

## ECONOMIA CIRCULAR: COMO LIDAR COM A COMPLEXIDADE?

Ana COELHO

Circular Economy Portugal & Faculdade de Economia da UP

[alcoelho.pt@gmail.com](mailto:alcoelho.pt@gmail.com)

### Resumo

Os sistemas do mundo real são complexos, não bastando a mera análise das partes ou agentes, já que ligadas aos retornos das relações. Não há sistemas separados – há um continuum: as fronteiras ou limites dependem de objetivos e modelos pretendidos. Técnicas visam melhoria contínua, com a tecnologia digital e computação desenvolveram-se modelos que refletem o mundo e a sua complexidade. Big Data e a Internet of Things levam organizações e a sociedade a adotar conceitos que se tornam presentes no quotidiano. Na Educação, reconhece-se a natureza adaptativa e complexa do mundo real e usa-se pensamento em sistemas. Compreender como as partes se influenciam umas às outras num todo (e dentro dos contextos económico, ambiental e social) e a relação do todo com as partes é crucial.

Pensar em sistemas relaciona-se com os sistemas do mundo real: não lineares, ricos em feedback, e interdependentes. Nestes, condições iniciais e feedbacks têm consequências surpreendentes, com resultados não proporcionais aos inputs. Não geríveis no sentido linear, exigem maior flexibilidade e adaptabilidade às mudanças.

Este artigo procura responder ao como pensar em sistemas para lidar com a complexidade atingindo maior eficácia; mostrar como gerar metabolismos cíclicos que permitem sinergias com acumular de inteligência; analisar o que podem ser princípios de sistemas complexos, o que se entende por “pensar em sistemas” em eficiência vs. eficácia para identificar problemas e oportunidades, e a utilidade da tecnologia de ponta para a noção do todo. Mostrar atividades que exploram a interconectividade, a resiliência e as fases de transição de sistemas adaptativos complexos, e como são importantes para transições de paradigma como o novo da Economia Circular.

**Palavras-chave:** Sistemas complexos, Pensar em Sistemas, Inovação, Educação, Economia Circular

### Abstract

Real-world systems are complex, not understandable through simple analysis of the parts or agents, hence these are linked to the returns of the bonds. There are no separate systems - there is a continuum: the boundaries or limits depend on purposes and intended models. Techniques search for continuous improvement, with digital technology and computing models that reflect the world and its complexity models were developed. Big Data and Internet of Things lead organizations and society to adopt concepts that are present in our daily lives. In education, the adaptive and complex nature of the real world is recognized and systems thinking is used. Understanding how the parties influence each other within a whole (and in the economic, environmental, and social contexts) and the relationship of the whole to the parts is crucial.

Systems thinking is related to real-world systems: nonlinear, feedback-rich, and interdependent. In these, initial conditions with feedbacks lead to surprising consequences, with results not proportional to inputs. Such systems nonlinear, require greater flexibility and adaptability to changes.

This article addresses how to think of systems to deal with complexity and achieve more effectiveness than efficiency; how to generate cyclic metabolisms that allow synergies with the accumulation of intelligence; what can be the principles of complex systems, what is meant by "thinking in systems" in an efficiency, to identify problems and opportunities, and the usefulness of cutting-edge technology to know the whole. Show activities that explore interconnectivity, resilience, and transition phases of complex adaptive systems, and how these are important for transitions of paradigm as the new of the Circular Economy.

**Keywords:** Complex System, Systems Thinking, Innovation, Education, Circular Economy

## 1. Introdução

O nosso sistema económico (que nos fornece todos os bens e serviços necessários para um padrão de vida moderno) não opera sem o apoio dos sistemas ecológicos de plantas e animais, e das suas interrelações (colectivamente conhecidos como biosfera) e não vice-versa. A maior parte dos sistemas do mundo real são complexos. As ciências complexas são diversas e as suas raízes encontram-se, por exemplo, nas leis da termodinâmica em que a geração de resíduos deve igualar a extração de recursos, ou seja, a matéria proveniente do ambiente deve igualar a matéria que será depositada no ambiente, tendo presente que quanto mais matéria for extraída, mais resíduos serão gerados e que há limites para as possibilidades de reciclagem dentro do sistema, logo, conseqüentemente, os resíduos não recuperáveis tendem a aumentar (Pearce, Turner, 1990).

A complexidade constrói-se a partir de uma amálgama de disciplinas como a biologia, a física e as ciências sociais que são base para a computação, por exemplo. A economia é um sistema adaptativo complexo, fortemente associado a sistemas ecológicos. Aspeto que está claramente presente no modelo da Economia Circular, na medida em que desenhar um produto ou serviço exige considerar as interações de sistemas económico com ecológico ao longo do seu ciclo de vida. Os sistemas complexos são frequentemente designados como adaptativos, porque conseguem adaptar-se às mudanças de ambiente, no entanto, não existem em sentido estrito, sistemas separados – o universo é um *continuum* (Figura 1 e Figura 2).

## 2. Complexidade: conceptualização e relevância

David Hockney, artista inglês considerado dos mais influentes no século XX, representou a ideia de uma imagem mais alargada em que se invertermos a nossa visão temos uma infinidade de perspectivas: vemos um enquadramento mais alargado (Figura 1), já que a nossa perspectiva nos dá uma visão limitada. Esta não é de todo uma ideia nova. A ideia de transformação contínua no universo – o ouroboros: a serpente a comer a sua cauda é um símbolo com milhares de anos – é uma ideia antiga, mas não temos que lidar com uma ideia à moda antiga (Webster, 2015).

O diagrama da Figura 2 sugere que a maioria dos sistemas é dinâmico e é uma complexidade ordenada. Anteriormente, pensava-se que a maioria era sistemas mecânicos, lineares, determinísticos ou o oposto – aleatórios. Neste último caso, estes tratam-se através da estatística. Olhar para os sistemas com *feedback* (retorno), foi algo que os computadores nos permitiram passar a fazer. Agora, a lógica será: se a maioria dos sistemas são complexidade ordenada, então a nossa atenção em termos educativos deverá ser compreender esta complexidade ordenada, acima de tudo porque este é o mundo real (Webster, 2015). É muito mais confortável a visão estática do mundo, mas o mundo é muito mais uma composição de sistemas complexos, daí ser uma visão dinâmica (Quadro I).



Figura 1- Imagem de David Hockney. Fonte: Webster, 2015

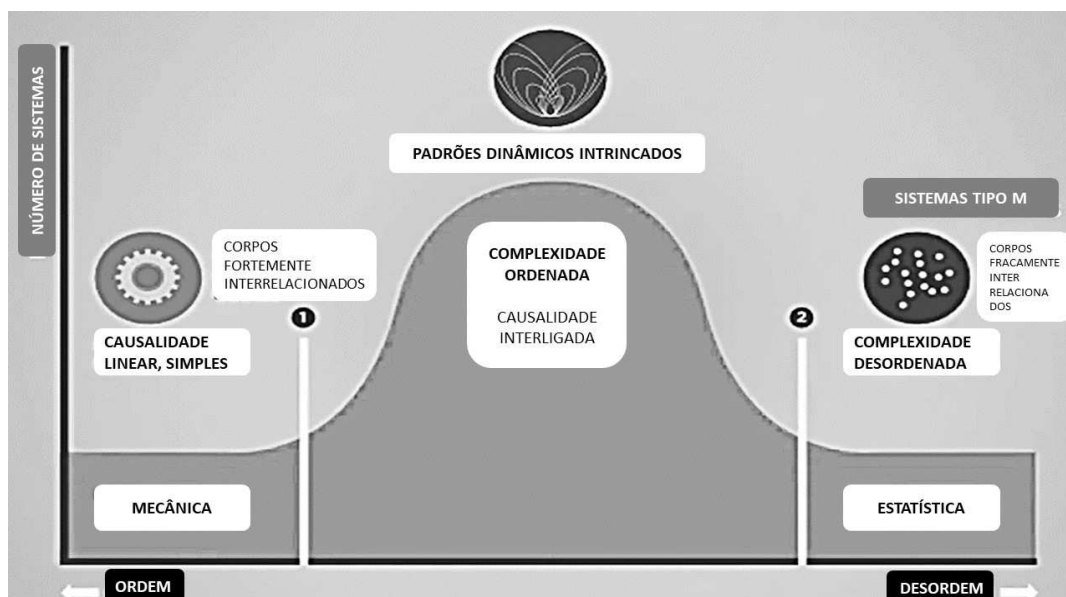


Figura 2- Sistemas por prevalência e tipo. Fonte: EMF, 2014 (adaptado)

Quadro I - Visão dinâmica (sistemas complexos).

<b>Visão dinâmica (sistemas complexos)</b>
FLUÍDO
FLUXO
SISTEMA ABERTO
CAUSALIDADE CIRCULAR <ul style="list-style-type: none"><li>• Estabilidade dinâmica</li><li>• Estado estacionário</li><li>• Contínua rotatividade</li></ul>
EQUILÍBRIO DE FLUXO
Exemplo: UMA CÉLULA
COMPORTAMENTO DE SISTEMAS <ul style="list-style-type: none"><li>• Imprevisível</li><li>• Irreproduzível</li><li>• Irreversível</li></ul>

Fonte: Webster, 2015 (adaptado)

Uma economia é um sistema dinâmico em que existe possibilidade de melhoria contínua (Webster, 2015). No século XXI, os economistas são jardineiros a moldar a economia à medida que evolui (Raworth, 2017). Temos de mudar para um modelo que se baseie mais nos princípios agrícolas, em que não nos baseamos tanto nos resultados do desenvolvimento, mas mais no criar condições para florescer (Raworth, 2017, Webster, 2015).

Um exemplo de um sistema complexo de complexidade ordenada é a forma como vivem as formigas. As formigas são uma espécie eficiente e eficaz. Os serviços e as técnicas da natureza são, regra geral, muito mais eficazes e mais sustentáveis do que as abordagens técnicas de engenharia (Pedersen, Storey, 2007). As formigas fazem com que todo o seu sistema prospere garantindo a sua sobrevivência. São organismos altamente evoluídos. Constroem cidades, sistemas de transporte, cemitérios, ar condicionado e sistemas de reciclagem de resíduos. Dividem o trabalho em agricultores, soldados, professores e adolescentes, entre outros. Têm todos os tipos de trabalhadores. A sua biomassa é maior do que a dos humanos, mas as formigas têm regras que mantêm, são as regras para produção benigna e benéfica que, embora com uma biomassa maior, o seu impacto para o ambiente é positivo. Aprendemos sobre a natureza, mas aprender com a natureza essa é que é a profunda mudança (Benyus, 2002).

A Economia Circular trata-se de um modelo constituído por um modelo de desenvolvimento contínuo e positivo focado na preservação e aumento do capital natural, otimizando recursos e minimizando os riscos dos sistemas, ao gerir os *stocks* (materiais) finitos e os fluxos de energias renováveis, mantendo os componentes e materiais dos produtos na sua melhor utilização e valor (EMF, 2015). É uma ideia diferente do que deve ser a economia (Figura 3).

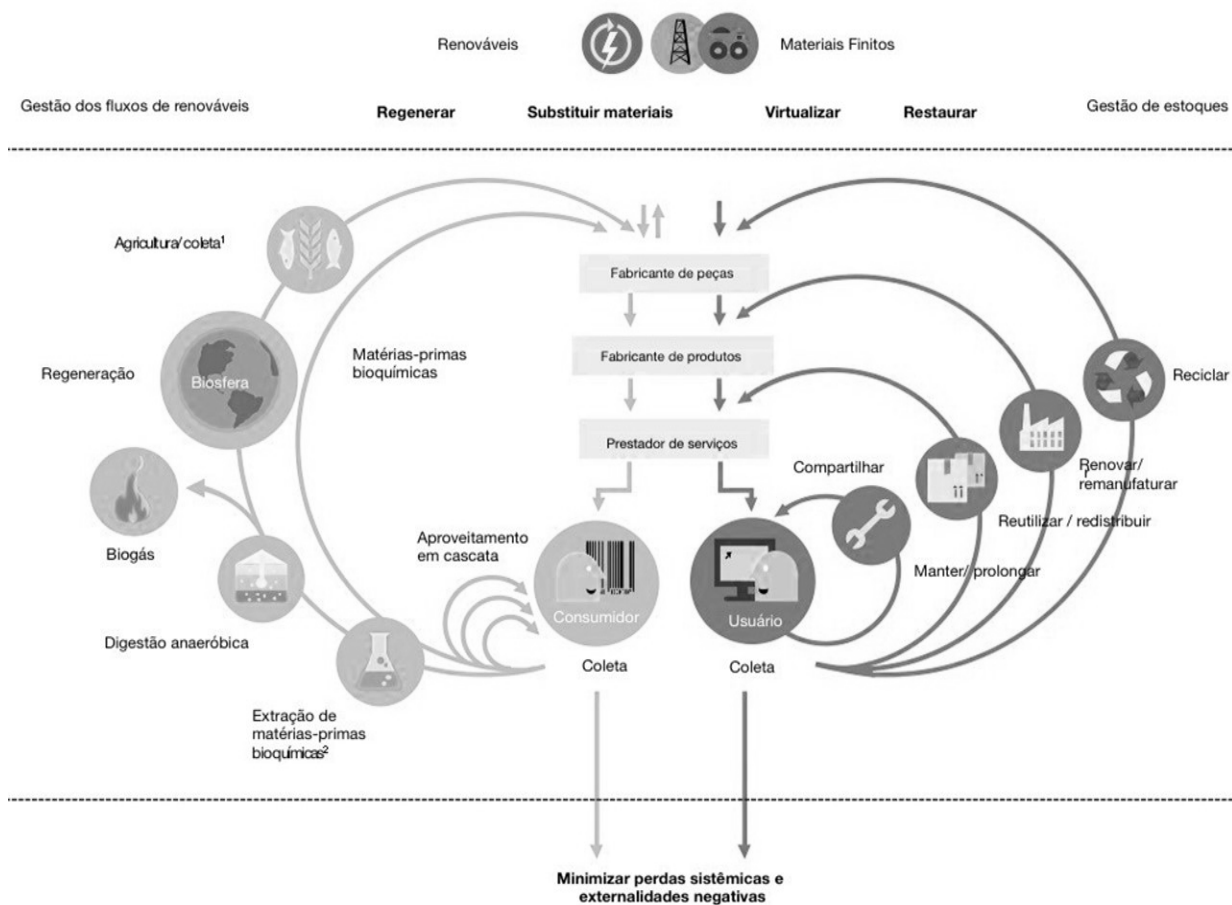


Figura 3- Diagrama Borboleta que representa a Economia Circular. 1 caça e pesca; 2 pode aproveitar tanto resíduos pós-colheita como pós-consumo como insumos. Fonte: EMF, SUN, MCKINSEY, 2015; Desenho de Braungart & McDonough Cradle to Cradle (C2C) (adaptado)

### 3. Breve noção de Sistema

Um sistema é mais do que a soma das partes, a sua estrutura influencia o seu comportamento (como se ilustra na Figura 3) e muitas das interligações em sistemas são fluxos de informação. Estes são os princípios base dos sistemas complexos. Mas os círculos de retorno (*feedback loops*) estão também presentes. Trata-se de uma cadeia de ligações provenientes de um *stock (input)* para um fluxo que, quando se altera, vai alterar o nível desse *stock* que nada mais é que a memória da história dos fluxos que mudam dentro do sistema (Meadows, 2008).

Os *stocks* podem ser aumentados quer por diminuição do seu *output*, quer por aumento de *input* (Meadows, 2008). A avaliação de ciclos de retorno conduzem o sistema para um determinado equilíbrio ou objetivo como o aumento de preços gera uma diminuição da procura, o que provoca, regra geral, uma diminuição do preço. Reforçar estes círculos pode conduzir a crescimento exponencial e evitar o colapso

como numa inovação tecnológica que fornece posterior desenvolvimento de tecnologias. Deve ter-se sempre presente que nenhum sistema cresce infinitamente num ambiente finito e que os recursos não-renováveis têm limite e que os renováveis são fluxos limitados. Mas sistemas adaptativos complexos são frequentemente capazes de se auto-organizarem: estruturam-se e reestruturam-se, aprendem, diversificam e aumentam a sua complexidade (Meadows, 2008).

#### 4. BIG DATA & IoT e a Economia Circular

A aceitação deste modelo económico circular é ainda modesta. O surgimento de novas tecnologias alavancadas pela Internet, mobilidade, rastreabilidade, baixo custo, entre outros, e as mudanças de comportamento dos consumidores (acesso em vez de propriedade) podem ser fatores de alavancagem da Economia Circular (Nobre, Tavares, 2017).

Tecnologias emergentes como *Big Data*<sup>i</sup> e *Internet of Things*<sup>ii</sup> (IoT) podem ser benéficas para a Economia Circular. *Data* é crucial para as organizações e poderá ser a maior *commodity* transacionada. A IoT alavancada pelo *Big Data* permitirá um enorme avanço no armazenamento, análise e distribuição de dados, que se podem converter em informação útil. Quando se compreende a base dos conceitos de Economia Circular, *Big Data* e IoT, facilmente se compreende como podem interligar-se e ter um papel de desenvolvimento de uma sociedade melhor (Nobre, Tavares, 2017).

A adoção dos princípios de Economia Circular pode ser alcançada com o apoio destas tecnologias podendo gerar benefícios de cerca de 1,8 biliões de euros até 2030 na Europa, mais de 0,9 biliões de euros do que o atual modelo linear de economia e, mais, podendo atingir poupanças no valor de 1 bilião de dólares (EMF, 2015). A atual economia, também denominada de linear, não está a funcionar bem, e as razões são: (i) os recursos (combustíveis fósseis, alimentos e água) estão mais difíceis de obter; (ii) a biodiversidade está em declínio, mas aparentemente assumimos como garantidos os serviços ecológicos fornecidos pelo mundo natural; e (iii) o sistema financeiro quase “*crashou*” toda a economia. Associados a estas razões temos salários reais estagnados ou baixos durante décadas, uma intensa competição entre empresas, e os 3 mil milhões de novos consumidores a entrar no mercado nos próximos 20 a 30 anos irão colocar uma enorme pressão sobre os recursos se continuarmos com a nossa atual maneira linear (Webster, 2015).

Um exemplo da benéfica interligação (Economia Circular, Big Data e IoT) é a Arup. Esta empresa usou tecnologias Big Data/IoT para maximizar a utilização de componentes e materiais na construção de edifícios. Estes foram desenhados para ser desmontados, foram usados componentes não tóxicos e pre-fabricados que foram feitos para ser desmantelados sem ser danificados. Foi usada uma ferramenta de tecnologia digital que permite comunicação de dados entre as partes interessadas durante todas as fases de vida do bem. Ao incorporar informação sobre os materiais, podem estar a comunicar-se externalidades negativas e oportunidades de reciclagem e remanufatura. Esta ferramenta atua também

como um banco de materiais para reutilização de componentes. Outras empresas como a Uber e a AirBnB também fazem uso e se apoiam no Big Data e na IoT para operarem (Nobre, Tavares, 2017).

Economia Circular, Big Data e IoT juntos oferecem um enorme conjunto de oportunidades tanto para a sociedade como para as organizações. Amplificar a rastreabilidade, por exemplo, é uma oportunidade económica para poupar materiais, reduzir os resíduos e utilizar recursos que anteriormente eram vistos como resíduos. Assim, IoT tem um papel fundamental no fornecimento de Big Data valiosos sobre usos de energia, bens subutilizados, e fluxos de materiais, conduzindo a uma maior eficiência das organizações (EMF, 2015)

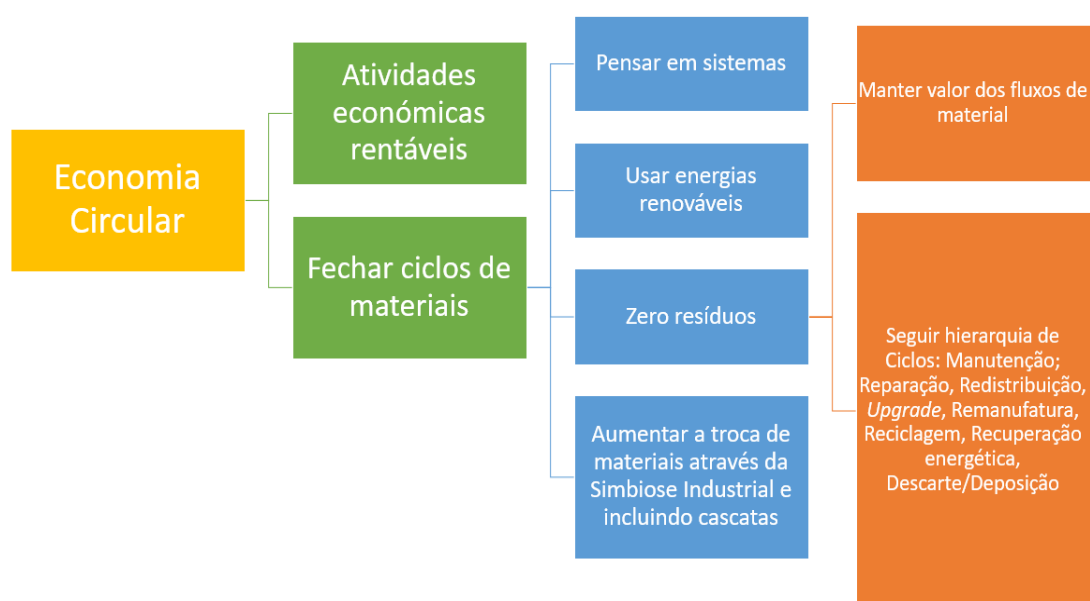


Figura 4- Esquema da definição Economia Circular. Fonte: Elaboração própria a partir de informação de MENTHINK, 2014; EMF, SUN, MCKINSEY, 2015

A Economia Circular é um modelo económico com sistemas de produção e consumo em circuitos fechados, onde se redesenham processos, produtos e se criam novos modelos de negócio otimizando a utilização de recursos (“circulando” produtos, componentes e materiais nos ciclos técnicos e/ou biológicos) (ver Figura 3). É um modelo que visa desenvolver novos produtos e serviços economicamente viáveis e ecologicamente eficazes e materializa-se na minimização da extração de recursos, na maximização da reutilização, no aumento da eficiência e no desenvolvimento de novos modelos de negócios (Figura 4).

Os pontos-chave da Economia Circular são: (i) resíduo é recurso; (ii) resiliência através da diversidade; (iii) usar energias renováveis e (iv) pensar em sistemas. Neste modelo as perdas são excluídas desde o princípio (não há resíduos), a diversidade faz a força, as fontes de energia renováveis movem a economia, e o pensamento sistémico. Os preços ou mecanismos de *feedback* devem refletir os custos reais (os custos efetivos das externalidades negativas são revelados e tidos em conta e ps

subsídios perversos são removidos). A falta de transparência das externalidades são uma barreira à transição para a Economia Circular. A transição do linear para circular significa: (i) ser circular em vez de linear – ou seja, em ciclo contínuo de fluxos “sem princípio meio e fim”, em que se reutiliza, se recupera e reusa em vez de se extrair, produzir e descartar; (ii) encarar o resíduo como recurso; (iii) resíduo alimenta novos processos produtivos; (iv) tornar a fazer em novos ciclos produtivos ao invés de “fazer” o mesmo ciclo e; (v) ser mais eficaz além de eficiente nos ciclos produtivos (EMF, 2015).

Neste mundo cada vez mais exigente e com cada vez maior grau de exigência, os governos, as empresas e as sociedades começam a ver a Economia Circular como um caminho a seguir.

## **5. O Pensamento sistémico e a Economia Circular**

O pensamento sistémico foca-se em como os elementos decisórios interagem com todas as partes do sistema, ou seja, tudo é parte do sistema e as partes têm impacto umas nas outras. Analisar estas interligações e interrelações pode conduzir a conclusões diferentes do que as que se tiram da análise tradicional. É o *To see the Bigger Picture* de David Hockney (Figura 1) que atualmente pode ser apoiado por ferramentas de Big Data e IoT, mas antes os decisores devem: (i) compreender o problema, o desafio ou a oportunidade por inteiro incluindo fatores, limitações, forças, pessoas, contexto e dinâmicas e as interconexões entre elas; (ii) desenvolver objetivos comuns e mensuráveis focados no que se pretende que o sistema seja capaz de atingir a longo-prazo; (iii) definir o conjunto de ações para atingir os objetivos; (iv) avaliar e comparar as opções para determinar o impacto e consequências de cada opção para escolher a melhor; (v) agir e implementar a opção com monitorização e adaptabilidade ao longo do tempo e, ainda, recolher informação passível de permitir alterar a opção. A mudança pode não ser negativa, pois tratar as causas e os sintomas do que está a acontecer fornece soluções sistémicas (EMF, 2015; Meadows, 2008). A vantagem económica reside em encarar o resíduo como um recurso, em facilitar o acesso em detrimento da propriedade, em recuperar materiais em sistemas de aproveitamento em cascata de recursos (ver Figura 3) com vista à reconstrução de capital e resiliência. As tecnologias estão a alterar as relações com os materiais, as ferramentas, os produtos e as ideias (Webster, 2015).

### **5.1. Exemplo de pensamento sistémico nas organizações**

Já existem organizações que tomam o pensamento sistémico como o cerne do seu projeto. As empresas mais inteligentes vêem que conseguem na realidade realizar rendimento com ciclos fechados, mas para tal têm de repensar completamente a cadeia. Percebemos que para criar uma economia circular e um futuro sustentável temos de fechar os ciclos, no entanto, os ciclos fechados só funcionam se existir um modelo de negócio adequado que garanta rentabilidade a longo prazo. As decisões de *design* da Fairphone são um bom exemplo do “pensar em sistemas” da Economia Circular.



Os computadores, *tablets*, telemóveis e *smartphones*, entre outros usam centenas ou milhares de toneladas de metais como o ouro e a prata, entre outros materiais todos os anos. Se se olhasse para a lista de ingredientes de um *smartphone* seria algo como: ferro, titânio, nióbio, flúor, prata, cobre, lítio, antimónio, paládio, bório, crómio, molibdénio, tântalo, estrôncio, oxigénio, arsénio, manganês, zinco, fósforo, gálio, cádmio, ruténio, carbono, magnésio, chumbo, platina, bismuto, hidrogénio, latão, bário, brómio, potássio, índio, cobalto, enxofre, berílio, nitrogénio, zircónio, níquel, tungsténio, ouro, alumínio, silício, ítrio, neodímio, cloro. Na sua grande maioria são sinónimo de milhares de milhões de dólares de valor que acabam como resíduos por ano, sinónimo de recursos (valor) desperdiçados.

O *smartphone* Fairphone resultou de um grupo de pessoas que se juntou e angariou dinheiro através de crowdfunding e construiu o seu próprio *smartphone*. Trata-se de um produto desenhado para ser desmontado e passível de reparação. A filosofia da Fairphone é criar *smartphones* que possam ser mantidos, reparados e *upgraded*, são *smartphones* que duram mais que a média de um habitual *smartphone*. A Fairphone procurou ainda incorporar questões sociais (*fair trade*) no desenvolvimento deste produto.

## 5.2. O pensamento sistémico e a educação

Ações como a anterior transmitem uma mensagem à economia circular, ao pensar em sistemas e à educação de que a mudança está a acontecer a um ritmo bem acelerado e de forma profunda. Assim, a educação formal forçosamente irá acompanhar esta mudança (Webster, 2015).

Por isso muita da aprendizagem deve debruçar-se sobre estes com um pouco de análise e um pouco de foco para a tornar completa (Webster, 2015). A educação do século XXI deve mudar de foco como podemos ver no quadro seguinte (Quadro II).

Quadro II - A mudança de foco na educação: como a educação deve ser encarada no século XXI.

EDUCAÇÃO NO SÉCULO XXI
Apreciação e reenquadramento do problema
Síntese
Ênfase em todo o sistema
Múltiplas influências ao longo do tempo e do espaço
Aprendizagem em equipa ou grupo
Competitiva e colaborativa
Aprendizagem através da questionação com orientação adequada
Meta-aprendizagem

Fonte: Webster, 2015 (adaptado)

A Economia Circular alicerça-se em diferentes escolas de pensamento (EMF, 2013) como a Permacultura (Mollison & Holmgren, 1978), a Economia de *Performance* (Stahel & Reday-Mulvey, 1981), a Ecologia Industrial (Frosch & Gallopoulos, 1989), o Design Regenerativo (Lyle, 1996), a Biomimética (Benyus, 1997) e a *Blue Economy* (Pauli, 2010). Logo, enquanto conceito é um modelo de pensamento sistémico que percebe as interligações, também patentes nos seus antecedentes em diversos campos históricos, económicos e ecológicos que ajudam a compreender a aplicação subsequente do conceito na prática.

## 6. Conclusão

A economia do século XXI será uma economia que abraça a complexidade e o pensamento evolutivo e dinâmico, pois trata-se de um sistema em constante evolução (Raworth, 2017).

Procurou aqui mostrar-se como pensar em sistemas para lidar com a complexidade do mundo real e atingir eficácia, abordou-se a utilidade da tecnologia com o Big Data e a IoT para ter uma noção do todo e através de exemplos que com pensamento sistémico identificam problemas e oportunidades de forma diferente, são atividades que exploram características de sistemas adaptativos complexos como a interconectividade, sistemas que são a maioria do mundo real, atividades que promovem e atribuem a desejada relevância ao novo paradigma - a Economia Circular que busca na natureza soluções sustentáveis.

Os modelos conceptuais, projetos a decorrer e as tendências apresentam-se ainda um pouco como “possibilidades imaginadas” de casos de verdadeiro desenvolvimento baseados em medições dos benefícios. Apesar de já existirem organizações a seguir esse caminho, falta aos investigadores explorá-las cientificamente e serem, inclusive, introduzidas no sistema educativo como modelos de aplicação.

**“O objetivo não é ver o que ninguém viu, mas ver o que todos vêem de uma maneira totalmente diferente.”** – Arthur Schopenhauer, filósofo alemão do séc.XIX

## 7. Bibliografia

- BENYUS, J. (2002). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Harper Collins.
- BOULDING, K. (1966). The economics of coming spaceship earth. In H. Jarred (Ed.), *Environmental quality in a growing economy*. Baltimore, MD: John Hopkins University Press.
- EMF, MCKINSEY, SUN (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*, [Report by] Ellen MacArthur Foundation (EMF), McKinsey Center for Business and Environment, Stiftungsfonds für Umweltökonomie und Nachhaltigkeit (SUN), June 2015.
- EMF: Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. Isle of Wright: Ellen MacArthur Foundation.

- EMF: Ellen MacArthur Foundation (2014). *Towards the Circular Economy: Accelerating the Scale-up across Global Supply Chains*. Isle of Wright: Ellen MacArthur Foundation
- FROSCHE, R., & GALLOPOULOS, N. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144-152.
- LYLE, J. (1996). *Regenerative Design for Sustainable Development*. New York: Wiley.
- MEADOWS, D. H. (2008). *Thinking in Systems – A primer*. White River Junction: Chelsea Green.
- MOLLISON, B., & HOLMGREN, D. (1978). *Permaculture One*. Melbourne, Australia: Corgi.
- 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(3), 369-380.
- NOBRE, G. C., & TAVARES, E. (2017). Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study. *Scientometrics*, 111(1), 463-492.
- PAULI, G. (2010). *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. Report of the Club of Rome*. Taos: Paradigm Publications.
- PEARCE D. W., & TURNER, R. K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. London: Harvest Wheatsheaf.
- PEDERSEN, Z., & STOREY, J. (2007). An Ecosystem based biomimetic theory for regenerative built environment. Lisbon. *Lisbon Sustainable Building Conference*, September 2007.
- RAWORTH, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. UK: Penguin Random House.
- STAHEL, W., & REDAY-MULVEY, G. (1981). *Jobs for Tomorrow, the potential for substituting manpower for energy*. New York: Vantage Press.
- WEBSTER, K. (2015). *The Circular Economy: A Wealth of Flows*. Isle of Wright, UK: Ellen MacArthur Foundation.

---

<sup>i</sup> *Big data*: este termo refere-se basicamente ao armazenamento, processamento e análise de uma enorme e contínua quantidade de dados. É uma complexidade de 4V's: volume, variedade, velocidade e veracidade (NOBRE, Tavares, 2017).

<sup>ii</sup> IoT: Internet of Things, também conhecida como a Internet of objects, é sobre a ligação dos objetos diários, muitas vezes equipados com inteligência, uns com os outros e com as pessoas. As aplicações de IoT incluem: sensores inteligentes em automóveis; melhores diagnósticos de doenças, prevenção e tratamento; utensílios domésticos inteligentes, prateleiras de supermercado inteligentes, monitorização de stocks em tempo real, monitorização ambiental (Nobre, Tavares, 2017).