



**XVII CONGRESSO
NACIONAL DE GEOTECNIA**

A Geo, as ciências e a tecnologia

**X CONGRESSO
LUSO-BRASILEIRO DE GEOTECNIA**

Segurança de obras geotécnicas

LISBOA 2021

Título

XVII CONGRESSO
NACIONAL DE GEOTECNIA
A Geo, as ciências e a tecnologia

X CONGRESSO
LUSO-BRASILEIRO DE GEOTECNIA
Segurança de obras geotécnicas

Autores

Vários

Data

Novembro 2021

Pré-impressão

Digicreate Serviços Gráficos Unipessoal, Lda

ISBN

978-989-54038-7-5

A GEOTECNIA NA ECONOMIA CIRCULAR – CONTRIBUTOS E DESAFIOS

GEOTECHNICS IN THE CIRCULAR ECONOMY - CONTRIBUTIONS AND CHALLENGES

Vieira, Castorina Silva, CONSTRUCT, *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, cvieira@fe.up.pt*

RESUMO

Os efeitos das alterações climáticas que se têm vindo a fazer sentir e a, cada vez maior, percepção dos cidadãos de que os recursos naturais são finitos evidenciam a inevitabilidade de tornar a sociedade mais sustentável. Por isso, a necessidade de promover a transição de uma Economia Linear para uma Economia Circular, e de implementar essa transição nos diversos setores da economia tornaram-se temas de grande atualidade. Neste trabalho apresenta-se uma perspetiva pessoal sobre a economia circular, em particular no setor da construção, e potenciais contributos da Geotecnia para a implementação dos princípios a ela implícitos. A transição efetiva para um modelo de maior circularidade na construção implica grandes desafios técnico-científicos, abrangendo colaborações multidisciplinares. Este trabalho pretende potenciar uma reflexão sobre a contribuição da Geotecnia para esse objetivo.

ABSTRACT

The effects of climate change that we have been experiencing and the increasing perception of citizens that natural resources are finite highlight the inevitability of making the society more sustainable. Therefore, the need to promote the transition from a Linear Economy to a Circular Economy, and to implement this transition in different sectors of the economy have become topical issues. This paper presents a personal perspective on the circular economy, particularly in the construction industry, and potential contributions of Geotechnics to the implementation of its implicit principles. The effective transition to a model of greater circularity in construction implies great technical and scientific challenges, encompassing multidisciplinary collaborations. This paper aims to encourage a reflection on the contribution of Geotechnics to this objective.

1. INTRODUÇÃO

A Comissão Europeia (CE) publicou, em dezembro de 2015, um Plano de Ação para a Economia Circular, trazendo para a ordem do dia termos como “Economia Circular” ou “Neutralidade Carbónica”. Com base nos trabalhos realizado desde 2015, a CE adotou recentemente (março de 2020) um novo Plano de Ação para a Economia Circular, considerando-o como um dos principais alicerces do Pacto Ecológico Europeu, o novo roteiro da Europa para o crescimento sustentável (CE, 2020).

Este novo Plano de Ação centra-se nas fases de conceção e produção, para assegurar que os recursos utilizados sejam mantidos na economia durante tanto

tempo quanto possível. Estabelece uma estratégia orientada para o futuro, visando criar uma Europa mais limpa, mais sustentável e mais competitiva.

A CE pretende lançar medidas concretas nos diversos setores que utilizam a maior parte dos recursos e em que o potencial para a circularidade é elevado, entre os quais se encontra o setor da construção. No que se refere a este setor, a CE prevê lançar uma nova Estratégia para a Sustentabilidade do Ambiente Construído (CE 2020).

Na sequência destas ações da CE, tornou-se frequente ouvir os poderes políticos e governativos, alguma comunicação social, técnicos e investigadores realçar a necessidade de promover a transição do modelo de Economia Linear para uma Economia Circular, e de implementar essa transição nos diversos setores da economia. Embora comecem a surgir em Portugal algumas iniciativas, o caminho a percorrer é longo. No caso do setor da construção, as mudanças são ainda muito ténues.

Importa ter presente que a circularidade na construção vai muito além da reciclagem e valorização de resíduos. Implementar uma economia circular no setor, implica promover a valorização dos recursos, mantendo-os na economia pelo maior período de tempo possível, e a minimização da necessidade de novos consumos de materiais e energia.

Os desenvolvimentos mais recentes no setor, os trabalhos técnico-científicos e os eventos de divulgação no âmbito da economia circular na construção, tal como o próprio Plano de Ação, estão muito focados nos edifícios e na sustentabilidade dos produtos de construção. Pese embora esta evidência, considera-se que a Geotecnia poderá dar um contributo muito significativo para que o setor se torne mais sustentável. Assim, apresenta-se neste trabalho uma perspetiva sobre possíveis contributos da Geotecnia para uma maior circularidade no setor na construção. Não sendo apresentada uma abordagem exaustiva, reflete a visão da autora sobre o tema.

Atendendo a que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para 2030 estão na base da economia circular, começa-se por destacar aqueles em que a Geotecnia poderá dar maiores contribuições. De seguida apresenta-se de forma sucinta o conceito de economia circular e particulariza-se para o caso da construção.

2. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A perceção que atualmente os cidadãos têm de que os recursos naturais são finitos, bem como, os efeitos da poluição e das alterações climáticas que se têm vindo a fazer sentir, tornaram o desenvolvimento sustentável uma meta que a sociedade atual tem de ambicionar.

Os ODS, que foram adotados pela quase totalidade dos países do mundo, no contexto das Nações Unidas, definem as prioridades e aspirações do desenvolvimento sustentável global. Os 17 ODS apresentados na Figura 1, que devem ser implementados até 2030, englobam áreas muito distintas que afetam a qualidade de vida de todos os cidadãos e das gerações futuras.

Entre os 17 ODS apresentados esquematicamente na Figura 1, destacam-se aqueles para os quais a Engenharia Civil, em geral, e a Geotecnia, em particular, podem dar contributos significativos através das suas intervenções na sociedade:

- Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (ODS 6);
- Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos (ODS 7);
- Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação (ODS 9);
- Tornar as cidades e as comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (ODS 11);
- Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (ODS 12);
- Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos (ODS 13).



Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (NU, 2015)

Embora se considere que os ODS atrás identificados são aqueles para os quais contributo da Geotecnia poderá ser mais relevante, de forma mais indireta a Engenharia Civil e a Geotecnia poderão também contribuir para os restantes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nomeadamente, para:

- o ODS1 (Erradicar a pobreza), o ODS 2 (Erradicar a fome) e o ODS 8 (Trabalho digno e crescimento económico), através da criação de emprego e da melhoria da qualidade de vida;
- o ODS 3 (Saúde de qualidade), contribuindo para a redução de acidentes rodoviários e para a melhoria da qualidade e disponibilidade de água potável e saneamento;
- o ODS 14 (Proteger a Vida Marinha), contribuindo para a redução da poluição e preservação das zonas costeiras;
- o ODS 15 (Proteger a Vida Terrestre), contribuindo para a redução da poluição e para restaurar solos degradados.

Enquanto cidadãos, os engenheiros civis e os geotécnicos podem ainda dar o seu contributo para uma educação de qualidade (ODS 4), para a igualdade de género (ODS 5), para reduzir as desigualdades (ODS 10) e para a paz, justiça e instituições eficazes (ODS 16).

3. ECONOMIA CIRCULAR

3.1. Breve descrição do conceito

A economia circular representa uma alternativa fundamental ao modelo económico linear: extrair - produzir - consumir – descartar (Figura 2), que ainda predomina na sociedade atual. O modelo linear baseia-se no pressuposto de que os recursos naturais estão disponíveis em abundância, são fáceis de obter e o custo da sua eliminação é reduzido. Embora este modelo da economia tenha sido fundamental para o desenvolvimento industrial, permitindo elevados níveis de crescimento económico, não é atualmente um modelo sustentável, dado que estamos a ultrapassar a capacidade do planeta.

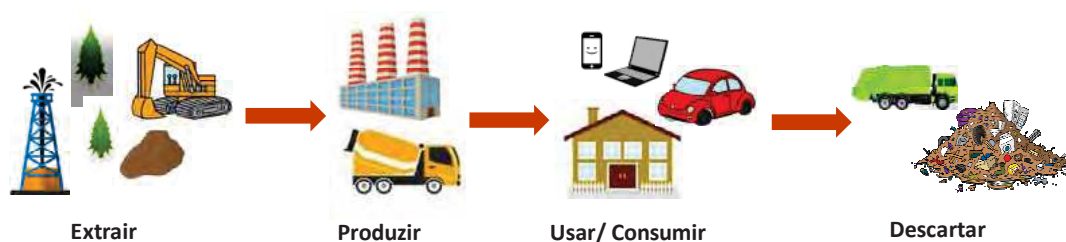


Figura 2 - Modelo económico linear (Vieira, 2021)

Por definição, a economia circular é uma abordagem estratégica e operacional que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, potenciando o valor e o tempo de vida útil dos produtos, materiais e recursos na economia (Parlamento Europeu, 2018; FCT, 2019) – Figura 3. Visa a valorização dos recursos, mantendo-os na economia pelo maior período de tempo possível, e a minimização da necessidade de novos consumos de materiais virgens e energia (Ellen MacArthur Foundation, 2015a).

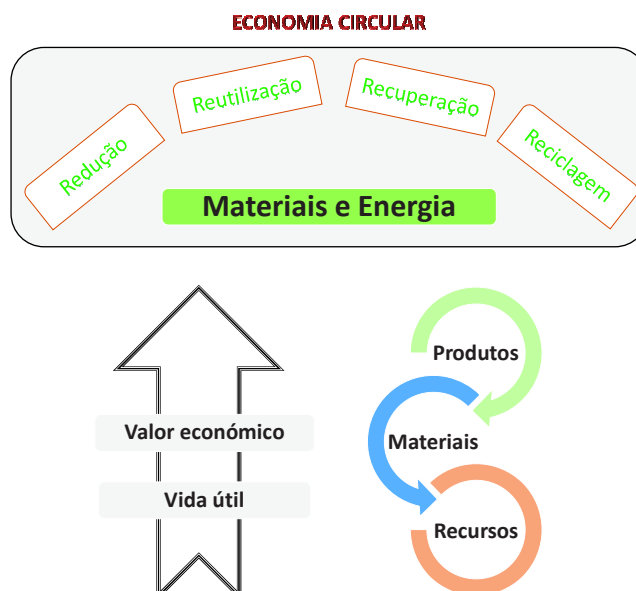


Figura 3 – Esquematização dos conceitos base da economia circular

É importante realçar que a economia circular vai muito além da gestão e valorização de resíduos, requer que os recursos naturais sejam geridos de forma eficiente e sustentável ao longo de todo o seu ciclo de vida, e que os produtos sejam pensados e

dimensionados com vista ao máximo aproveitamento dos seus componentes (Figura 4). Em termos práticos, a adoção de modelos de economia circular deve conduzir à redução do desperdício ao mínimo (Parlamento Europeu, 2018; Ellen MacArthur Foundation, 2015a. Quando um produto chega ao fim do seu ciclo de vida, os seus materiais devem manter-se dentro da economia sempre que possível, mantendo o valor económico e a utilidade no seu nível mais elevado e pelo máximo de tempo possível – Figura 4.



Figura 4 – Modelo de economia circular (Parlamento Europeu, 2018)

Encontram-se na bibliografia modelos mais ou menos complexos para explicar e exemplificar o conceito da economia circular que, obviamente, não serão abordados neste trabalho. Porém, julga-se que a abordagem deste conceito requer que seja apresentada, ainda que de forma simplificada, a visão da Fundação Ellen MacArthur (Ellen MacArthur Foundation, 2015a; 2015b) sobre o mesmo, o que se concretiza nos parágrafos seguintes.

A economia circular caracteriza-se por ser restaurativa e regenerativa, tendo como objetivo manter produtos, componentes e materiais com o mais alto nível de utilidade e valor durante todo o ciclo de vida e fazendo distinção entre ciclos técnicos e biológicos (Ellen MacArthur Foundation, 2015a). Os recursos devem ser regenerados no ciclo biológico e valorizados no ciclo técnico, tal como esquematizado no conhecido esquema “borboleta”.

De acordo com Ellen MacArthur Foundation (2015a), a economia circular apoia-se em três princípios:

- Preservar e aumentar o capital natural, controlando as reservas finitas e equilibrando o uso de recursos renováveis;
- Otimizar o rendimento dos recursos, fazendo circular produtos, componentes e materiais com o máximo de utilidade e pelo máximo de tempo possível (tanto no ciclo técnico quanto no biológico);
- Estimular a eficácia do sistema, revelando e excluindo as externalidades negativas dos processos.

Lacy e Rutqvist (2015) consideram que a implementação da economia circular deve assentar em cinco modelos de negócio, nomeadamente: cadeias de abastecimento circulares, valorização e reciclagem, extensão do tempo de vida dos produtos, plataformas de partilha e produtos como serviços.

3.2. Economia Circular na Construção

Nos últimos tempos tem vindo a ser utilizada por alguns *stakeholders* a designação “Construção Circular”, quando se pretende mencionar a adoção ou implementação dos princípios da economia circular ao setor da construção. Este termo, parece à autora, pouco adequado porque pode ser associado à forma geométrica da construção e não à filosofia que se pretende adotar.

A Figura 5 ilustra um esquema simplificado da circularidade no setor da construção, tentando ir ao encontro do modelo de economia circular, apresentado pela Direção-Geral de Comunicação do Parlamento Europeu (Parlamento Europeu, 2018), apresentado na Figura 4. Trata-se de um modelo simplificado porque não se representam as possíveis interligações entre as diversas fases do ciclo de vida da construção. No entanto, são realçados alguns dos aspetos fundamentais a ter presentes nessas diversas fases.

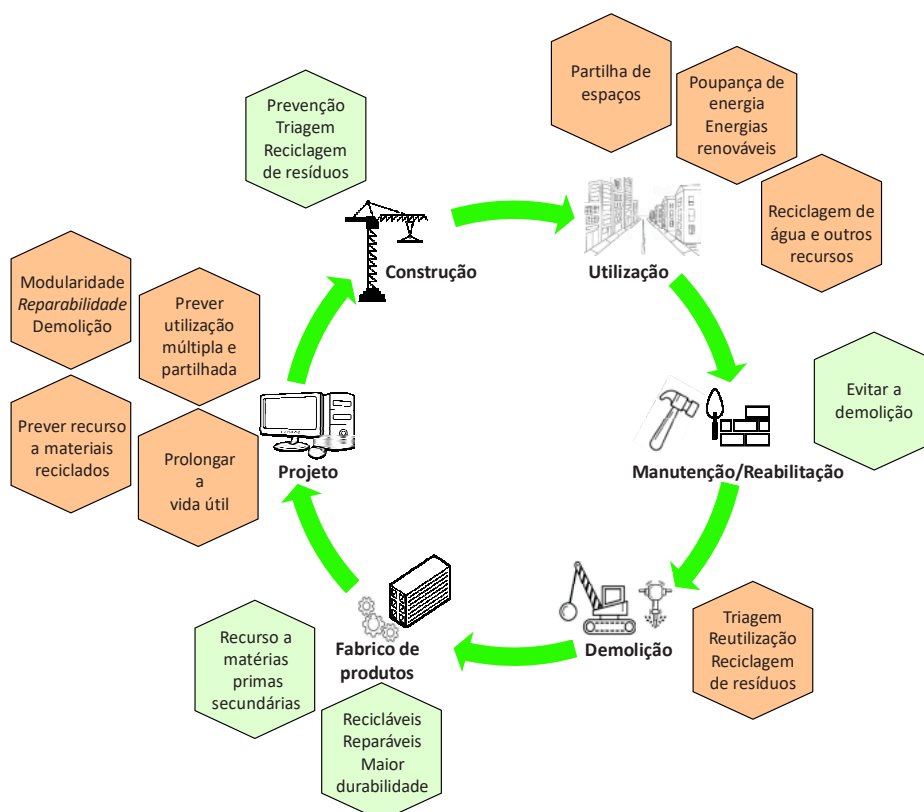


Figura 5 – Representação esquemática simplificada de economia circular na construção (alterado de Vieira, 2021)

Na fase de projeto é fundamental promover a construção modular, prevendo o desmantelamento, prever a *reparabilidade* dos elementos construtivos e a demolição no final da vida útil. Deve projetar-se prolongando a vida útil dos edifícios e das infraestruturas, pensando em diferentes utilizações e a possível partilha de espaços e, prevendo o recurso a materiais reciclados, para que estes possam efetivamente ser utilizados em obra.

Na fase de construção, a prevenção, a triagem e a reciclagem dos resíduos gerados são aspetos de grande relevância. Durante a utilização, deve ser promovida a reciclagem da água, a poupança de energia e o recurso às energias renováveis. A

partilha de instalações deve ser incentivada, reduzindo-se a necessidade de novos espaços e equipamentos.

Nas operações de manutenção e reabilitação, a aposta na manutenção e renovação inteligente, evitando as demolições desnecessárias, são aspetos a considerar. Quando é necessário demolir, deve promover-se a separação dos materiais e componentes passíveis de reutilização, a triagem e a reciclagem dos resíduos. A produção ou fabrico de produtos e componentes deve ambicionar a sua maior durabilidade, que estes sejam reparáveis e recicláveis, recorrendo a subprodutos e materiais reciclados como matéria prima.

De realçar que a circularidade na construção vai muito além da reciclagem e valorização de resíduos na construção. Tal como esquematizado na Figura 5, requer mudanças de paradigma desde a fase de projeto, à produção dos próprios materiais de construção e dos componentes.

A circularidade no setor da construção, tal como em todos os outros setores, potenciará novas oportunidades de negócio e criará condições para o desenvolvimento de novos mercados. Mas a transição efetiva para uma economia mais circular implica mudanças significativas nos padrões de consumo e a participação ativa dos cidadãos (Vieira, 2021).

4. A GEOTECNIA NA ECONOMIA CIRCULAR

A Geotecnia, enquanto ramo da Engenharia Civil, pode dar contributos significativos para o desenvolvimento sustentável na indústria da construção, projetando e implementando soluções que respeitem a preservação do meio ambiente e economicamente eficazes. Como ouvimos por vezes dizer alguns colegas da área da Geotecnia, os solos e as rochas são a base de tudo. Na realidade, a grande maioria das estruturas e infraestruturas assentam sobre um terreno de fundação ou são instalados no interior de um maciço.

O objetivo central dos geotécnicos que se dedicam ao exercício prático da profissão é, segundo Cardoso (2016), fazer com que os projetos sejam concretizados com menores incertezas/riscos, mais rapidamente, usando metodologias mais eficientes e mais baratas e com o devido respeito pela sustentabilidade e pela proteção ambiental. Os geotécnicos que se dedicam à investigação e inovação tecnológica, devem procurar proporcionar o conhecimento e a compreensão que permitam a resolução dos problemas e que permitam que os projetos sejam concretizados com base nos pressupostos anteriormente mencionados (Cardoso, 2016).

Roque (2018) apontou as seguintes áreas prioritárias e emergentes da Geotecnia Ambiental e da Geotecnia Sustentável: a) Medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas; b) Transformação de resíduos em recursos; c) Remediação de terrenos contaminados; d) Segurança estrutural e risco ambiental dos resíduos mineiros; e) Redução do consumo de energia e produção de energia recorrendo a fontes sustentáveis alternativas aos combustíveis fósseis; f) Exploração sustentável dos aterros de resíduos; g) Mineração dos aterros de resíduos; h) Melhoramento de terrenos com técnicas inovadoras. A autora considera que aos tópicos elencados por Roque (2018), deve acrescentar-se: o uso eficiente do espaço subterrâneo, face à tendência para o crescimento da população em meio urbano e as suas implicações em termos de infraestruturas; e, a reabilitação e reutilização de fundações, que permitirão,

atendendo aos avanços tecnológicos, prolongar a vida útil da estrutura ou infraestrutura ou a sua adaptação para fim diferente daquele para o qual foi projetada.

A preservação dos recursos naturais, a minimização da produção de resíduos, a redução da dependência dos combustíveis fósseis e a diminuição das emissões de gases com efeito de estufa são alguns dos potenciais benefícios da implementação da economia circular. Tendo presente estes propósitos, elenca-se uma série de ações através das quais a Geotecnia pode contribuir para uma maior circularidade no setor da construção:

- Utilização de materiais eficientes e amigos do ambiente em obras geotécnicas, nomeadamente subprodutos e resíduos industriais (cinzas e escórias de incineração de resíduos ou da aciaria, granulados de borracha reciclada, etc), agregados reciclados provenientes de resíduos e geossintéticos produzidos a partir de polímeros reciclados;
- Recurso a técnicas de melhoramento de terrenos amigas do ambiente, incluindo a utilização de resíduos industriais para estabilização do solo;
- Minimização dos impactes ambientais das atividades de construção, promovendo a sustentabilidade do projeto geotécnico (menor consumo energético e de recursos);
- Desenvolvimento de equipamentos e tecnologias inovadores que permitam uma melhor caracterização do terreno (notar que as condições imprevistas do terreno são uma das causas mais comuns dos problemas que ocorrem quer durante a construção quer ao longo da exploração);
- Utilização da energia geotérmica recorrendo a geo-estruturas termoativas (fundações, túneis, estruturas de contenção), permitindo a redução da dependência dos combustíveis fósseis e das emissões de gases com efeito de estufa;
- Recuperação de terrenos contaminados, privilegiando a remediação in-situ ambientalmente mais eficiente;
- Desenvolvimento de técnicas de construção subterrânea mais eficientes e económicas, que permitam a utilização sustentável do espaço subterrâneo (infraestruturas de transportes, armazenamento subterrâneo de energia, resíduos perigosos e CO₂);
- Recurso a soluções sustentáveis utilizando geossintéticos, nomeadamente a utilização dos geossintéticos na prevenção e remediação da erosão e na construção e reabilitação de infraestruturas de transportes, barragens e canais;
- Reabilitação e reutilização de fundações (sempre que estruturalmente viável);
- Mitigação dos efeitos das alterações climáticas (erosão dos solos, inundações, chuvas torrenciais, sismos) particularmente na estabilização de aterros e taludes e no dimensionamento de estruturas geotécnicas (fundações, estruturas de contenção, ...) para condições mais adversas;
- Mineração de aterros e utilização sustentável dos resíduos.

Em Portugal têm vindo a desenvolver-se algumas iniciativas particularmente com o intuito de potenciar a transformação de resíduos em recursos em obras geotécnicas (aterros estruturais, camadas de drenagem, muros de gabiões, camadas não ligadas de pavimentos rodoviários, coberturas de aterros de resíduos, ...). Não sendo possível, por limitação de espaço, fazer uma descrição exaustiva desses trabalhos, destaca-se a utilização de escórias de aciaria de Forno de Arco Elétrico em camadas não ligadas de pavimentos rodoviários e em aterros estruturais (Gomes Correia et al., 2010), a utilização de agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) em camadas granulares não ligadas de pavimentos rodoviários (Freire et al., 2013; Pereira et al., 2020) e em particular, em caminhos rurais e florestais (Pereira et al. 2020), a utilização de agregado siderúrgico para a construção (ASIC) em infraestruturas rodoviárias (Fortunato et al., 2018), a utilização dos finos da

produção de agregados em de pedreiras de granito em aterros de vias rodoviárias (Frias et al., 2010), a utilização de lamas de corte e polimento de rochas ornamentais em barreiras de confinamento de aterros de resíduos (Roque et al., 2002), a utilização de materiais reciclados provenientes de RCD em aterros estruturais (Vieira et al., 2014) e o recurso à ativação alcalina de cinzas volantes (provenientes de central termoelétrica) em colunas de *jet mixing* (Cristelo et al. 2015).

Aplicações práticas do recurso à geotermia como solução de climatização de edifícios têm vindo também a ser implementadas em Portugal, nomeadamente através da construção de furos geotérmicos e estacas termoativas (Lapa et al., 2017; Vieira et al., 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo apresentou-se, de forma sintética, a perspetiva da autora sobre a economia circular, em particular no setor da construção, e alguns contributos da Geotecnia para a implementação dos princípios a ela implícitos, que levantam grandes desafios técnico-científicos. É, evidentemente, uma perspetiva pessoal condicionada pela experiência, conhecimento e capacidade de análise de um tema muito vasto e multidisciplinar.

A implementação da circularidade no setor da construção potenciará novos mercados e modelos de negócio, mas a transição efetiva para uma economia mais circular implica mudanças significativas a vários níveis e envolvendo os diversos *stakeholders*. Requer uma mudança de mentalidade, porque os princípios da economia circular vão muito além da valorização de resíduos e da utilização de materiais de construção ecológicos. Em resultado da abrangência de áreas distintas, a circularidade na construção exige, mais do que a generalidade dos setores, colaborações inter e multidisciplinares.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por: Projeto PTDC/ECI-EGC/30452/2017 - POCI-01-0145-FEDER-030452 - financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e com o apoio financeiro da FCT/MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC); Financiamento Base - UIDB/04708/2020 da Unidade de Investigação CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções - financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

REFERÊNCIAS

- Cardoso, A.S. (2016). Desenvolvimento da Geotecnia. Necessidades infraestruturais e perspetivas genéricas. *Geotecnia*, No. 136: pp. 2-26.
- CE (2020). *Um novo Plano de Ação para a Economia Circular - Para uma Europa mais limpa e competitiva*, Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu COM(2020) 98 final, Bruxelas (<https://eur-lex.europa.eu/> - acedido em maio 2020).
- Cristelo, N., Miranda, T., Oliveira, D.V., Rosa, I., Soares, E., Coelho, P. and Fernandes, L. (2015). Assessing the production of jet mix columns using alkali

- activated waste based on mechanical and financial performance and CO₂ emissions. *Journal of Cleaner Production*, No. 102: pp. 447-460.
- Ellen MacArthur Foundation (2015a). *Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição*. (https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf - acedido em maio 2020).
- Ellen MacArthur Foundation (2015b). *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe*. SUN and McKinsey Center for Business and Environment (<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe> - acedido em maio 2020).
- FCT (2019). *Agendas Temáticas de Investigação e Inovação-Economia Circular*, Plano Nacional de Ciência e Tecnologia (PNCT), Fundação para a Ciência e a Tecnologia (<https://www.fct.pt/agendastematicas/ecocirc.phtml>.pt - acedido em maio 2020).
- Fortunato, E., Roque, A.J., and Gomes Correia, A. (2018). Comportamento estrutural de um trecho rodoviário construído com agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), *16º Congresso Nacional de Geotecnia*, 10p.
- Freire, A.C., Neves, J.M., Roque, A.J., Martins, I.M., Antunes, M.L., and Faria, G. (2013). Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em camadas granulares de pavimentos rodoviários validada em trecho piloto, *VII Congresso Rodoviário Português*, 10p.
- Frias, A., Roque, A.J., Caldeira, L., Almeida, I.M., Januário, P., and Coelho, M. (2010). Optimização de procedimentos construtivos para a construção de um trecho em aterro com finos de pedreiras de granito, *12º Congresso Nacional de Geotecnia*, pp. 1961-1971.
- Gomes Correia, A., Roque, A.J., Fortunato, E., Ferreira, S., and Cavalheiro, A. (2010). I&D para a valorização das escórias de aciaria de forno de arco elétrico em obras geotécnicas, *12º Congresso Nacional de Geotecnia*, pp. 1973-1982.
- Lacy, P. e Rutqvist, J. (2015). *Waste to Wealth – The Circular Economy Advantage*, Palgrave Macmillan UK, ISBN: 9781137530684., 264p.
- Lapa, J., Cardoso, C., and Figueiredo, A. (2017). Sistemas Geotérmicos no Campus da Universidade de Aveiro, *Sistemas Geotérmicos Superficiais –Aplicações em Edifícios e Infraestruturas, Ordem dos Engenheiros - Ação de Divulgação*.
- NU (2015). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*, Nações Unidas, Nova Iorque (<https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/> - acedido em maio 2020).
- Parlamento Europeu (2018). *Economia circular: definição, importância e benefícios*. (<https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e-beneficios> - acedido em maio 2020).
- Pereira, P.M., Ferreira, F.B., Vieira, C.S., and Lopes, M.L. (2020). Use of recycled C&D wastes in unpaved rural and forest roads – feasibility analysis. *Proc. 5th Int. Conference Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities*, pp. 161-167
- Roque, A.J., Franco, R., and Matos, R.A. (2002). Estudo da “nata” de mármore como material de construção de barreiras de confinamento aplicadas em estruturas de depósito de resíduos, *8º Congresso Nacional de Geotecnia*, pp. 2717-2734.
- Vieira, A., Sequeira, J., and Cardoso, R., Avaliação da eficiência energética de uma estaca termoativa integrada num sistema geotérmico superficial, *16º Congresso Nacional de Geotecnia*, 10p.
- Vieira, C.S. (2021). Contributos da Geotecnia para a Economia Circular na construção. Uma perspetiva, *Construção Magazine* N.º. 103 p. 32-37.
- Vieira, C.S., Pereira, P.M., and Lopes, M.L. (2014). Estudo sobre a aplicação de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em estruturas reforçadas com geossintéticos, *14º Congresso Nacional de Geotecnia*, 14p.