e 2016.

³⁸ Vendas de produtos e ativos biológicos (€) das empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual.

³⁹ Prestações de serviços (€) e vendas de produtos e ativos biológicos (€) das empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual.

Figura 3.8. Exportações Líquida (Milhões de €) [2011-2016]



Fonte - INE, I.P

Relativamente aos custos das matérias consumidas e ativos biológicos, a indústria apresenta um valor de 2 137 901 635 €. ⁴⁰ A aquisição de madeira nos mercados externos tem vindo a diminuir nos últimos 3 anos, tendo apenas sido adquirida 22% do total de madeira de eucalipto, em 2015 (CELPA, 2016). No entanto, devido ao volume de área ardida nos últimos dois anos, esta tendência não se deverá verificar nos futuros dados estatísticos.

No que concerne ao consumo, foi possível aferir que, no ano de 2015, o consumo aparente de papel e cartão foi de 1 194,2 mil toneladas, apresentando uma taxa de variação de 4.9% face ao ano precedente e o consumo *per capita* de papel e cartão foi de 115,3 kg/habitante (CELPA, 2016).

⁴⁰ Custo das matérias consumidas e ativos biológicos (€) das empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual - INE, Sistema de contas integradas das empresas.

Figura 3.9. Consumo de papel e cartão (kg/habitante) [2006-2015]



Fonte – CELPA, (2016)

3.2. Indicadores Ambientais

A IPPC é alvo de uma grande pressão, tendo em conta o impacto ambiental decorrente do seu processo de produção, caracterizado pelo uso intensivo de água e de energia e pela sua elevada produção de resíduos industriais. Não indiferente à pressão exercida, o setor tem vindo a desenvolver estratégias ambientais capazes de promover uma melhor eco-eficiência dos processos de produção. Em Portugal, o resultado da implementação destas estratégias tem-se verificado a nível estatístico.

Face a 2014, relativamente às emissões atmosféricas, houve uma redução de 0.2% na emissão de gases acidificantes, de 3% de óxido de azoto por tonelada produzida e de 3.4% de gases efeito estufa, estando as emissões de CO₂ por Kwh abaixo da média nacional, menos 88%. A nível da utilização de recursos hídricos há a destacar a redução em 23% da água utilizada nos processos de produção, o que se deve, segundo a CELPA (2016), aos investimentos na eficiência do processo produtivo. A nível energético, é possível verificar que a biomassa é o combustível mais consumido, representando 69% do total; dentro dos biocombustíveis, destaca-se o consumo de licor negro, representando 82% face ao total; no consumo de combustíveis fósseis continua a destacar-se o gás natural. Entre 2011 a 2015 os valores de consumo e produção de energia elétrica mantiveram-se constantes, sendo a produção de energia superior ao consumo. O setor vendeu 0.97 TWh à rede, tendo apresentado uma diminuição face a 2014. Nesse ano, a IPPC produziu 6.9% do total nacional de eletricidade e 49% de energia produzida por cogeração. Dentro dos setores cogeneradores de energia elétrica, além do setor da refinação a indústria de pasta e papel é a única a ser 100% auto-suficiente (CELPA, 2016). No que diz respeito ao papel reciclado, face a 2014 a indústria consumiu

mais 3%, cerca de 377 mil toneladas, porém a taxa de reciclagem diminuiu 6%, fixando-se a nos 66% (CELPA, 2016).

A nível da gestão ambiental e de acordo com o relatório *Gestão e proteção do ambiente nas empresas da indústria - 2014* (INE, I.P., 2016b), a IPPC é uma das cinco indústrias responsáveis por mais metade dos gastos em gestão e proteção do ambiente. Cerca de 25% das unidades produtivas da IPPC, detinha em 2015, medidas aplicadas de gestão, sendo esta a 7ª indústria com maior proporção de empresas com atividades de gestão e proteção do ambiente (INE, I.P., 2016a e b).

Os gastos derivados das atividades de gestão e proteção do ambiente da IPPC encontravam-se, em 2015, na ordem dos 30 milhões de euros, sendo que os rendimentos derivados foram cerca de 28 milhões de euros (colocando a indústria entre as três que mais rendimentos geraram) e os investimentos inferiores a 5 milhões de euros. Aproximadamente 42% do investimento em gestão ambiental é destinado à proteção do ar e do clima; 30% para gestão das águas residuais; ligeiramente inferior a 10% para a gestão de resíduos e por sua vez um pouco mais que 10% em outros domínios do ambiente.

A indústria ocupou a segunda posição relativamente aos gastos com o controlo, redução e minimização da poluição com 12,7%. Cerca de metade dos gastos são destinados à gestão de águas residuais, 30% à gestão de resíduos, um pouco mais de 10% para a proteção da qualidade do ar e clima e o restante em outros domínios do ambiente.

No que toca a rendimentos, a indústria está categorizada como uma das atividades com geração de resíduos comercializáveis. Menos 5% das indústrias detêm certificação em gestão ambiental (ISO 14001) e apenas cerca de 2% detêm estratégias para a redução de GEE (INE, I.P., 2016a e b).

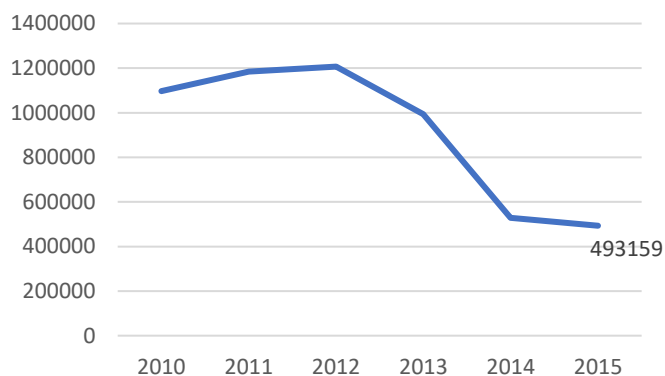
3.2.1 Resíduos

As *Estatísticas dos Resíduos - 2014* (INE, I.P., 2016d) apontavam a indústria transformadora como principal setor gerador de resíduos setoriais, com 2.7 milhões de toneladas de resíduos gerados,

sendo a Indústria de Pasta, Papel e Cartão a que mais resíduos gerou, neste universo, contabilizando um total de 528,6 mil toneladas de resíduos, representando assim quase 20% do setor.

As *Estatísticas do Ambiente – 2015* (INE, I.P., 2016a) e os dados disponibilizados na base de dados do INE⁴¹ indicam que, em 2015, apesar de ser o quarto ano consecutivo em que a produção de resíduos setoriais decresceu (menos 35 mil toneladas que o ano precedente), a indústria continuou a assumir uma posição de destaque neste domínio, em relação às demais indústrias transformadoras, e em relação ao total de resíduos setoriais produzidos, representando cerca de 6% destes. Apesar da quantidade de resíduos gerados, cerca de 91.5% do total não são perigosos.

Figura 3.10. Total de resíduos produzidos (t) [2010-2015]

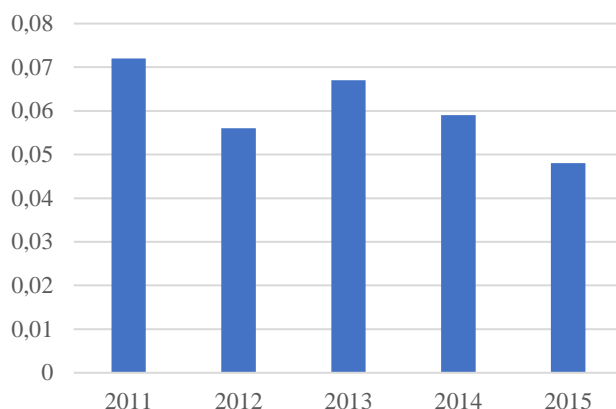


Fonte - INE, I.P.

Segundo a publicação, supra referida, a queda na produção total de resíduos setoriais entre 2011 e 2013 é influenciada pela contração do PIB, derivada dos efeitos da crise económica. Por sua vez, é chamada a atenção para os dados dos anos subsequentes, onde o crescimento do PIB e a diminuição da geração de resíduos, contrariam a associação até agora estabelecida entre estes dois indicadores, como se pode verificar nos dados apresentados pela Figura 3.11. (INE, I.P., 2016a).

⁴¹ Resíduos setoriais produzidos (t) por Tipo de resíduo (CER-stat) e Actividade económica (CAE Rev. 3); Anual - INE, Resíduos setoriais.

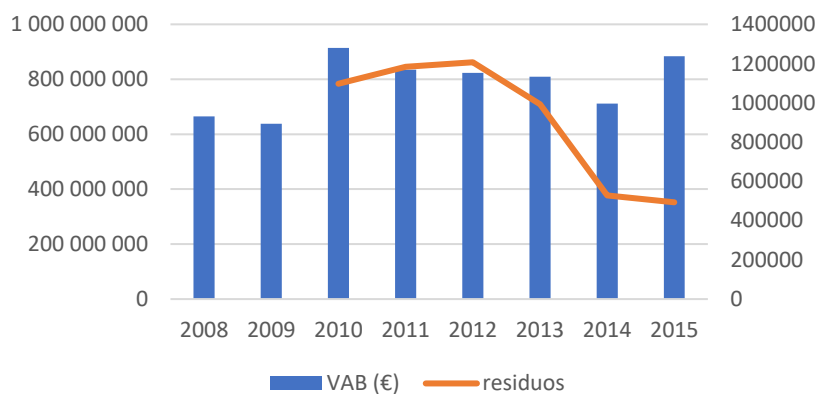
Figura 3.11. Total de resíduos gerados por unidade de PIB (kg/€) [2011-2015]



Fonte: INE, I.P., 2016a

Através da Figura 3.12. é possível verificar a aplicabilidade da ilação anteriormente referida, à indústria em causa.

Figura 3.12. Relação dos resíduos (t) gerados e do VAB (€) da IPPC [2008-2015]



Fonte - INE, I.P.

O Quadro 3.1. identifica os dez tipos de resíduos mais produzidos, em 2015. Estes, representam 97.7% do total dos resíduos gerados, sendo que nenhum deles é perigoso.⁴²

⁴² Resíduos sectoriais produzidos (t) por Tipo de resíduo (CER-stat) e Actividade económica (CAE Rev. 3); Anual - INE, Resíduos sectoriais.

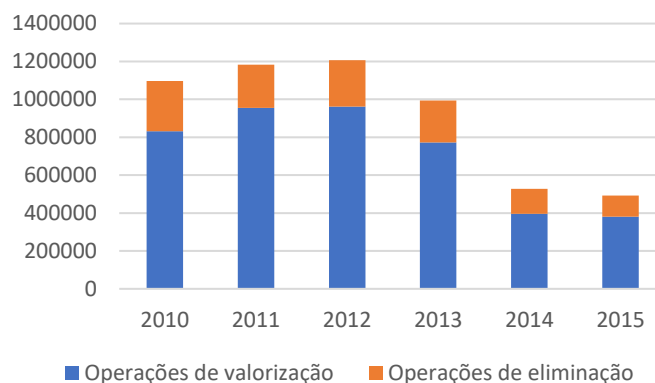
Quadro 3.1. Dez tipos de resíduos mais produzidos em 2015(t)

#	Tipo de resíduo	t
1	Lamas comuns (não perigosos)	140834
2	Resíduos de papel e cartão (não perigosos)	107734
3	Mistos e não diferenciados (não perigosos)	60394
4	Resíduos químicos (não perigosos)	57999
5	Resíduos de combustão (não perigosos)	51372
6	Resíduos ácidos, alcalinos ou salinos (não perigosos)	37196
7	Lamas de efluentes industriais (não perigosos)	14655
8	Mistura de resíduos metálicos ferrosos e não ferrosos (não perigosos)	5420
9	Resíduos de madeira (não perigosos)	3406
10	Resíduos domésticos e similares (não perigosos)	2707

Fonte - INE, I.P.

É possível aferir segundo na Figura 3.13. que as operações de valorização são cada vez mais elevadas em relação às operações de eliminação. Em 2015, a indústria valorizou cerca de 77% dos resíduos produzidos, 380 824 toneladas, destinando 23% do total a operações de eliminação.⁴³

Figura 3.13. Tipo de operação de resíduos (t) [2010-2015]

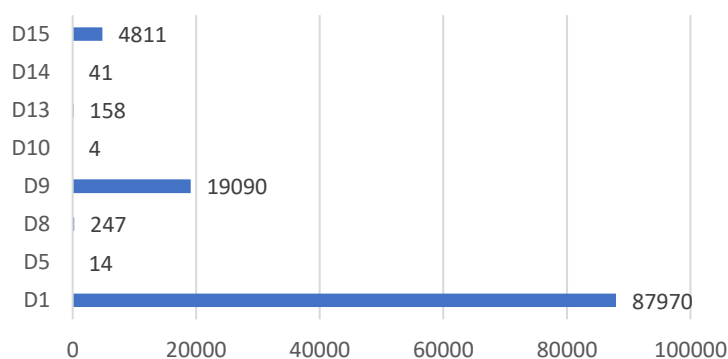


Fonte - INE, I.P.

⁴³ Resíduos sectoriais produzidos (t) por Actividade económica (CAE Rev. 3) e Tipo de operação de gestão de resíduos; Anual - INE, Resíduos sectoriais.

Como indica a Figura 3.14., as operações de eliminação mais utilizadas são: por *depósito no solo, em profundidade ou à superfície (D1)* com 78% do total; por *tratamento físico-químico, não especificado em qualquer outra operação, que produza compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer uma das operações enumeradas de D1 a D12 (D9)* com 17%; e 4% relativo ao armazenamento (D15).⁴⁴ As restantes operações de eliminação apresentam valores pouco significativos ou inexistentes.

Figura 3.14. Operações de eliminação em 2015(t)



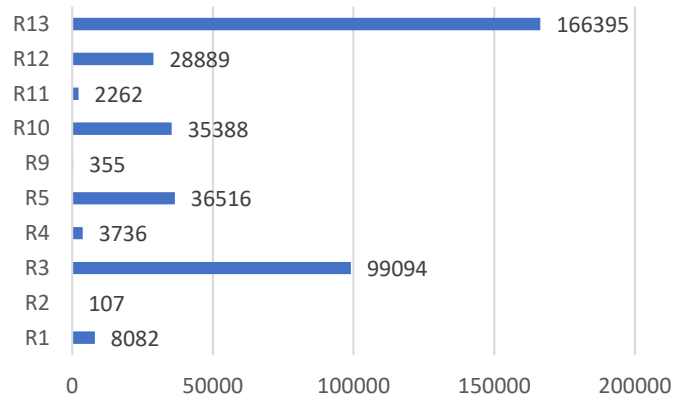
Fonte - INE, I.P.

Os dados referentes às operações de valorização indicam que, de acordo com a Figura 3.15., a maior percentagem, 44% diz respeito, segundo a classificação de operações de valorização,⁴⁵ a R13, relativo ao *armazenamento de resíduos*; 26% a R3 *reciclagem/recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes*; 10% a R5 *reciclagem/recuperação de outros materiais inorgânicos*, 9% a R10 *tratamento do solo para benefício agrícola ou melhoramento ambiental* e 8% a R12 relativo à *troca de resíduos para submissão a operações de valorização*. As restantes operações de valorização não tiveram valores significativos ou inexistentes.

⁴⁴ Resíduos sectoriais produzidos (t) por Actividade económica (CAE Rev. 3) e Tipo de operação de gestão de resíduos; Anual - INE, Resíduos sectoriais.

⁴⁵ Pela diretiva europeia de resíduos em vigor e pela respetiva transposição para a legislação nacional.

Figura 3.15. Operações de valorização em 2015(t)



Fonte – INE, I.P

Capítulo IV

Aplicação de subprodutos da IPPC

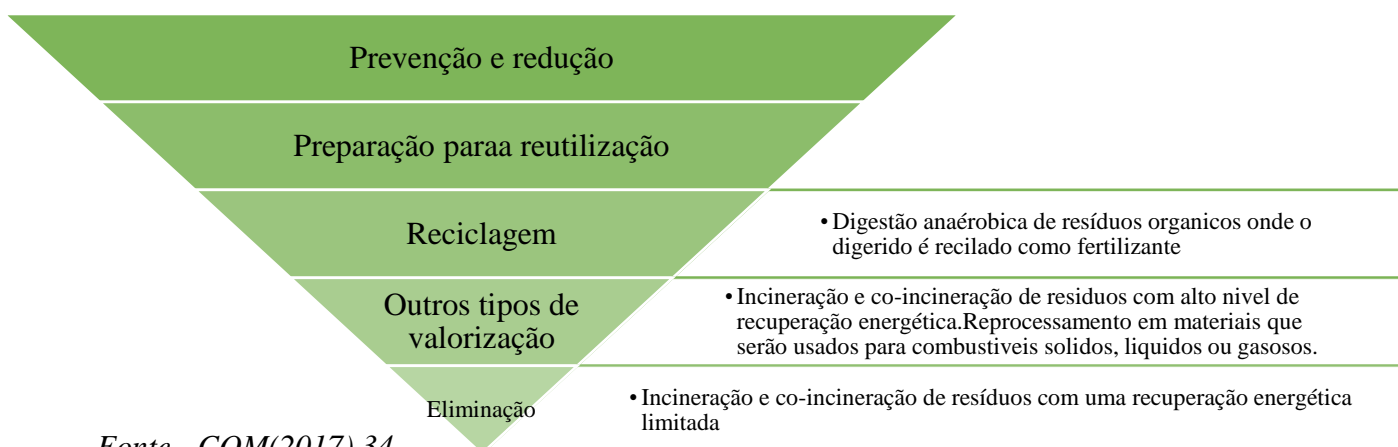
Desde os anos 40 que as empresas de produtos de base florestal têm empenhado esforços na busca de métodos alternativos à gestão tradicional de resíduos (Seyyedalipour et al, 2014). A necessidade de novos métodos de gestão de resíduos é gradualmente mais importante tendo em conta os desafios ambientais impostos ao setor empresarial, em particular à IPPC tendo em conta o volume de resíduos gerados durante o processo produtivo. Os princípios da economia circular, incitam que os materiais biológicos e técnicos devem permanecer no sistema, com a maior utilidade e no maior período de tempo possível, podendo os resíduos ser reintegrados neste como matérias-primas, produtos ou energia. Após uma análise, não extensiva, da literatura existente sobre as possíveis utilizações dos subprodutos da IPPC, aferiu-se a existência de quatro tipos distintos: valorização energética, utilização no solo, produção de materiais de construção e produção de biocombustíveis, bioquímicos e biomateriais, através de biorrefinarias.

4.1. Utilizações de subprodutos

4.1.1. Valorização energética

Segundo o PESGRI e a Comunicação da Comissão relativa ao papel dos resíduos a energia na economia circular⁴⁶ a valorização energética deverá ser considerada como último recurso, a nível da valorização de resíduos, o que também é refletido pelos princípios de economia circular.

Figura 4.1. Relações da HGR com os tipos de valorização energética



Fonte - COM(2017) 34

⁴⁶ COM(2017) 34.

Dentro das opções existentes a este nível, a **digestão anaeróbica** é a única considerada segundo a COM(2017) 34, como uma atividade de reciclagem, no âmbito da hierarquia de gestão de resíduos, visto o respetivo material ser posteriormente utilizado na agricultura e ainda beneficiar com impactos positivos no custo do transporte, decorrentes da redução do peso. Esta técnica é comumente aplicada no tratamento de águas residuais (Bousios e Worrell, 2017). Dentro das opções de valorização energética é aquela capaz de gerar mais ganhos (CEPI, 2016).

São ainda referidas neste âmbito, a **incineração de biomassa** e a todo o tipo de lamas (Monte et al., 2009), associada a um baixo/médio investimento e a uma alta eficiência, sendo reconhecida como uma prática largamente aplicada (Simão, 2011); a **gaseificação** que envolve uma parcial oxidação do material, exige um custo de investimento médio/alto demonstrando um nível de eficiência, também ele médio/alto (Simão, 2011) e apresentando ganhos iguais à incineração e inferiores à digestão anaeróbica e pirólise (CEPI, 2016). Por sua vez a **pirólise**, que decompõe termalmente o resíduo na ausência de um agente oxidante, pode também ser utilizada como técnica de separação. Os resíduos resultantes podem ser aplicados na valorização agrícola. Considerada como uma técnica ainda em desenvolvimento (Monte et al., 2009; Bousios e Worrell, 2017), com custos de investimento elevados (Simão, 2011), porém com ganhos superiores às duas práticas anteriormente referidas, mas inferiores à digestão anaeróbica (CEPI, 2016). Monte et al., (2006) refere ainda a *super critical water*, *wet oxidation* e *steam reforming* como técnicas emergentes.

4.1.2. Utilização no solo

A utilização de subprodutos da IPPC no solo é uma aplicação largamente estudada pela academia e aplicada na prática em diversos países, incluindo em Portugal. No entanto, o seu potencial de aplicação ainda se encontra um pouco aquém.

No domínio da aplicação de subprodutos da IPPC, em particular na utilização nos solos, refere-se o Decreto-Lei n.º 276/2009, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 86/278/CEE, que estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, de forma a evitar efeitos nocivos para o Homem, para a água, para os solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correta utilização. A IPPC é considerada perante o presente decreto através da alínea b) vi) do artigo 3.º. Ainda neste domínio a relevância do Decreto-Lei n.º 103/2015, enquanto

resposta as obrigações decorrentes o Regulamento (CE) n.º 2003/2003, estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes.

Após a análise da literatura de referência, em particular dos estudos científicos portugueses, apurou-se a aplicação dos resíduos industriais em cinco domínios diferentes, designadamente enquanto agente neutralizante de solos, composto, fertilizante, recuperador e enquanto cobertura de terrenos.

A utilização de *dregs* enquanto **agente neutralizante de solos** (Matias, 2012) apresenta uma mais-valia económica, pois é mais barato que os produtos convencionais, porém os custos associados são ainda elevados para a IPPC, tendo em conta a logística do processo de acondicionamento e transporte (Simão, 2011). Com o objetivo de diminuir a problemática dos custos logísticos e de aumentar a eficácia do produto Björkqvist (2015) apresenta no seu estudo a utilização de *dregs*, lamas de cal e cinzas na **fertilização dos solos**, através da sua compactação em *pellets*. Por sua vez, Oliveira (2009) sugere a estabilização dos resíduos através da **compostagem**, evidenciando o aumento da eficácia na aplicação nos solos. Podem ser utilizadas para este fim as lamas primárias e secundárias e cinzas da caldeira de biomassa (Oliveira, 2009), as lamas de destintagem (Gea et al., 2005) e os resíduos de madeira (Sempiterno e Fernandes, 2014), sendo ainda sugerida a mistura com resíduos domésticos (Tucker, 2005). Economicamente este processo é ainda dispendioso para a indústria, podendo ser inferior se o processo for efetuado nas instalações fabris, contudo é necessária uma área ampla. A compostagem é considerada uma BAT, sendo que o tipo de utilização mixada é sugerida pelo BREF do setor. Em Portugal, é comumente utilizada, estando devidamente regulada. A utilização de lamas de destintagem (Bousios e Worrell, 2017), primárias e secundárias (Battaglia et al., 2007) é ainda referida na **recuperação de solos** degradados com fim à reposição das funções dos ecossistemas (Fierro et al., 1999; Filiatrault et al. 2006). Neste âmbito, está também comprovada a eficácia da utilização de lamas de destintagem, primárias e secundárias, na **cobertura de aterros** municipais, sendo reconhecida como uma prática economicamente mais atrativa, face à utilização dos materiais convencionais (Carroll, 2008; Floess et al., 1998; Zule et al., 2007).⁴⁷

⁴⁷ As utilizações referidas, estão descritas com maior rigor no Anexo I.

Todas estas utilizações apresentam um impacto ambiental igual ou inferior aos materiais convencionais. Porém, há que referenciar a presença, em quantidades mínimas de cádmio, apresentadas em todos os estudos analisados. A utilização de subprodutos no solo é considerada como aquela que, dentro das demais, menos ganhos podem trazer à IPPC (CEPI, 2016), não tendo sido apurado na literatura de referência, qualquer valor económico, referente à transação de subprodutos.

4.1.3. Materiais de Construção

A utilização de resíduos da IPPC na produção de materiais de construção tem vindo a ser aplicado à escala industrial em vários países (Bousios e Worrell, 2017; Agulló et al., 2006), encontrando-se referido como uma das melhores técnicas disponíveis para a gestão de resíduos sólidos, sendo ainda recomendado pelo BREF do setor que, no caso de existir uma indústria de cimento perto, se estabeleça uma parceria para a valorização de resíduos

Apesar de não existir o enquadramento legal indicado, refira-se o Decreto-Lei n.º 130/2013 que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção, transpondo para a ordem jurídica portuguesa o Regulamento UE n.º 305/2011. A nível normativo, são indicadas pela APA a NP EN 13242:2002+A1 2010 relativa aos agregados para betão; a NP EN 13043:2004 e NP EN 13043:2004/AC:2010 referentes a agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação; a NP EN 13139:2005 e NP EN 13139:2005/AC:2010 referentes a agregados para argamassas; a NP EN 450-1:2012 referente à utilização de Cinzas volantes para betão; a E 471 – 2009 - Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos e a E 473 – 2009 – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos.

Bousios, Worrell (2017) e Cusidó et al. (2015) referem a viabilidade técnica da utilização de lamas primárias e secundárias e Sutcu e Akkurt (2009) de lamas de destintagem, na **produção de tijolos**, sugerindo Sutcu et al. (2012) a utilização na produção de tijolos isolantes. Segundo Modolo (2006, 2009 e 2011) os *dregs* e os *grits* podem ser utilizados na **produção de misturas betuminosas**. A autora refere ainda, no estudo de 2011, a aplicabilidade das lamas de cal como agregado de

argamassas, e no estudo de 2006, a potencialidade da utilização de areias de leito fluidizado enquanto agregado de argamassas de valor acrescentado e de cinzas em argamassas adesivas. Yan et al. (2011) apresenta as potenciais utilizações de lamas de destintagem e Agulló et al. (2006) de lamas primárias e secundárias. Modolo (2006) refere também a utilização de *grits* como aditivos na **produção de cimento**, podendo também ser utilizadas as lamas de destintagem (Frías et al., 2015) e *dregs* (Castro et al., 2009), assim como a utilização de lamas primárias na produção de fibrocimento, evidenciando neste caso os benefícios económicos desta prática, que no caso do fabricante de fibrocimento pode representar numa poupança de 87 500 €/ano e se o transporte for custeado por esta, a poupança efetuada pela IPPC seria de 76 300 €/ano (Modolo, 2011 e 2014). Por último é possível, foi ainda possível aferir a utilização de lamas primárias e secundárias na **produção de misturas de betão** (Seyyedalipour et al, 2014 Husgafvel et al., 2015).⁴⁸

Todas estas utilizações demonstram que os subprodutos da IPPC são bons substitutos face aos materiais convencionais utilizados, designadamente a nível: da eficácia, do preço de aquisição, da diminuição dos custos de produção e do impacte ambiental. Para além dos benefícios económicos, evidenciados por Modolo (2011) a nível da redução de custos logísticos, é possível verificar segundo a informação disponibilizada pela CEPI (2016), que a seguir à utilização no solo, a utilização dos subprodutos da IPPC na produção e materiais de construção é aquela que menos ganhos pode gerar. Modolo (2011) justifica este facto, partindo do pressuposto que os subprodutos transacionados a custo zero.

4.1.4. Biocombustíveis, bioquímicos e biomateriais

Ultimamente, o conceito de biorrefinaria tem estado associado à IPPC pelo potencial que a biomassa apresenta na substituição do petróleo, na produção de produtos químicos. Segundo o Plano Nacional de Promoção de Biorrefinarias (2017), uma biorrefinaria é uma instalação industrial que através da refinação de biomassa é capaz de produzir biocombustíveis, biomateriais e bioquímicos, captando assim a maior utilidade possível da matéria-prima. Dentro dos diversos compostos químicos existentes na madeira, são comumente referenciados a celulose, a

⁴⁸ Todas estas utilizações encontram-se descritas com maior pormenor no Anexo I.

hemicelulose, a lignina e os lípidos que, quando extraídos, podem ser utilizados por diversos segmentos de mercado.

A este nível é largamente referida a utilização de resíduos da IPPC na produção de **etanol**, mais propriamente de lamas primárias e secundárias (Marques et al., 2008). A nível nacional, a descoberta da existência e do método de extração de **ácidos triterpénicos** da casca de eucalipto possibilita ganhos económicos avultados para a IPPC, caso este tipo de valorização seja efetuado pela mesma. Por 100kg de biomassa de eucalipto é possível extrair 1kg de extrato bioativo. O custo referente pode variar entre centenas e milhares de euros. Este tipo de ácidos pode ser aplicado em produtos cosméticos, na alimentação e em produtos farmacêuticos. A viabilidade técnica da utilização de lamas de destintagem (Eloumi et al., 2016), primárias (Son et al., 2001; Ismail et al., 2005) e secundárias (Yang e Jim, 2004; Hamzeh et al., 2011) está também comprovada na produção de **compostos poliméricos**, sendo destacados os benefícios a nível económico, ambiental e técnico (Son et al., 2001; Ismail et al., 2005). É ainda referida a utilização de lamas na produção de **polihidroxicanoatos** (Bousios e Worrell 2017).

Na generalidade o custo dos processos associados é ainda elevado (Özdenkçi, et al 2017). Porém como substitui matérias-primas mais dispendiosas economicamente, na produção de produtos de valor acrescentado, este tipo de utilização aparenta ser dos mais benéficos para a indústria. Segundo a CEPI (2016) a produção de bioquímicos, biocombustíveis e bioprodutos demonstra ganhos superiores à utilização de subprodutos nos solos, na produção de materiais de construção e na valorização energética em geral, à exceção da digestão anaeróbica que apresenta ganhos superiores.

4.1.5. Outras utilizações

Importa referir que, para além das utilizações já mencionadas, existe na literatura referência a outras práticas tecnicamente viáveis, como a utilização das lamas enquanto adsorvente, ou outras menos desenvolvidas como a utilização de subprodutos para: a produção de camas para animais e de areia para gatos; a produção de pesticidas; a integração na produção de paletes; atuar enquanto aglomerante hidráulico na estabilização dos solos, durante a construção rodoviária; a produção de pós superhidrofóbicos, de hidrogénio, de ácido levulínico, de celulose nano cristalina, de

carboximetilcelulose (Monte et al., 2009; Bousios e Worrell 2017) e de ácido algínico (Bousios, 2016).

4.2. Práticas implementadas

De forma a perceber como estão as empresas a atuar, relativamente à valorização dos seus subprodutos, foram analisadas as práticas implementadas pelas empresas portuguesas associadas da CELPA e das cinco maiores empresas, a nível europeu.

4.2.1. A nível nacional

Segundo o Boletim Estatística da CELPA (2016), os resíduos sólidos tiveram como destino, em 2015, a aplicação de lamas e cinzas na agricultura e compostagem (14%), a valorização por outras indústrias (6%) e a valorização energética (30%).

Em particular, a The Navigator Company, que providência assessoria técnica à CELPA na *preparação e acompanhamento do dossier para a homologação junto da APA da reclassificação de resíduos industriais em subprodutos* (The Navigator Company, 2017), valorizou cerca de 84% dos resíduos setoriais gerados. Segundo o relatório de sustentabilidade de 2015 é possível apurar que, maioritariamente, as lamas primárias e os resíduos de descasque são utilizados na caldeira de biomassa para a produção de energia⁴⁹ e na produção de composto. Em Portugal, a empresa destaca-se pela aplicação dos princípios de economia circular a todas as fases da sua área de negócio⁵⁰ (The Navigator Company, 2016).

O último relatório de sustentabilidade do grupo Altri, referente a 2012/2013, permite aferir que o grupo teve uma taxa da valorização de resíduos de 92%. Nesse período de tempo, 7% dos resíduos gerados foram destinados à compostagem, 12% à valorização externa; 73% à valorização energética⁵¹ e 8% a aterro (Altri, 2014). Contrariamente às outras empresas, o grupo não se

⁴⁹ Em 2015, a The Navigator Company foi responsável, a nível nacional, pela produção de energia elétrica, a partir de biomassa.

⁵⁰ Veja-se o documento The Navigator Company e a Economia Circular, disponibilizado pela empresa no seu website.

⁵¹ Em 2016, o Grupo Altri foi autossuficiente em energia elétrica (Altri, 2016).

encontra alinhado com o conceito de economia circular, não apresentando qualquer referência a este nos últimos relatórios de contas e sustentabilidade, assim como no *website* oficial.

O grupo Europac valorizou em 2016, 80% dos seus resíduos. Segundo o Relatório Integrado de 2016, é possível aferir que o grupo reencaminha resíduos para fábricas de cerâmica e cimento e para o uso agrícola, sendo que a unidade fabril de Viana do Castelo utiliza parte destes, para a produção de energia. Porém, não existem dados mais pormenorizados, sobre a percentagem dos destinos dos resíduos gerados. A abordagem do grupo relativamente ao conceito de economia circular centra-se no princípio do fecho do ciclo do papel (Europac, 2017).

Relativamente à Renova, não existe informação disponível referente a relatórios de contas ou sustentabilidade, não tendo sido facultada qualquer resposta ao pedido de informação solicitado via email.

A nível de investigação destaca-se o papel da The Navigator Company na promoção de projetos de investigação de valorização de subprodutos, designadamente o projeto Valorcel, o projeto BIIPP e o projeto Proteus.

O projeto Valorcel, liderado pela The Navigator Company, com o apoio do Pólo de Inovação em Engenharia de Polímeros e o Instituto de Investigação da Floresta e Papel demonstrou a viabilidade técnica da incorporação de fibra de celulose, extraída dos resíduos da indústria, no reforço de sistemas poliméricos. Foi desenvolvido um compósito de polipropileno (PP 30 gPS) e um biocompósito de polipropileno (PLA 30 gPS), tendo ambos apresentado um aumento significativo do módulo e da tensão máxima, tendo o primeiro registado ainda uma boa resistência ao impacto. Ambos os compósitos podem ser aplicados na produção de produtos, em particular da indústria automóvel e de calçado, através de injeção de plásticos.⁵²

O projeto BIIPP – Biorrefinaria Integrada na Indústria de Pasta e Papel foi liderado pela The Navigator Company e desenvolvido com o apoio do Instituto de Investigação da Floresta e Papel,

⁵² Ver mais em <http://valorcel.piep.pt/projecto.html>.

da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, da Universidade de Aveiro e da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. O projeto teve como objetivo o desenvolvimento de biocombustíveis e bioprodutos através dos resíduos da IPPC, designadamente da biomassa, tendo sido executado sob três linhas estratégicas: geração de valor antes do processo de produção de pasta (*kraft*); geração de valor nas correntes residuais do processo; valorização dos componentes da casca de eucalipto. Os resultados apresentados apontam para o potencial da produção de etanol, para incorporação em gasolina, através da fermentação e hidrólise simultâneas de lamas primárias. Foi ainda desenvolvida e patenteada uma metodologia de purificação de ácidos terpénicos. A pré-extração de hemiceluloses antes do processo de *kraft* demonstrou resultados de interesse ao nível da recuperação de açúcares e da otimização do processo. Porém, é ainda requerido um estudo mais aprofundado.⁵³

O projeto Proteus: Produtos e tecnologias para o sector do *eucalyptus globulus*, teve início em outubro de 2016, encontrando-se atualmente em processo de desenvolvimento. O projeto é liderado pela The Navigator Company e copromovido pela Universidade de Aveiro e pelo Instituto de Investigação da Floresta e Papel, com a participação da Saint-Gobain Weber Portugal S.A. e Ventiláqua, S.A. Os objetivos do projeto são: a produção de clínquer com incorporação de misturas de lamas calcárias, lamas biológicas e cinzas volantes; incorporação no fabrico de geopolímeros de misturas de cinzas volantes, *dregs* e efluente alcalino; a produção de argamassas cimentícias com incorporação de misturas de cinzas volantes e *grits* ou misturas de cinzas volantes, *grits* e clínquer produzido nas condições acima referidas; a produção de argamassas poliméricas com incorporação de misturas de cinzas, *dregs*, *grits* e efluente alcalino; a produção de *biochar* a partir de lamas biológicas com potencial incorporação de cinzas volantes; e o desenvolvimento de tecnologias para a remoção de compostos orgânicos halogenados (AOX) do efluente líquido proveniente.⁵⁴

⁵³ Ver mais em http://www.poci-competite2020.pt/noticias/detalhe/Proj11551_BIIPP.

⁵⁴ Ver mas em <http://www.poci-competite2020.pt/destaques/detalhe/Proteus-Produtos-tecnologias-para-sector-Eucalyptus-globulus>.

4.2.2. A nível europeu

Após a identificação das práticas implementadas pela indústria portuguesa, importa aferir para uma possível comparação, as práticas das maiores concorrentes a nível europeu.⁵⁵ Com base no *survey* disponibilizado pela PWC (2016)⁵⁶, foi desenvolvido o ranking das cinco maiores empresas do setor, a nível europeu, representado no Quadro 4.1. As empresas portuguesas presentes no ranking da PWC, foram também consideradas, para fins comparativos.

Quadro 4.1. Ranking europeu de IPPC

Rank europeu	Top 100 PWC	Empresa	País
1	3	Svensks Cellulose SCA	Suécia
2	6	UPM – Kymmene	Finlândia
3	7	Stora Enso	Finlândia
4	8	Smurfit kappa	Irlanda
5	11	Mondi Group	Reino Unido
14	51	Navigator Company	Portugal
19	87	Altri	Portugal

Fonte - Com base nos dados apresentados por PWC (2016)

A SCA valoriza apenas 65% dos seus resíduos. O relatório de sustentabilidade de 2016 refere a utilização de resíduos como fonte de energia (com *pellets*), na indústria de construção e também na agricultura. A sua área de negócios envolve a biorrefinaria, com a gama Cirrus, onde produz anualmente 17 mil t de *pine oil* e 700 t de *tupertine*, porém, o valor das vendas não se encontra especificado nos relatórios de contas nem de sustentabilidade. A abordagem ao conceito de economia circular centra-se na problemática da reciclagem do produto produzido. Porém, a empresa detém como meta a ausência de produção de resíduos até 2030 (SCA, 2017).

A UPM valoriza cerca de 89% dos resíduos gerados, onde parte contribui para um diversificado leque de produtos, baseados na biorrefinaria e na usual produção de energia. Os bioquímicos,

⁵⁵ A seletividade da região de análise deve-se à existência de um quadro legal comum.

⁵⁶ O ranking é criado com base nas vendas anuais das empresas.

biocompósitos e biocombustíveis, são considerados pela empresa, como novos recursos para um crescimento sustentável e competitivo. A biorrefinaria teve um peso de 20% no volume de vendas anual de 2016, mais especificamente de 2.206 mil milhões de euros. Porém, esta rubrica considera a pasta, *timber* e os biocombustíveis (destacados estes últimos pelo forte crescimento), sendo que os bioquímicos e biocompósitos se encontram na rubrica *Outros*, que representa 3% do volume de vendas de 2016, 285 milhões de euros. A energia teve a mesma percentagem no volume de vendas. O último relatório de sustentabilidade da empresa especifica que a maior parte dos resíduos orgânicos são utilizados na produção de energia e as cinzas resultantes na agricultura e construção rodoviária. A estratégia de inovação da UPM assenta nos princípios de economia circular. Tal como a SCA também a UPM também tem como meta a ausência de produção de resíduos até 2030 (UPM, 2017).

A Stora Enso é a empresa que apresenta a maior percentagem de resíduos valorizados, designadamente, 98%. Cerca de 48% destes são destinados à produção de energia, 22% na reintegração do processo *kraft*, 13% para *pellets* energéticos e madeira, 6% destinados ao uso no solo, como fertilizantes, como coberturas e na construção rodoviária, 2% na produção de tijolos, 2% são destinados aos usos agrícolas, 6% a outros destinos e 2% a aterro. Segundo o relatório de sustentabilidade foi possível apurar que as receitas derivadas dos subprodutos foram de 70 milhões de euros em 2016. A abordagem do conceito de economia circular centra-se na conceção da produção de um produto que pode ser reutilizado e reciclado, enquanto os resíduos são minimizados (Stora Enso, 2017).

A Smurfit Kappa valoriza cerca de 55% dos seus resíduos. A nível interno a sua valorização destina-se à produção de energia. O relatório de sustentabilidade refere, enquanto valorização externa de resíduos, os setores da agricultura, do cimento, alimentar e farmacêutico, não apresentando percentagens de aplicação ou mais-valias económicas. A estratégia da empresa para a promoção de uma economia circular encontra-se focada na produção de energia a partir da combustão de resíduos e do biogás gerado pela digestão anaeróbica utilizada no tratamento de águas residuais. (Smurfit Kappa, 2017).

A Mondi Group valoriza 81% dos seus resíduos, a nível interno na produção de bioenergia e a nível externo na produção de biocombustíveis e bioquímicos. As estratégias de promoção de uma economia circular estão baseadas no aumento da qualidade de produto reciclado. (Mond Group, 2017).

Capítulo V

Análise

5.1. Utilização de subprodutos na promoção de uma economia circular

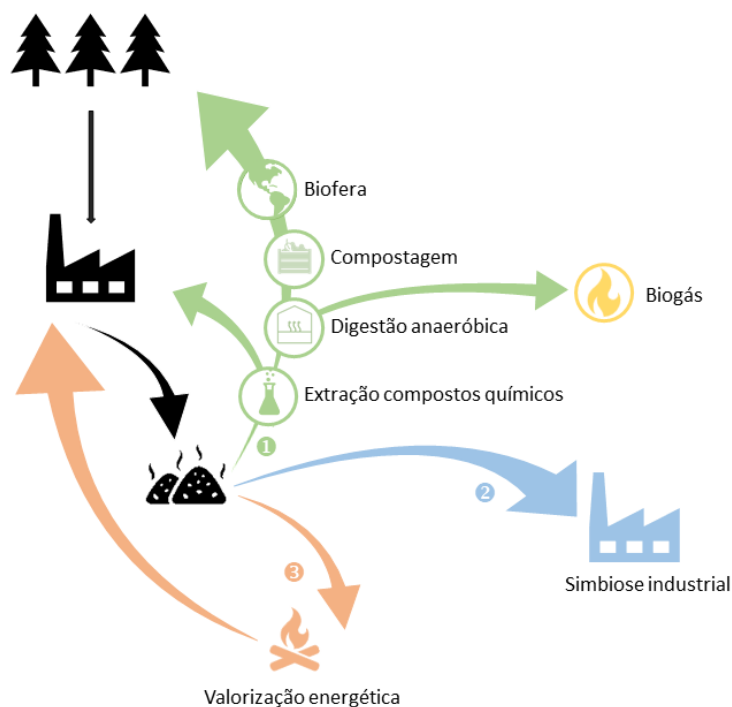
Para responder à primeira hipótese de trabalho foi necessário esquematizar os princípios de economia circular aplicáveis ao estudo em causa, para assim poder aplicá-los às utilizações de subprodutos identificados na análise documental efetuada no capítulo anterior. Após o enquadramento conceptual e legal, concluiu-se que a reintegração de matérias no sistema deve ser orientada pelos princípios da proximidade, do tempo e da utilidade.

O princípio da proximidade, referido pelo RGGR e pela Diretiva 2008/98/EC, está relacionado com a importância da redução dos custos de transporte e das emissões de CO₂, sendo assim preferível valorizar os resíduos a nível interno pela unidade fabril e só em caso de impossibilidade a nível externo, por outras indústrias. De ressaltar que mesmo a nível externo é preferível uma simbiose industrial com unidades fabris geograficamente próximas. O princípio do tempo está relacionado com a permanência dos materiais o máximo tempo possível no sistema, em conformidade com as teorizações da permanência dos recursos na economia por *loops* de Stahel e Reday-Mulvey (1981), de Pearce e Turner (1990) e de Braungart e McDonough (2002), consubstanciadas no segundo princípio de economia circular, apresentado pela fundação Ellen MacArthur (EMF, 2015b), assim como pela COM (2017) 34. Por sua vez, o princípio da utilidade está relacionado com o aproveitamento total das componentes químicas, orgânicas e energéticas dos subprodutos antes de devolvê-lo ao sistema ou a outra indústria, de acordo com o conceito de produtividade dos recursos de Esty e Porter (1998) assim como o segundo princípio da EMF já referido.

Assim, foi criado o diagrama, apresentado na figura seguinte, com foco na reintegração de resíduos setoriais no sistema biológico, capaz de orientar a análise das atuais utilizações dos subprodutos da IPPC. Para tal, foram tomados em consideração o diagrama de Pearce Turner e diagrama da EMF, baseado neste último e nos ciclos biológicos e técnicos de Braungart e McDonough, representados nas figuras 1.1 e 1.3, respetivamente. O diagrama considera três opções para a reintegração dos resíduos no sistema. A primeira opção contempla em si os passos elencados pelo diagrama da EMF,

para a reintegração de resíduos no sistema biológico. A segunda opção surge quando a primeira não pode ser aplicada, dizendo respeito à valorização de subprodutos por outras indústrias;⁵⁷ a terceira opção, por sua vez, só deverá ser aplicada caso as anteriores não sejam possíveis, visto a valorização energética não cumprir o princípio do tempo.

Figura 5. 1. Diagrama de reintegração de resíduos setoriais









Fonte - Elaboração própria

Com base nos princípios de economia circular definidos, designadamente nos princípios de utilidade, tempo e proximidade e de acordo com o diagrama da Figura 5.1, serão sintetizadas e analisadas, de seguida, as utilizações de subprodutos referidas no Capítulo IV.

⁵⁷ Não é referido nos diagramas de economia circular a opção de reintegração no sistema por simbiose industrial, pois quase sempre são considerados os produtos e não os subprodutos.

Quadro 5.1. Utilizações de subprodutos segundo os princípios de economia circular

Opção de valorização	Utilização		Local		Resíduos									
			Externo	Interno	03 03 01	03 03 02	03 03 05	03 03 09	03 03 10	03 03 11	10 01 01	10 01 24		
1 ^a    	Biorrefinaria	Etanol		x	●					●	●			
		Ácidos Triterpénicos		x	●									
		Compostos Poliméricos		x			●			●	●			
		Polihidroxicarboxilatos		x						●	●			
	Valorização energética	Digestão anaeróbica		x	●		●			●	●			
		Composto		x	●		●			●	●		●	
	Utilização no solo	Fertilizante	x											
		Recuperador	x				●			●	●			
		Cobertura	x				●			●	●		●	
ANS		x				●		●				●		
2 ^a 	Produção de materiais de construção	Tijolos	x				●			●	●			
		MB	x				●		●					
		Argamassas	x				●		●		●		●	
		Cimento	x				●		●					
		Fibrocimento	x							●				
		Mistura de betão	x							●	●			
3 ^a 	Valorização energética	Combustão		x	●		●		●	●				
		Gaseificação		x	●		●		●	●				
		Pirólise		x	●		●		●	●				

Fonte - Elaboração própria

De uma forma geral a valorização energética deve ser a opção menos privilegiada de entre o leque de utilizações dos subprodutos da IPPC. Apesar de ser considerada uma fonte de energia mais verde em relação aos combustíveis fósseis, este tipo de utilização de subprodutos não permite o prolongamento dos nutrientes no sistema, nem apresenta um aproveitamento máximo da utilidade destes, cumprindo única e exclusivamente o princípio de proximidade, tendo em conta que a valorização é efetuada pela IPPC. Neste âmbito, há que ressaltar técnicas como a digestão anaeróbica que permite o aproveitamento energético e posterior utilização do subproduto, devendo ser a técnica privilegiada após a extração dos compostos químicos.

A utilização nos solos de subprodutos não cumpre por si só os princípios de economia circular identificados. Tendo em conta que poderia ser feito em primeiro lugar uma recuperação dos materiais bioquímicos e em segundo lugar numa recuperação de energia, por intermédio da digestão anaeróbica, o princípio da utilidade não é concretizado. O princípio do tempo não é colocado em causa, tendo em conta que os subprodutos são reintegrados novamente no sistema. O princípio da proximidade depende da utilização em si. No caso de ser composto, é preferível que a

técnica seja executada na unidade fabril e que a aplicação nos solos seja efetuada em regiões próximas.

A utilização de subprodutos pelo setor da construção, ao não reintegrar-los diretamente na biosfera, mas sim noutra indústria, cumpre o princípio de utilidade e do tempo. O cumprimento do princípio de proximidade dependerá, em primeiro lugar, de impossibilidade da valorização pela IPPC, tendo em conta que os tipos de resíduos aplicados, a este nível, são passíveis de ser aplicados pelos restantes tipos de utilização e consequentemente da proximidade de uma unidade fabril no setor da construção. Esta utilização deverá ser aplicada para os resíduos que não possam ser valorizados internamente.

A refinação dos subprodutos cumpre todos os princípios elencados, porém com algumas ressalvas. Tal como evidencia o diagrama da Figura 5.1., há que ressaltar que a extração dos compostos químicos, não representa por si só o cumprimento do princípio da utilidade, sendo por isso necessário a utilização dos materiais subjacentes ao processo noutro tipo de utilização, designadamente a recuperação energética por digestão anaeróbica e utilização no solo, assegurando desta forma o princípio do tempo. Relativamente à questão da proximidade só será concretizada se esta refinação for efetuada pela IPPC. Esta deve ser a utilização mais privilegiada.

Com base nestes pressupostos e de acordo com o Quadro 5.1. é possível aferir que os resíduos classificados com o código LER 03 03 01/05/10/11 podem ser reintegrados no sistema através a primeira opção do diagrama, já os classificados com o código 03 03 02/09 e 10 01 01/24, sinalizados a amarelo, por não ter sido considerada a sua viabilidade técnica nas utilizações da primeira opção, devem ser valorizados diretamente por produtores de materiais de construção ou, no caso do agente neutralizante de solos, seguir diretamente para a biosfera.

Em suma, é possível concluir que a estratégia da gestão de subprodutos da IPPC, para estar alinhada com os princípios de economia circular, deverá privilegiar, inicialmente, a nível interno, uma extração dos compostos químicos. Segue-se a digestão anaeróbica que não só recuperará energia, como terá impacto na estabilização do material, sendo posteriormente executado o processo de compostagem e de seguida a aplicação no solo a nível externo, com base no princípio de

proximidade. A utilização de subprodutos nos materiais de construção deverá ser aplicada no caso destes não poderem ser valorizados internamente e de forma a seguir o princípio de proximidade devem ser privilegiadas as unidades fabris do setor da construção que se encontrem mais perto. É sugerido, com o objetivo assegurar do princípio da proximidade, no caso da utilização nos solos e na produção de materiais de construção, o desenvolvimento de uma base de dados pela CELPA que reúna informação referente aos terrenos onde se poderá aplicar os subprodutos e às unidades fabris do setor da construção interessadas nos subprodutos da IPPC. Resultando simultaneamente desta prática uma sensibilização dos *stakeholders* e uma promoção da integração de matérias-primas secundárias no sistema, desmistificando assim o sentimento de desconfiança existente face a estas.

5.2. Utilização de subprodutos na promoção da competitividade do setor

Segundo Porter, a produtividade dos recursos é uma vantagem competitiva para as empresas. Com esta orientação, estas devem procurar oportunidades dentro e fora da empresa para aumentar o valor do produto e diminuir os custos de produção. Já o estudo de Toppinen et al. (2017) prevê que em 2030, os fatores competitivos do setor estejam intrinsecamente ligados com a sustentabilidade e a eficiência dos recursos, sendo que 40% do volume de negócios irá derivar de novos produtos de base biológica. Ora a valorização de subprodutos encaixa-se perfeitamente nesta lógica, resultando na questão sobre se, de facto, todas as medidas contribuem para a competitividade IPPC e em que medida. Assim o impacto da valorização dos subprodutos na competitividade da IPPC portuguesa é analisado em dois eixos: benefícios económicos da valorização de subprodutos e a posição da indústria portuguesa face às concorrentes ao nível europeu.

5.2.1. Benefícios económicos

A abordagem da segunda hipótese de trabalho não pretende ser exaustiva, mas sim meramente indicativa. Face ao carácter escasso e não uniforme da informação económica, referente às opções de valorização de subprodutos, serão utilizados os seguintes critérios para a sistematização dos benefícios económicos decorrentes: custo associado e possibilidade de receita adicional. As diversas utilizações apresentadas serão classificadas com inexistente (i), muito baixo (--), baixo (-), médio (+/-), alto (+), muito alto (++) e elevado (+++). De forma a verificar que nível

(interno/externo) de valorização é mais favorável, a sintetização da informação terá em conta o local da valorização.

Quadro 6.2. Análise dos benefícios económicos

Utilização		Local		Benefício económico	
		Externo	Interno	Custo associado	Possibilidade de receita adicional
Biorrefinaria	Etanol		x	++	++
	Ácidos Triterpénicos		x	++	++
	Compósitos Poliméricos		x	++	++
	Polihidroxialcanoatos		x	++	++
Valorização energética	Digestão anaeróbica		x		+++
Utilização no solo	Composto		x	+	--
	Fertilizante	x		+	--
	Recuperador	x		+	--
	Cobertura	x		+	--
	ANS	x		+	--
Produção de materiais de construção	Tijolos	x		i	-
	MB	x		i	-
	Argamassas	x		i	-
	Cimento	x		i	-
	Fibrocimento	x		i	-
	Mistura de betão	x		i	-
Valorização energética	Combustão		x	--	+
	Gaseificação		x	+-	+
	Pirólise		x	++	++

Fonte - Elaboração própria

As utilizações de subprodutos, supra referenciadas, foram classificadas com base na informação disponibilizada no ponto 4.1, e com o suporte da infografia disponibilizada pela CEPI (2016), que, na ausência de informação mais detalhada, por parte da literatura de referência, permitiu uma melhor classificação das utilizações em causa.

A valorização energética, em particular a incineração e combustão de biomassa é bastante favorável para a indústria, pois é a única que apresenta ganhos sem gastos associados assinaláveis, daí ser amplamente aplicada. Esta não só diminui os custos agregados ao consumo de energia elétrica,

baixando assim os custos de produção, como ainda possibilita a venda de energia à rede elétrica nacional. De sublinhar que a recuperação de energia por digestão anaeróbica é a utilização mais rentável para o setor. Por sua vez, a valorização agrícola de subprodutos, detém ainda encargos económicos elevados face ao transporte da matéria, tendo em conta o seu volume e peso. Já a utilização de subprodutos na produção de materiais de construção, poderá ser favorável na medida em que, ao representar uma mais-valia para o setor em causa como ser uma matéria-prima mais ecológica que as convencionais e ao permitir uma redução dos custos dos processos de produção, poderá levar a que a indústria assuma os custos de transporte, partindo do pressuposto que o material é transacionado a custo zero. A refinação dos subprodutos, apesar de estar associada a grandes investimentos, possibilita, *a posteriori*, ganhos superiores, tendo em conta os produtos de valor acrescentado que decorrem deste tipo de valorização, e a sua aplicabilidade a todos os setores analisados (energia, agricultura, construção, alimentação e saúde) podendo assim beneficiar dos ganhos potenciais dos seus subprodutos. Veja-se por exemplo a diferença dos ganhos decorrentes da venda de biomateriais e bioquímicos (sem contar com a biocombustível) por parte da UPM (285 milhões de euros) e os ganhos decorrentes da valorização de subprodutos por parte da Sota Enso (70 milhões de euros). Há a ressaltar neste ponto que a IPPC beneficiará por si só da refinação de subprodutos e conseqüente produção de biocombustíveis e bioquímicos sendo que a produção de biomateriais poderá encarretar uma maior complexidade económica e logística.

Em suma, como se pode verificar no Quadro 5.2 a valorização energética por combustão não tem custos associados, caso exista uma caldeira de biomassa na unidade fabril, resultando em altas possibilidades de lucro; a digestão anaeróbica é a que mais possibilidade de lucro apresenta, não havendo referencia ao custo associado, a utilização no solo tem um custo associado significativo e não apresenta possibilidade de lucro; a utilização na produção de materiais de construção não apresenta custos associados nem possibilidade de lucro; e, por último, a refinação de subprodutos apresenta um custo associado e possibilidades de lucro muito altas.

Assim é possível concluir que, com base no Quadro 5.2. e no ponto anterior, a IPPC beneficiará economicamente se integrar todas estas utilizações. A refinação trará ganhos elevados, devido ao valor acrescentado dos compostos químicos presentes nos subprodutos; seguidamente, a digestão anaeróbica possibilita a extração de metano, seguindo-se da compostagem que resulta na

diminuição do volume e peso do subproduto reduzindo assim custo de transporte associado à utilização nos solos. Visto que a utilização na produção de materiais de construção não apresenta qualquer custo ou possibilidade de lucro deve ser considerado em último. Tendo em conta os benefícios que a utilização de subprodutos na valorização energética representa para o setor, por via da combustão, é aconselhado que parte do remanescente da refinação seja direcionado para este fim.

5.2.2. Práticas implementadas

De forma a analisar as práticas implementadas na ótica da concorrência, será sintetizada a informação referente às práticas das empresas analisadas, de forma a verificar quais as mais e menos frequentes.

Comparando as medidas aplicadas pelas empresas portuguesas e pelas maiores concorrentes a nível europeu, através do Quadro 5.3. é possível verificar a medida de valorização de subprodutos, comum a todas elas é a valorização energética, denotando assim as mais-valias que esta utilização traz para o setor, e que a menos frequente é a biorrefinaria, utilizada como valorização interna pelas duas maiores empresas a nível europeu.

Quadro 5.3. Tipos de práticas por empresa

Empresas	Valorização energética	Utilização nos solos	Materiais de construção	Biorrefinaria
Grupo Atri	●	●		
Europac	●	●	●	
The Navigator Company	●	●		
Renova				
Svensks Cellulose SCA	●	●	●	●
UPM – Kymmene	●	●	●	●
Stora Enso	●	●	●	
Smurfit kappa	●	●	●	●
Mondi Group	●			●

Fonte - Elaboração própria

*as marcas coloridas correspondem aos tipos de valorização realizados a nível interno, as a preto a nível externo.

A IPPC portuguesa se aplicar as recomendações anteriores, poderá de uma melhor forma competir com os seus pares nos mercados internacionais, não deixando de valorizar energeticamente os seus subprodutos, mas aproveitando também o potencial bioquímico destes, que tem um impacto direto na abertura a novos segmentos de mercado.

Conclusão

Esta dissertação teve como objetivo o desenvolvimento e promoção de conhecimento capaz de sensibilizar e orientar as empresas na definição das suas estratégias, em particular daquelas que sejam inerentes à gestão de resíduos, com o objetivo de promover uma economia circular, que é essencial para o desenvolvimento sustentável.

Com base no pressuposto de que nem todas as utilizações de subprodutos seguem os princípios de economia circular, assim como nem todos são favoráveis ao desenvolvimento da competitividade do setor, o presente estudo visou identificar quais as medidas de valorização de subprodutos que a IPPC portuguesa deve privilegiar. As conclusões face às utilizações de subprodutos que devem ser privilegiadas num caso e noutro foram semelhantes.

Será interessante para a IPPC, no intuito de promover uma economia circular e a sua competitividade nos mercados internacionais, rever a sua estratégia de gestão de subprodutos no sentido de internamente diminuir a percentagem de subprodutos destinados à produção de energia por combustão, e considerar a extração de compostos químicos, a recuperação de energia por via da digestão anaeróbia e a estabilização por compostagem antes de os reentregar na biosfera, por intermédio da utilização nos solos. Os subprodutos para os quais não foi provada a viabilidade técnica deste processo devem ser valorizados externamente por outras indústrias, em particular por aquelas ligadas à produção de materiais de construção, considerando sempre a proximidade geográfica destas.

As limitações encontradas na realização do presente estudo estiveram relacionadas, maioritariamente, com o tempo e recursos. No que concerne aos tipos de utilizações de subprodutos, pelas empresas, não foi possível identificar de uma forma pormenorizada os destinos dos resíduos/subprodutos, visto que as empresas não reportam de uma forma uniforme. Pelo mesmo motivo, foi igualmente difícil encontrar dados sobre a redução de custos da gestão de resíduos ou ganhos decorrentes da utilização de subprodutos pela própria indústria ou por outros setores.

A adaptação do sistema económico atual é indispensável para dar resposta às necessidades atuais sem comprometer as necessidades das gerações vindouras. Para esse fim, é essencial o papel de todos os atores da sociedade, mas em particular do setor empresarial. A sua escala de atuação é impar e o seu papel na transição para uma economia circular e consequentemente na promoção do desenvolvimento sustentável, é crucial.

Bibliografia

- Associação Empresarial de Portugal. (2015). *Eficiência energética na indústria plano setorial de melhoria da eficiência energética em PME fabricação de pasta, papel, cartão e seus artigos*. [Online] Disponível em <http://www.aeportugal.pt/> [7, maio de 2017]
- Agência Portuguesa do Ambiente (2017) “Fim de Vida dos Resíduos” [Online] Disponível em [Acedido a 12 de Abril de 2017]
- Agulló, L., Aguado, A., & Garcia, T. (2006). “Study of the use of paper manufacturing waste in plaster composite mixtures.” *Building and Environment*, 41, 821–827.
- Ahmadi, B., & Al-khaja, W. (2001). “Utilization of paper waste sludge in the building construction industry.” *Resources, Conservation and Recycling* 32, 32, 105–113.
- Almeida, H. C., Ernani, P. R., Albuquerque, J. A., & Almeida, D. (2008). “Influência da adição de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose na lixiviação de cátions em um solo ácido.” *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, (32), 1775–1784.
- Altri (2014) Relatório de sustentabilidade 2012/2013 [Online] Disponível em <http://www.altri.pt/pt/what-we-do/pulp/celbi/sustainability-reports> [30, junho de 2017]
- Altri (2016) Relatório de contas [Online] Disponível <http://www.altri.pt/pt/investors/reports-and-presentations/2016> [30, junho de 2017]
- Amaro, Rogério (2003) *Desenvolvimento – um conceito ultrapassado ou em renovação? Da teoria à prática e da prática à teoria*. Iscte, Lisboa (p.46)
- Andersen, M.S. (2007). "An introductory note on the environmental economics of the circular economy." *Sustainability Science*, 2(1), pp.133-140.
- Battaglia, A., Calace, N., Nardi, E., Petronio, B. M., & Pietroletti, M. (2007). “Reduction of Pb and Zn bioavailable forms in metal polluted soils due to paper mill sludge addition Effects on Pb and Zn transferability to barley.” *Bioresource Technology*, 98, 2993–2999.
- Bayr, S. (2014). *Biogas production from meat and pulp and paper industry by-products*. University of Jyväskylä.
- Beaulieu, L., van Durme, G., & Arpin, M.-L. (2015). "Circular economy: a critical literature review of concepts", *Centre for the Life Cycle of Products, Processes and Services* (Outubro), 1-75.
- Björkqvist, S. (2015). *Towards a Circular Economy in the Pulp and Paper Industry: possible reuse of solid residues from kraft pulp*. Chalmers University of Technology.
- Bonciul, F. (2014). "The european economy: from a linear to a circular economy". *Romanian Journal of European Affairs*, 14(4), 78-91.

- Boulding, K. E. (1966). "The economics of the coming spaceship earth", *Environmental Quality Issues in a Growing Economy*, 1-8.
- Bousios, S., Worrell, E. (2017). "Resources, Conservation & Recycling Towards a Multiple Input-Multiple Output paper mill: Opportunities for alternative raw materials and sidestream valorisation in the paper and board industry." *Resources, Conservation & Recycling*, 125(June), 218–232.
- Bousios, S. (2016). *Novel biobased products from side streams of paper and board production*. [Online] Disponível em www.refibre.eu [25 julho, de 2017]
- Bressand, F., Farrell, D., Haas, P., & Morin, F. (2007). "Curbing global energy demand growth: the energy productivity opportunity", McKinsey Global Institute [Online] Disponível em <http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/curbing-global-energy-demand-growth>. [12 de fevereiro, de 2017].
- Braungart, M., McDonough, W. (2002). *Cradle to Cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press
- Calace, N., Nardi, E., Petronio, B. M., Pietroletti, M., & Tosti, G. (2003). "Metal ion removal from water by sorption on paper mill sludge." *Chemosphere*, 51, 797–803.
- Carroll, M. (2008). Literature review of studies completed on using paper pulp sludge as a hydraulic barrier layer in landfills [Online]. Disponível em www.flagstaff.az.gov [2, junho, de 2017]
- Castro, F., Vilarinho, C., Trancoso, D., Ferreira, P., Nunes, F., & Miragaia, A. (2009). "Utilization of pulp and paper industry wastes as raw materials in cement clinker production." *International Journal of Materials Engineering Innovation*, 1, 74–88.
- CELPA - Associação da Indústria Papeleira. (2016). *Boletim Estatístico 2015: Indústria Papeleira Portuguesa*. Lisboa.
- CEPI - Confederation of European Paper Industries (2016). From side streams to valuable products [Online] <http://refibre-valorisation-tool.cepi.org/index.html> [8, setembro de 2017].
- Cusidó, J. A., Cremades, L. V, Soriano, C., & Devant, M. (2015). "Incorporation of paper sludge in clay brick formulation: Ten years of industrial experience." *Applied Clay Science*, 108, 191–198.
- Decisão 2014/687/UE da Comissão, de 26 de setembro de 2014, que estabelece as conclusões sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD) para a produção de pasta de papel, papel e cartão, nos termos da Diretiva 2010/75/UE do Parlamento Europeu e do Conselho
- Decisão 2014/955/UE da Comissão, de 18 de dezembro de 2014, que altera a Decisão 2000/532/CE relativa à lista de resíduos em conformidade com a Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho
- Decreto-Lei n.º 127/2013 de 30 de agosto. Diário da República n.º 167/2013, Série I. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

- Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro. Diário da República n.º 171/2006, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa
- Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de agosto. Diário da República n.º 153/2009, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de julho. Diário da República n.º 116/2011, Série I. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa
- Decreto-Lei n.º 86-C/2016 de 28 de dezembro. Diário da República n.º 249/2016, 3º Suplemento, Série I. Ministério da Economia. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 89/2002 de 9 de abril. Diário da República n.º 83/2002, Série I-A. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- Diretiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros
- Diretiva 86/278/CEE do Conselho, de 12 de junho de 1986, relativa à proteção do ambiente, e em especial dos solos, na utilização agrícola de lamas de depuração
- Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro, relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas.
- Ellen MacArthur Foundations (2015a). "Circular economy overview". Disponível em <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept> [25 de fevereiro, de 2017]
- Ellen MacArthur Foundations (2015b). "Diagrama Sistemico". [Online] Disponível em <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1/diagrama-sistemico> [25 de fevereiro, de 2017]
- Ellen MacArthur Foundations (2015c). "Schools of thought". [Online] Disponível em <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/schools-of-thought/cradle2cradle> [25 de fevereiro, de 2017]
- Elloumi, A., Makhlof, M., Elleuchi, A., & Bradai, C. (2016). "Deinking Sludge: A New Biofiller for HDPE Composites." *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 55(10), 1012–1020.
- Erkman, S. (1997). "Industrial ecology: an historical view", *Journal of Cleaner Production*, 5(1), 1-10.
- Esty, D. C., & Porter, M. E. (1998). "Industrial ecology and competitiveness strategic implications for the firm", *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 35-43.
- Europac (2017) *Integrated annual report* [Online] <http://www.europacgroup.com/PT/RelacionInversores/InformacionEconomicoFinanciera/Pages/default.aspx> [30, junho de 2017]

- European Commission (2001). “Survey of wastes spread on land.” [Online] <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/landspreading.htm> Disponível em [Acedido a 25, agosto de 2017]
- European Commission (2012). “Manifesto for a resource-efficient europe.” [Online] Disponível em http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-989_en.htm [25 de fevereiro, de 2017].
- European Commission (2014a). “Towards a circular economy: a zero waste programme for Europe.” Eur-Lex [Online] Disponível em <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52014DC0398> <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0619e465-581c-41dc-9807-2bb394f6bd07> [25 de fevereiro, de 2017].
- European Commission (2014b). “Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains.” EU Law and Publications [Online] Disponível em <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0619e465-581c-41dc-9807-2bb394f6bd07> [25 de fevereiro, de 2017].
- European Commission (2015). “Closing the loop — An EU action plan for the circular economy”, Eur-Lex [Online] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614> [25 de fevereiro, de 2017].
- Evanylo, G. K., Daniels, W. L., & Li, R. S. (1993). *Papermill sludge composting and compost utilization*. Department of Crop and Soil Environmental Sciences, Virginia Polytechnic Institute & State University.
- Fierro, A., Angers, D. A., & Beauchamp, C. J. (1999). “Restoration of ecosystem function in an abandoned sandpit] plant and soil responses to paper deinking sludge.” *Journal of Applied Ecology*, 36, 244–253.
- Filiatrault, P., Camir, C., Norrie, J. P., & Beauchamp, C. J. (2006). “Effects of de-inking paper sludge on growth and nutritional status of alder and aspen.” *Resources, Conservation and Recycling*, 48, 209–226.
- Floess, C. H., Harris IV, W. A., Moo-Young Jr., H. K., & Zimmie, T. F. (1998). “A municipal landfill cover with a paper sludge barrier layer”. *Fourth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*.
- Fraga, M. A. (2017). *A economia circular na indústria portuguesa de pasta, papel e cartão*. Universidade Nova de Lisboa.
- Frías, M., Rodríguez, O., & Rojas, M. I. S. De. (2015). “Paper sludge, an environmentally sound alternative source of MK-based cementitious materials. A review.” *Construction and Building Materials*, 74, 37–48.
- Gea, T., Artola, A., & Sa, A. (2005). “Composting of de-inking sludge from the recycled paper manufacturing industry.” *Bioresource Technology*, 96, 1161–1167.

- Geissdoerfer, M., Savaget P., Bocken N. & Hultink, E. A. (2017). "The circular economy - a new sustainability paradigm?" *Journal of Cleaner Production*, 143: 757-768
- Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Lenny Koh, S. (2015). "Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications." *Omega*, 1-14.
- George, D. A. R., Chi, B., Lin, -Ang, & Chen, Y. (2015). "A circular economy model of economic growth." *Environmental Modelling and Software*, 73, 60-63.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). "A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems", *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.
- Greyson, J. (2007). "An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability", *Journal of Cleaner Production*, 15, 1382-1390.
- Grupo Interministerial Economia Circular (2017). Liderar a transição: Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal 2017-2020 [Online] Disponível em <https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwjfxY6LiZHXAhVIsBQKHbUuCvYQFggxMAI&url=http%3A%2F%2Fparticipa.pt%2Fdownloadp.jsp%3FpFile%3D157115&usg=AOvVaw0t2bhKCRfYw1RczW9hKRwF> [2, setembro de 2017]
- Hamzeh, Y., Ashori, A., & Mirzaei, B. (2011). "Effects of Waste Paper Sludge on the Physico-Mechanical Properties of High Density Polyethylene / Wood Flour Composites." *Journal of Polymers and the Environment*, 19, 120–124.
- Heshmati, A. (2015). "A review of the circular economy and its implementation", *Institute for the Study of Labor*, 9611(Dezembro), 1-63.
- Husgafvel, R., Nordlund, H., Heino, J., Makela, M., Watkins, G., Dahl, O., & Paavola, I. (2015). "Use of symbiosis products from integrated pulp and paper and carbon steel mills: legal status and environmental burdens." *Journal of Industrial Ecology*, 20(5), 1187–1198.
- Ismail, H., Salmah, H., & Bakar, A. (2005). "The Effect of Paper Sludge Content and Size on the Properties of Polypropylene (PP)–Ethylene Propylene Diene Terpolymer (EPDM) Composites." *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 24(2), 147–159.
- Instituto Nacional de Estatística, I. P. (2016). *Gestão e proteção do ambiente nas empresas da indústria 2014*. Lisboa.
- Instituto Nacional de Estatística, I. P. (2016a). *Estatísticas do Ambiente 2015*. Lisboa.
- Instituto Nacional de Estatística, I. P. (2016c). *Estatísticas da Produção Industrial 2015*. Lisboa.
- Instituto Nacional de Estatística, I. P. (2016d). *Estatísticas dos Resíduos 2014*. Lisboa.

- Kamali, M., Gameiro, T., Elisabete, M., Costa, V., & Capela, I. (2016). "Anaerobic digestion of pulp and paper mill wastes – An overview of the developments and improvement opportunities." *Chemical Engineering Journal*, 298, 162–182.
- Leitão, A. (2015). "Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. Circular", *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*, 1 (Setembro), 149-171.
- Leontief, W. () "The Economy as a Circular Flow", An introduction, structural change and economic dynamics, 2(1) (1991), 69-99.
- Lewandowski, M. (2016). "Designing the business models for circular economy-towards the conceptual framework", *Sustainability*, 8(1), 1-28.
- Lopes, L. (2010). *O papel do papel hoje face à tecnologia digital*. Dissertação de Mestrado em Informação, Comunicação e Novos Media, Coimbra, Faculdade de Letras.
- Mayumi, K. (2009). "Nicholas Georgescu-Roegen: His bioeconomics approach to development and change", *Development and Change*, 40(6), 1235-1254.
- Marques, S., Alves, L., Roseiro, J., Gírio, F. (2008). "Conversion of recycled paper sludge to ethanol by SHF and SSF using *Pichia stipites*." *Biomass and Bioenergy*, 32, 400-406
- Ministro, A., Ferreira, V. M., Paiva, H., Sequeira, P., & Silva, L. (2016). "Avaliação de uma argamassa-cola c2s ao nível da valorização de resíduos e reciclagem no fim de vida". II Simpósio de Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento, 1–11.
- Modolo, R. C. (2006). *Valorização de resíduos do sector de pasta e papel em produtos da construção civil*. Universidade de Aveiro
- Modolo, R. C. E. (2014). *Valorization of solid wastes from cellulose and paper industry*. Departamento de Ambiente e Ordenamento Da Universidade de Aveiro.
- Modolo, R., Benta, A., Ferreira, V. M., & Machado, L. M. (2009). "Pulp and paper plant wastes valorisation in bituminous mixes." *Waste Management*, 3.
- Modolo, R., Benta, A., Ferreira, V. M., Machado, L. M. & Coelho, I. (2011). "Construction materials as a waste management solution for cellulose sludge." *Waste Management*, 3, 37 -377
- Modolo, R; Senff, L; Ferreira, VM; Labrincha, J.A.; Tarelho, L. A. (2011). Lime-mud from pulp and paper mills effects in cement based materials.
- Modolo, R; Senff, L; Ferreira, VM; Labrincha, J.A.; Tarelho, L. A., Senff, L. & Silva, L. (2013). "Mortar formulations with bottom ash from biomass combustion." *Construction and Building Materials*. 45. 275-281

- Modolo, R; Senff, L; Ferreira, VM; Labrincha, J.A.; Tarelho, L. A., Senff, L. & Silva, L. (2015). "Bottom ash from biomass combustion in bfb and its use in adhesive-mortars." *Fuel Processing Technology*. 129. 192-202
- Mondi Group (2017). *Sustainable development report 2016* [Online] <https://www.mondigroup.com/en/sustainability/> [30, junho de 2017]
- Monte, M. C., Fuente, E., Blanco, A., C., N. (2009). *Waste management from pulp and paper production in the European Union. Chemical Engineering Department*. Complutense University of Madrid, 1–50.
- Murray, A., Skene, K., Haynes, K. (2015). "The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context", *Journal of Business Ethics*. 140, 369-380
- Naik, T. R., Friberg, T. S., & Chun, Y. (2004). "Use of pulp and paper mill residual solids in production of cellucrete." *Cement and Concrete Research*, 34, 1229–1234.
- Nasar, S. (1993) "Kenneth Boulding, an Economist, Philosopher and Poet, Dies at 83", New York Times [Online] Disponível em <http://www.nytimes.com/1993/03/20/obituaries/kenneth-boulding-an-economist-philosopher-and-poet-dies-at-83.html> [29 de janeiro, de 20117]
- Nyquist, S., (2016). "Energy 2050: Insights from the ground up", Mckinsey & Company [Online] Disponível em <http://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/energy-2050-insights-from-the-ground-up> [12 de fevereiro, de 2017]
- Oliveira, V. (2009). *Valorização de resíduos da indústria da pasta e papel – compostagem e aplicação do composto no solo*. Universidade do Algarve.
- Özdenkçi, K., Blasio, C. De, Muddassar, H. R., Melin, K., Oinas, P., Koskinen, J., ... Järvinen, M. (2017). A novel biorefinery integration concept for lignocellulosic biomass. *Energy Conversion and Management Journal*, 149, 974–987.
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. New York, Harvester Wheatsheaf.
- Persson, O. (2015). *What Is Circular Economy?* Tese de Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Department of Earth Sciences, Uppsala University, Uppsala, 1-29.
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2016). "Circular economy for the built environment: A research framework." *Journal of Cleaner Production*, 143, 710-718.
- Porter, Michael (2013). Why business can be good at solving social problems [Online] Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=0ilh5YYDR2o> [18 de Maio, de 2017]
- PricewaterhouseCoopers. (2016). *Global Forest, Paper & Packaging Industry Survey: 2016 edition survey of 2015 results*.

- Product Life Institute (2016a). "About" [Online]. Disponível em <http://product-life.org/en/about> [1 de março, de 2017]
- Product Life Institute (2016b). "Cradle to Cradle". Disponível em <http://product-life.org/en/cradle-to-cradle> [1 de março, de 2017]
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C/2015 de 16 de março de 2015. Diário da República n.º 52 - 1.ª série. Lisboa
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C/2015 de 16 de março. Diário da República n.º 52/2015 - 2º Suplemento, Série I. Lisboa
- SCA (2017) 2016 Sustainability Report [Online] Disponível <http://reports.sca.com/2016/sustainability-report/> [30, junho de 2017]
- Sempiterno, C., Fernandes, R. (2014). "Agronomic valorisation of wastes generated from pulp industry." *Revista de Ciências Agrárias*, 37(2), 232–240.
- Seyyedalipour, S. F., Kebria, D. Y., Ranjbar, N., & Norouznejad, G. (2014). "Study of Utilization of Pulp and Paper Industry Wastes in Production of Concrete." *Journal of Engineering Research and Applications*, 4(1), 115–122.
- Simão, Susana Sequeira. (2011). *Valorização energética de lamas resultantes do processo de produção de pasta e papel numa caldeira de leito fluidizado*. Universidade Nova de Lisboa.
- Smurfit Kappa (2017) Sustainable development report 2016 [Online] <http://www.smurfitkappa.com/vHome/com/Newsroom/Publications> [30, junho de 2017]
- Son, J., Kim, H., & Lee, P. (2001). "Role of Paper Sludge Particle Size and Extrusion Temperature on Performance of Paper Sludge – Thermoplastic Polymer Composites". *Journal of Applied Polymer Science*, 82, 2709–2718.
- Stahel, W.R., Reday-Mulvey, G. (1981) *Jobs for tomorrow: the potential for substituting manpower for energy*. Vantage Press
- Stora Enso (2017) Sustainability Report [Online] <http://www.storaenso.com/sustainability/sustainability-report> [30, junho de 2017]
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). "A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation", *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227.
- Suhr, M., Klein, G., Kourti, I., Gonzalo, M. R., Santonja, G. G., Roudier, S., & Sancho, L. D. (2015). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. European Commission Joint Research Centre.
- Sutcu, M., & Akkurt, S. (2009). "The use of recycled paper processing residues in making porous brick with reduced thermal conductivity." *Ceramics International*, 35, 2625–2631.

- Sutcu, M., Akkurt, S., Bayram, A., & Uluca, U. (2012). "Production of anorthite refractory insulating firebrick from mixtures of clay and recycled paper waste with sawdust addition." *Ceramics International*, 38(2), 1033–1041.
- The Navigator Company (2017). *Relatório de contas 2016* [Online] Disponível <http://www.thenavigatorcompany.com/Investidores/Informacao-Financeira> [30, junho de 2017].
- The Navigator Company (2016). *Relatório de sustentabilidade 2014/2015* [Online] Disponível <http://www.thenavigatorcompany.com/Sustentabilidade/Publicacoes> [30, junho de 2017].
- Toczy, R. (2017). Limits and perspectives of pulp and paper industry wastewater treatment – A review, 78 (Novembro), 764–772.
- Toppinen, A., Pätäri, S., Tuppurä, A., & Jantunen, A. (2017). "The European pulp and paper industry in transition to a bio-economy: A Delphi study". *Futures*, 88, 1–14.
- Tucker, P. (2005). *Co-composting paper mill sludges with fruit and vegetable wastes*. Universidade de Paisley.
- UPM (2017) *Aiming Higher with biofore: Annual Report 2016* [Online] Disponível <http://reports.sca.com/2016/sustainability-report/> [30, junho de 2017].
- Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). "The history and current applications of the circular economy concept", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(Agosto), 825-833.
- Yan, S., Sagoe-crentsil, K., & Shapiro, G. (2011). "Reuse of de-inking sludge from wastepaper recycling in cement mortar products". *Journal of Environmental Management*, 92(8), 2085–2090.
- Yang, H.-S., Jim, H.-J. (2004). "Physico-mechanical Properties of Paper Sludge–Thermoplastic Polymer Composites." *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 17(Novembro), 509–522.
- Zhang, Y., Zheng, H., Chen, B., Su, M., & Liu, G. (2015). "A review of industrial symbiosis research: theory and methodology". *Frontiers of Earth Science Frontiers of Earth Science*, 9(1), 91–104.
- Zule, J., Cernec, F., & Likon, M. (2007). "Chemical properties and biodegradability of waste paper mill sludges to be used for landfill covering". *Waste Management & Research*, 25, 538–546.

Anexos

Anexo I

Descrição pormenorizada das utilizações de subprodutos

Agente neutralizante de solos - Os *dregs* (código LER 03 03 02) - resultantes do licor verde, que é gerado pelo processo *kraft* de produção de pasta – podem ser aplicados enquanto agente neutralizante de solos. Matias (2012) analisa a aplicação do resíduo segundo várias propostas de valorização nomeadamente recuperação de área degradada pela extração de carvão; a estabilização dos resíduos de minas; a base e sub-base de construções rodoviárias; a produção de cerâmica estrutural; a produção de agregados leves; o processo de compostagem; agente neutralizante de efluentes ácidos; substituição do calcário em geral; e substituição de cimento em betão estrutural, considerando a aplicação em causa como a mais viável tendo em conta o pH do resíduo ser alcalino, devido à utilização de hidróxido de sódio e sulfureto de sódio no processo *kraft*. Para este tipo de aplicação é necessário que o subproduto seja desidratado (Monte et al., 2009). As mais-valias técnicas desta utilização centram-se na correção do pH dos solos e no melhoramento da composição química destes com impacto no aumento da sua produtividade, não afetando negativamente as propriedades físicas e químicas dos solos (Almeida et al., 2008; Matias 2012). A nível económico, Almeida (2008) refere que a aplicação deste resíduo apresenta custos inferiores face a utilização de produtos convencionais, mas a gestão deste processo, apresenta ainda custos elevados para a IPPC, tendo em conta a logística do processo de acondicionamento e o transporte (Simão, 2011). No que concerne ao impacto ambiental desta aplicação, é referenciado a libertação de materiais pesados, contudo em quantidades mínimas (Matias, 2012). As desvantagens associadas são ao mau odor causado nos dias seguintes à aplicação a este tipo de aplicação e ao nível da logística, em particular do armazenamento, tendo em conta que a aplicação nos solos só pode ser efetuada em períodos restritos (Bousios e Worrell, 2017; Monte et al., 2009).

Fertilizante - Com o objetivo de facilitar o transporte para o local de aplicação, o estudo de Björkqvist (2015) avaliou a aplicabilidade da compressão dos resíduos em *pellets*, designadamente *dregs* (código LER 03 03 02), lamas de cal (código LER 03 03 09) e cinzas (código LER 10 01 01). Os três resíduos resultam do processo *kraft*, de produção de pasta (Monte et al., 2009), concluindo a sua eficácia. A junção destes resíduos em *pellets*, ao reduzir o volume, pela

desidratação e compactação, traz vantagens a nível da logística do transporte, seja pelo volume reconfigurado, seja pela durabilidade reconhecida. A nível de impacto ambiental, é referida a presença de cádmio, todavia em quantidades quase inexistentes (Björkqvist 2015; Monte et al., 2009), sendo que apresenta um impacto ambiental inferior que a produção com os produtos convencionais (Husgafvel et al., 2015).

Composto - A valorização agrícola através de composto é muitas vezes mencionada devido ao facto de esta tecnologia de tratamento aumentar as potencialidades de aplicação nos solos. Os resíduos passíveis de serem aplicados são, segundo Oliveira (2009) as lamas primárias e secundárias (código LER 03 03 10/11) e cinzas da caldeira de biomassa (10 01 01), por sua vez, Gea et al. (2005) refere ainda a utilização de lamas de destintagem e Sempiterno e Fernandes (2014) os resíduos de madeira (código LER 03 03 01). A aplicação deste tipo de composto nos solos atua enquanto corretivo orgânico e alcalinizante e aumenta a produtividade, sendo que não se verifica efeitos fitotóxicos, mesmo em doses mais elevadas e os metais pesados apresentam níveis dentro do limite atribuído a este tipo de produtos (Sempiterno e Fernandes, 2014). O processo de compostagem exige tempo e uma área consideravelmente grande (Bousios e Worrell, 2017), tendo em conta que é constituído por duas fases, designadamente a decomposição e maturação, que duram, respetivamente, 21 e 30 dias. Por sua vez o espaço exigido calculado é de 7 270 m², tendo por base uma produção média mensal de 4 000 t de lamas primárias e secundárias (Simão, 2011). Em complacência com o processo de compostagem é sugerida a utilização de planos de aplicação, que especifiquem os valores referentes às análises dos solos e dos resíduos e que identifiquem os métodos de aplicação e condições inerentes, assim como a monitorização subsequente (Oliveira, 2009). Este processo tem-se demonstrado eficaz, porém os custos associados para a IPPC são elevados dada a avultada produção de lamas (Simão, 2011). Estes poderão decrescer se a empresa detiver um espaço adequado para o processo (Oliveira, 2009). As vantagens deste tipo de compostagem, face à aplicação direta nos solos, está relacionada com a diminuição dos odores, uma maior qualidade de aplicação, melhor maneabilidade e consistência ao longo do tempo (Bousios e Worrell, 2017; Simão, 2009; Tucker, 2005). A mistura com resíduos orgânicos é sugerida por Tucker (2005) e a sua aplicação utilizada nos EUA e Canadá (Evanylo et al., 1993). O atual incentivo à recolha e compostagem de resíduos orgânicos poderá ser uma oportunidade para este tipo de aplicação.

Recuperador de solos - As lamas de destintagem (Código LER 03 03 05), a nível da valorização agrícola, podem ser também aplicadas na recuperação de solos (Bousios e Worrell, 2017). Fierro et al. (1999) e Filiatrault et al. (2006) falam da aplicação de lamas na recuperação de solos degradados por atividades mineiras e outras atividades industriais, em particular na aceleração da reconstrução das funções dos ecossistemas, permitindo a revegetação. Battaglia et al. (2007), por sua vez, refere a aplicação de lamas primárias e secundárias (código ler 03 03 10/11) na imobilização de metais pesados em solos contaminados. O estudo de Calace et al. (2005) refere a mesma aplicação em meios aquáticos.

Cobertura de terrenos - A aplicação de lamas primárias e secundárias (código LER 03 03 10/11) enquanto barreira hidráulica, na cobertura de aterros municipais é uma técnica largamente estudada e uma prática já aplicada, nos EUA e Finlândia (Carroll, 2008; Floess et al., 1998; Zule et al., 2007). O estudo de Zule et al. (2007) aponta para o potencial de aplicação de lamas de destintagem (código LER 03 03 05) sugerindo ainda a junção de cinzas (código LER 10 01 01) para melhorar as características da geomecânicas, químicas e de estabilidade. Relativamente ao impacto ambiental, o estudo não refere impactos negativos, nem regista os frequentes maus-odores. A nível económico é possível afirmar que o custo é inferior ao dos materiais convencionalmente usados.

Tijolos - A aplicação de lamas primárias e secundárias (código LER 03 03 10/11) na produção de tijolos, tem-se demonstrado tecnicamente viável e apresentado um bom grau de substituíbilidade face aos materiais convencionais, não apresentando restrições de uso. A sua aplicação tem ainda influência na eficiência do processo produtivo, a nível do consumo de energia e de água (Bousios e Worrell, 2017; Cusidó et al., 2015). Por sua vez, contribui para o aumento das propriedades térmicas, de isolamento acústica. A sua aplicação enquanto matéria-prima pode ter ainda impactos na redução de preço do produto final, visto apresentar um custo inferior face aos materiais comumente utilizados (Cusidó et al., 2015). Sutcu et al., (2012) refere ainda a utilização enquanto matéria-prima da produção de tijolos isolantes. Monte et al., (2009) afirma que a adição de 5 a 15% de lamas como matéria-prima na produção de tijolos incrementa a resistência do produto e diminuir o consumo energético, visto reduzir o tempo de cozedura. Cernec et al., (2005) chama a atenção para a condicionante da sazonalidade da produção, referente aos meses mais quentes do ano, salvaguardando a possibilidade técnica de armazenagem, sem impactos significativos nas

características dos produtos. Já Sutcu e Akkurt (2009) estudaram a aplicação de lammas de destintagem (código LER 03 03 05) como aditivos de baixa condutividade, aferindo o seu impacto no aumento da porosidade do material e da absorção de água e, apesar de se verificar valores superiores aos normalmente apresentados, a diminuição da força.

Misturas betuminosas - A aplicação de resíduos da IPPC a misturas betuminosas, tem sido largamente estudado por autores portugueses (Modolo et al., 2006, 2009 e 2011). Os resíduos identificados para esta aplicação enquanto elementos agregadores são os *dregs* (código LER 03 03 02) e os *grits* (código LER 03 03 09). No estudo de 2009 é referido que a aplicação de *grits* poderia ser diretamente testada a nível industrial, como agregado na construção rodoviária, sendo estes totalmente compatíveis com os materiais convencionais e não apresentando necessidade de pré-tratamento. De forma a estabilizar os níveis de sensibilidade hídrica, os *dregs* só podem ser incorporados após um pré-tratamento de lavagem, sendo que os sais separados por esta podem ser reintroduzidos no processo de produção de pasta e papel. Os custos ambientais e económicos derivados são inferiores aos alusivos à deposição em aterro.

Argamassas - Diversos são os resíduos da IPPC que podem ser integrados na produção de argamassas. Modolo (2011) verificou também a aplicabilidade de lammas de cal (LER 03 03 09) como agregado de argamassas. Em 2006, a investigadora refere a potencial aplicação de areias do leite fluidizado (código LER 10 01 24), decorrentes da caldeira de biomassa, como agregado de argamassas de maior valor acrescentado, designadamente da argamassa cola C2S e do reboco de projeção, encontrando-se à data da investigação, ensaios industriais em curso, em parceria com a WEBER-cimenfix. As areias de leite fluidizado apresentam-se como uma mais-valia em relação as areis convencionais não classificadas. Por sua vez, em 2013, a investigadora refere a aplicação de cinzas do fundo (código LER 10 01 01) de caldeiras de leite fluidizado, como substituto parcial de cimento, mas destaca a preocupação da variação dos níveis de água e da necessidade de controlo das concentrações de cloreto que é tecnologicamente possível, sugerido uma pré-lavagem para a sua redução, assim como refere a necessidade de testar o produto a nível da durabilidade. Ministro et al., destaca, neste sentido, a redução ate 30% das emissões CO₂. Já em 2015, Regina Modolo sugere a aplicação cinzas de fundo a argamassas adesivas. Agulló et al., 2006 fala sobre a incorporação de lammas primárias e secundárias (LER 03 03 10/11), apresentando um bom grau de

substituibilidade face aos materiais convencionadas, sendo que, mais uma vez, é sugerida a secagem antes do processo de incorporação. Yan et al., (2011) refere a aplicabilidade das lamas de destintagem (código LER 03 03 05), destacando o aumento da absorção de água, as propriedades de impermeabilidade e a redução da densidade aparente. Modolo (2014) chama a atenção para os custos decorrentes dos processos de desidratação e lavagem.

Cimento - A incorporação de *grits* (código LER 03 03 09) enquanto aditivos na produção de cimento já demonstrou a sua viabilidade técnica nos testes laboratoriais. Os existentes estudos indicam a necessidade prévia de moagem e crivagem. À altura da realização do estudo, por parte de Regina Modolo, a Secil tinha-se demonstrado disponível para encetar testes à escala industrial (Modolo, 2006). Segundo Frías et al., (2015) as lamas de destintagem (código LER 03 03 05), compostas por caulinita e calcite podem ainda ser utilizadas na adição de pozolana, na produção de cimento, apresentando benefícios económicos ambientais e sociais. Os resíduos da IPPC podem ainda ser introduzidos na produção de clínquer, componente da produção de cimento, designadamente os *dregs* (código LER 03 03 02) e *grits* (código LER 03 03 09). Tecnicamente viável, esta aplicação não apresenta efeitos ambientais negativos de relevo, a nível de emissões gasosas e no final de vida do produto. Porém, as proporções de aplicação devem ser respeitadas, ou os níveis de emissões de dióxido de enxofre poderão apresentar valores superiores aos legalmente permitidos (Castro et al., 2009).

Fibrocimento - A aplicabilidade de lamas primárias (código LER 03 03 10) na produção de fibrocimento, tem-se demonstrado tecnicamente viável, particularmente no que diz respeito à produção de placas para telhados. Cerca de 25% das fibras celulósicas convencionais podem ser substituídas por lamas, sem apresentar impactos ambientais negativos ou influência nas características finais do produto, porém tem um impacto positivo ao nível da eficiência energética, visto reduzir o consumo de energia no processo de produção. Esta aplicação do subproduto da IPPC pode beneficiar a fábrica de fibrocimento em 87 500 €/ano e se o transporte for custeado por esta, a poupança efetuada pela IPPC seria de 76 300 €/ano. (Modolo, 2011 e 2014)

Mistura de betão - As lamas primárias e secundárias (código LER 03 03 10/11) podem substituir a areia fina na produção de misturas de betão. A sua aplicação tem influência no aumento das forças

básicas do produto final e na diminuição da resistência à compressão. Esta testado que pode ser utilizado com sucesso, com uma incorporação de 5% do produto, denotando-se o aumento da absorção de água, à medida que se adiciona lamas e a redução da densidade (Ahmadi and Al-Khaja, 2001; Naik et al., 2004). A nível ambiental, foi registado um impacto inferior, relativamente aos materiais convencionais, apresentando uma redução nas emissões de CO₂ apresenta menor impacto ambiental, principalmente a nível de emissões de CO₂. A aplicação de lamas demonstrou ainda vantagens a nível das características finais do produto, em particular da durabilidade, dos custos de produção e da eficiência energética. Assim, é possível aferir que a aplicação de lamas primárias e secundárias enquanto matéria-prima contribui para a produção de um material mais barato e mais ecológico. (Seyyedalipour et al, 2014 Husgafvel et al., 2015)

Etanol - Diversos estudos comprovam a eficiência da conversão de lamas da IPPC (código LER 03 03 10/11) em etanol, mesmo sem pré-tratamento ou adição de suplementos (Marques et al., 2008). A sua produção poderá ser efetuada através hidrólise enzimática (Bousios e Worrell, 2017). Os seus resíduos podem ser introduzidos na produção de compósitos poliméricos (Gonzalez de Cademartori et al., 2017)

Ácidos triterpénicos - Em 2002 foi descoberto pelo departamento de química da universidade de Aveiro a existência de ácidos triterpénicos na casca de eucalipto (código LER 03 03 01). Em 2001, foi descoberto o método de extração e purificação apropriado. O método patenteado pela universidade baseia-se em processos conhecidos pela indústria. Segundo o professor Carlos Manuel Silva o método é “simples, rápido e eficaz” indicando a existência de suporte tecnológico para a sua execução no futuro. Por 100kg de biomassa de eucalipto é possível extrair 1kg de extrato bioativo. O custo referente pode variar entre centenas e milhares de euros. Curiosamente a empresa que demonstrou interesse na aplicação do método foi uma empresa espanhola de produção e comércio de extratos naturais. O extrato pode ser aplicado na cosmética, na nutrição animal e humano e em produtos farmacêuticos. De destacar a nível farmacêutico a aplicabilidade dos ácidos ursólico e oleanólico como antimicrobianos, antitumorais e hepatoprotetores e o ácido betulínico como agente anti-malária e anti-hiv (Universidade de Aveiro, 2015). A produção de ácido lácteo é ainda considerada entre outros autores por Marques et al. (2008) através do método SSF (simultaneous saccharification and fermentation).

Compósitos poliméricos - Os resíduos da IPPC podem ser também utilizados na produção de compósitos de polipropileno, substituindo as usuais fibras utilizadas, como o vidro e carbono, apresentando vantagens, face a estas, a nível dos custos associados, da biodegradabilidade e maior disponibilidade. (Bousios e Worrell, 2017; Väisänen et al., 2017) A utilização de lamas primárias para este fim (código LER 030310) demonstraram benefícios a nível económico, ambiental e técnico (Son et al., 2001; Ismail et al., 2005) sendo a sua utilização recomendada, em particular, para a construção de vedações e decks (Girones et al., 2010). Outros estudos apontam a viabilidade técnica da aplicação de lamas no geral (03 03 11) e de lamas de destintagem (03 03 05) enquanto agente de reforço de compósitos poliméricos, sendo que estas últimas apresentam melhores propriedades mecânicas (Yang e Ki, 2004; Hamzeh et al., 2011; Elloumi et al., 2016). Neste âmbito, Bousios e Worrell, 2017 destacam, como categoria especial, a madeira plástica (wood-plastic composite).

Polihidroxicanoatos - A utilização dos resíduos da IPPC na produção de polihidroxicanoatos pode ser extremamente vantajosa, na medida em que substitui materiais de elevado custo, baixando assim os custos de produção deste poliéster. A sua utilização encontra-se a ser estudada para aplicação no revestimento na produção de papel. (Bousios e Worrell 2017).

Adsorvente - Bousios e Worrell (2017) referem uma súmula de estudos referentes à aplicação de lamas primárias e secundárias (código LER 030310/11) enquanto adsorvente em soluções aquosas ou gasosas, designadamente na remoção de óleos, metais, fenol, amónio e fosfato, de farmacêuticos em soluções aquosas e de dióxido de nitrogénio e de carbono em soluções gasosas. Nem todos os estudos sobre esta utilização apresentam necessidade de pré-tratamento. A utilização de resíduos da IPPC é economicamente mais viável, visto apresentar custos inferiores aos materiais convencionalmente usados, designadamente o carvão ativado. Em particular, produtos adsorventes de óleo, com base nos resíduos da IPPC já se encontram disponíveis no mercado norte-americano.