



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO
ECONOMIA E GESTÃO DE CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

CIRCULARIDADE E INOVAÇÃO NOS PROJETOS DE ARQUITETURA DO
SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

MARTA SUSANA INGLÊS CAMPINO

OUTUBRO-2022



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO
ECONOMIA E GESTÃO DE CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

CIRCULARIDADE E INOVAÇÃO NOS PROJETOS DE ARQUITETURA DO
SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

MARTA SUSANA INGLÊS CAMPINO

ORIENTAÇÃO:

PROFESSORA DOUTORA IDALINA MARIA DIAS SARDINHA

OUTUBRO-2022



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

À resiliência de todos os trabalhadores-estudantes que após anos longe da vida estudantil conseguiram chegar a esta fase de forma vitoriosa e aos que não tendo conseguido, se permitiram tentar.

LISTA DE SIGLAS, ACRÓNIMOS E SÍMBOLOS

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

BAMB - *Buildings As Material Banks*

BIM - *Building Information Modelling*

CO₂ – Dióxido de Carbono

EC – Economia Circular

EcoM2 - *Ecodesign Maturity Model*

GEE - Gases com Efeito de Estufa

LCA – *Life Cycle Assessment*

Level(s) – *European Union Sustainable Buildings Framework*

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

UE – União Europeia

RESUMO

O setor da construção integra o grupo de setores com efeitos mais adversos para o ambiente, com uma utilização intensiva dos recursos naturais do planeta. A economia circular é vista como uma das abordagens mais viáveis de redução desses efeitos. Neste contexto, urge a necessidade de ação com vista a uma aplicação plena da economia circular no setor.

A pressão internacional e europeia torna inevitável o rumo a seguir. A nível nacional, constituindo uma área ainda pouco explorada, há que avaliar qual o patamar de conhecimento e implementação dos princípios e práticas da economia circular no setor.

Assumindo a relevância e potencial de influência da fase de *design* nas restantes fases do processo de construção, o presente estudo foca-se na análise das competências e práticas dos arquitetos, sobre a circularidade e a inovação no setor da construção, nos projetos que desenvolvem em Portugal.

Os resultados obtidos revelam um limiar de conhecimento e implementação relativamente baixo em matéria de economia circular por parte dos arquitetos que desenvolvem projetos de arquitetura a nível nacional. Revelam ainda que, apesar de a inovação ser reconhecida como central para alcançar esses objetivos, a sua implementação prática apresenta fragilidades, nomeadamente a baixa familiaridade com conceitos e ferramentas eco-inovadoras consideradas facilitadoras da implementação da circularidade em projetos de arquitetura e o fraco nível de colaboração com Universidades e Centros de Investigação, que condicionam uma mais rápida evolução da integração dos princípios e práticas da economia circular no setor.

Palavras-Chave:

Economia Circular; Arquitetos; Eco-inovação; Envolvimento das partes interessadas.

ABSTRACT

The construction sector is one of the sectors with the most adverse effects on the environment, with an intensive use of the planet's natural resources. The circular economy is seen as one of the most viable approaches to reducing these effects. In this context, there is an urgent need for action to fully implement the circular economy in the sector.

International and European pressure makes the way forward inevitable. At national level, as this is still an under-explored area, the level of knowledge and implementation of circular economy principles and practices in the sector must be assessed.

Assuming the relevance and potential influence of the design phase on the other phases of the construction process, this study focuses on the analysis of architects' skills and practices regarding circularity and innovation in the construction sector in the projects they develop in Portugal.

The results show a relatively low threshold of knowledge and implementation of circular economy by architects developing architectural projects at national level. They also reveal that, despite innovation being recognized as central to achieving these goals, its practical implementation has weaknesses namely the low familiarity with eco-innovative concepts and tools that are considered to facilitate the implementation of circularity in architectural projects and the weak level of collaboration with Universities and Research Centres, which condition a faster evolution of the integration of circular economy principles and practices in the sector.

Keywords:

Circular Economy; Architects; Eco-innovation; Stakeholders engagement.

ÍNDICE

Lista de Siglas, Acrónimos e Símbolos.....	iv
Resumo	v
Índice	vii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas	x
Agradecimentos	xi
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura.....	2
2.1. Visão Circular.....	2
2.2. Economia Circular no Setor da Construção	3
2.3. Pressões para a Mudança	3
2.4. O Papel da Inovação	4
2.5. A Fase de Design.....	6
2.5.1. Conceitos de design relevantes numa ótica de Economia Circular	6
2.5.2. Inovações essenciais na fase de design numa ótica de Economia Circular	7
2.6. A Relevância dos Arquitetos no Processo de Economia Circular.....	8
2.7. Competências e Interdisciplinaridade/Multidisciplinaridade.....	10
2.8. Outras condicionantes à evolução da EC nos projetos de arquitetura.....	11
3. Metodologia	12
3.1. Desenvolvimento do questionário	13



3.2. Disseminação do questionário.....	15
4. Apresentação, Análise e Discussão dos Resultados.....	16
4.1. Caracterização Sociodemográfica.....	16
4.2. Frequência de aplicação de práticas de EC.....	18
4.3. Familiaridade com conceitos.....	19
4.4. Participação em projetos de EC.....	22
4.5. Não participação em projetos de EC.....	27
4.6. Condicionantes à aplicação da EC no setor.....	28
5. Conclusões, Contributos, Limitações e Investigação Futura.....	32
Referências Bibliográficas.....	36
Anexos.....	41
Anexo 1: Questionário.....	41
Anexo 2: Texto e-mail inicial e follow-ups.....	41
Anexo 3: Tabelas Estatísticas.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo concetual da economia circular integrada de Hysa et al. (2020, p. 3).	5
Figura 2. Representação gráfica do modelo teórico de Kanters (2020, p. 4).	9
Figura 3. Regularidade de aplicação de práticas de EC no setor (%).	18
Figura 4. Familiaridade com conceitos e ferramentas de EC (%).	21
Figura 5. Nível de aplicação dos princípios de EC em projetos anteriores (%).	24
Figura 6. Frequência de aplicação de estratégias da EC resultantes de recomendações de estudos de impactes ambientais do projeto (%).	26
Figura 7. Frequência de uso de princípios de EC em resultado da colaboração com <i>stakeholders</i> (%).	27
Figura 8. Perceção do impacto de barreiras na aplicação dos princípios da EC (%).	29
Figura 9. Nível de concordância sobre a importância dos principais influenciadores numa transição para uma abordagem sistémica da EC, por perfil de influenciador (%).	31



LISTA DE TABELAS

Tabela I - Estudos de associação entre a regularidade de aplicação de práticas de EC e a participação em projetos com uso de princípios de EC (Testes Qui-Quadrado)	19
Tabela II - Preferências na definição da EC no setor da construção.....	20
Tabela III - Estudos de associação entre a familiaridade com conceitos e a participação em projetos com uso de princípios de EC	22
Tabela IV - Princípios de EC aplicados	23
Tabela V - Motivos de não participação em projetos com princípios de EC.	28
Tabela VI - Estudos de associação entre perceção de barreiras na aplicação de princípios de EC e a participação em projetos de arquitetura com uso de princípios de EC (Testes Qui-quadrado).....	30
Tabela VII - Estudos de associação entre nível e concordância sobre a importância dos principais influenciadores numa transição para uma abordagem sistémica da EC e a participação em projetos (Testes Qui-Quadrado)	32

AGRADECIMENTOS

As minhas primeiras palavras de gratidão dirigem-se, abertamente, à Professora Idalina Dias Sardinha. Precisaria de pelo menos cinco páginas para expressar tudo o que significou para mim, na qualidade de minha orientadora, ao longo deste extenso percurso. Obrigada pela empatia e amabilidade. Obrigada pela riqueza do conhecimento partilhado. Obrigada pela extraordinária capacidade de compreensão do lado humano e dos desafios que enfrentei, sem qualquer tipo de julgamento.

Expresso ainda a minha gratidão ao Dr. Jorge Rodrigues da Silva, pelas elucidativas explicações sobre estatística e tratamento de dados.

E porque a gratidão amplia a nossa luz interior, e estamos cá para vivenciar o nosso caminho individual, mas também uns para os outros, estendo este sentimento a todos aqueles que, por motivos distintos, foram importantes ao longo deste percurso:

Aos que são parte de mim: mãe, pai, mana Daniela e sobrinha Laura, sem a vossa força tudo seria mais difícil; ao Professor Vítor Corado Simões, que terminou a sua carreira docente no ISEG a fazer toda a diferença na vida de uma aluna; ao Professor António Tadeu do IteCons, ao Engenheiro Rui Marcelino da Almadesign, ao Arquiteto Henrique Narciso, pelos comentários construtivos; à Agência Nacional de Inovação, em especial à minha diretora e amiga Dr.^a Rosalina Soares, que dia após dia confia em mim e no meu trabalho; aos colegas da ANI; ao Dr. Lino Fernandes, à Dr.^a Isabel Caetano, ao Dr. Nuno Lúcio, e à memória do Engenheiro Paulo Cunha, pelas marcas que imprimiram na minha vida na passagem pela ANI – obrigada pela empatia, pela amizade e por terem confiado sempre em mim e no meu trabalho de forma genuína. Levaram convosco o meu respeito; a todos/as os que de forma generosa partilharam e responderam ao meu questionário; aos/às colegas de mestrado, pela empatia e generosidade; às amigas das caminhadas dos domingos de manhã e aos meus queridos amigos Tânia Martins e Fernando Calisto, pela força e alegria que trazem sempre ao meu percurso de vida; a mim própria por me ter permitido continuar sempre que desistir pareceu ser o caminho mais fácil, quando o cansaço quase venceu. Não foi fácil! Mas consegui!

1. INTRODUÇÃO

O conceito de Economia Circular (EC) tem vindo a ser aprimorado ao longo dos últimos anos por vários autores, estreitamente interligado com a necessidade urgente de sustentabilidade do planeta. A título de exemplo, a Fundação Ellen MacArthur assumiu um papel essencial na aceleração do processo de divulgação para a transição de uma economia linear, de uso intensivo e desperdício de recursos naturais, para uma EC, numa ótica sistémica de otimização de recursos (Ellen MacArthur Foundation, 2022).

O setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), quase sempre permutado neste trabalho pelo setor da construção, é caracterizado por um modelo predominantemente linear de “extração, produção e eliminação” (Akhimien et al., 2021; Benachio et al., 2020). Trata-se de um setor que utiliza intensivamente recursos naturais (matérias-primas, energia e água) e que integra o grupo de setores com efeitos mais adversos a nível ambiental (Giorgi et al., 2022; United Nations Environment Programme, 2021).

No que se refere a matérias-primas, o mesmo é responsável pelo consumo intensivo de matérias-primas em cerca de 40% (United Nations Environment Programme, 2019). É ainda responsável por 36% do consumo final global de energia e por 37% das emissões de CO₂ associadas à produção dessa energia (ano de 2020). Importa referir que esta percentagem de emissões de CO₂, mostra uma melhoria face a anos anteriores (39% em 2018 e 38% em 2019), refletindo sobretudo o efeito da pandemia COVID-19, que abrandou de forma generalizada a economia mundial (United Nations Environment Programme, 2021).

Tendo presente este cenário adverso à sustentabilidade ambiental, os desafios e o potencial do setor são paralelamente significativos (Joensuu et al., 2020). Assim, se devidamente explorado, o potencial de aplicação da EC no setor poderá assumir uma relevância significativa. A abertura à inovação, e em especial à eco-inovação, poderá funcionar como o principal aliado na exploração desse potencial (de Jesus et al., 2016, 2019; de Jesus & Mendonça, 2018; Gorecki, 2019).

Face ao exposto, para compreender esse potencial de melhoria em Portugal, assumiu-se neste trabalho ser necessário um entendimento sobre o estado de conhecimento e práticas de circularidade atual no setor. Porém, sendo um setor constituído por um conjunto amplo de atividades, e considerando a relevância e influência da fase de *design* em todo o ciclo

do setor (Benachio et al., 2020; Bonoli et al., 2021; Dokter et al., 2021; Leising et al., 2018), o estudo foca-se no trabalho dos arquitetos: o grupo de intervenientes iniciais do processo, detentores de competências, conhecimentos técnicos e ferramentas chave, que poderão marcar a diferença na transição para uma EC no setor. Neste contexto, foi formulada a seguinte questão de investigação:

Qual o patamar de conhecimento e implementação da EC e da inovação associada, pelos arquitetos que desenvolvem projetos para o setor da construção em Portugal?

O estudo está estruturado em 5 capítulos: o presente capítulo 1 apresenta o enquadramento do tema em estudo, os objetivos e questão de investigação; o capítulo 2 corresponde à uma revisão da literatura organizada; o capítulo 3 reporta a metodologia utilizada; o capítulo 4 apresenta os resultados e faz a sua discussão; e o capítulo 5 identifica as conclusões, as contribuições, as limitações do estudo e algumas sugestões para investigações futuras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Visão Circular

Contrariar o princípio ainda imperativo na ordem mundial de “extrair, transformar, descartar” subjacente ao modelo de economia linear, mantendo os recursos o máximo de tempo possível em utilização é o princípio base da EC presente nas diversas definições analisadas, que se complementam, e onde a importância do *design* e do pensamento sistémico é destacada (por exemplo Dokter et al., 2021; Kirchherr et al., 2017; Mestre & Cooper, 2017; Sumter et al., 2020, 2021).

Contudo, se por um lado é mencionada a necessidade de uma mudança sistémica, por outro, é salientado o fraco destaque desta lógica (Kirchherr et al., 2017; Sumter et al., 2020).

De acordo com a Fundação Ellen MacArthur (2022), a EC assenta em três princípios essenciais, impulsionados pelo *design*: eliminar resíduos e poluição; manter os materiais em utilização o máximo tempo possível, como produto ou como componente, ou matéria-prima, quando a sua utilização perder a viabilidade; e regenerar a natureza.

A combinação dos 3R - Reduzir, Reutilizar, Reciclar - é a mais comum nos estudos associados à EC (Kirchherr et al., 2017). Releva-se a importância de combinações mais

completas, como a dos 9R – Recusar, Repensar, Reduzir, Reutilizar, Reparar, Renovar, Refabricar, Reaproveitar, Reciclar e Recuperar, referenciada também no trabalho destes autores, adaptado do trabalho de Potting et al. (2017).

2.2. Economia Circular no Setor da Construção

A definição de EC no setor da construção é um campo nublado, na medida em que não há um significado consolidado sobre a aplicação da abordagem da EC ao setor. Nesta matéria, são aceites as definições mais gerais, que, de forma mais ou menos ampla, convergem na ideia da necessidade de otimizar recursos, onde a dimensão ambiental assume uma relevância não levada em consideração num passado não muito distante (Benachio et al., 2020; Eberhardt et al., 2019; Kanters, 2020).

Poucos autores avançam com algumas definições. Pomponi e Moncaster (2017, p. 711) definiram um edifício circular como *“a building that is designed, planned, built, operated, maintained, and deconstructed in a manner consistent with CE principles”*. Com base nesta definição Leising et al. (2018, p. 977), apresentaram uma definição que consideram ser mais ampla e que descreve um edifício circular como *“A lifecycle approach that optimizes the buildings’ useful lifetime, integrating the end-of-life phase in the design and uses new ownership models where materials are only temporarily stored in the building that acts as a material bank”*.

As poucas definições de EC neste setor vão ao encontro de uma visão de que a aplicação atual funciona em partes isoladas e que incide sobretudo na gestão de resíduos e reciclagem (Joensuu et al., 2020; Leising et al., 2018).

2.3. Pressões para a Mudança

Para além dos impactes ambientais negativos do setor, o Acordo de Paris e a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (com os ODS), constituem marcos históricos que assumem um papel crucial na visão de uma mudança necessária no setor da construção.

O Acordo de Paris resultou da necessidade de vencer os desafios associados às alterações climáticas, tendo como objetivo principal alcançar a descarbonização das economias mundiais (United Nations, 2015a). Por associação, os ODS potenciaram a aplicação/integração da EC e o surgimento de várias políticas e programas da UE nesta matéria, e,

consequentemente, a nível nacional (United Nations, 2015b). O Pacto Ecológico Europeu conserva os objetivos estratégicos sempre presentes nas políticas da UE, de crescimento e competitividade da economia europeia, acrescentando objetivos igualmente ambiciosos de eficiência de recursos, com uma diminuição drástica das emissões de GEE e neutra em carbono, em poucas décadas (European Commission, 2019). Esta ambição deu origem a um novo Plano de Ação para a Economia Circular, em 2020 (European Commission, 2020), com vista a acelerar o processo de transição iniciado com o anterior Plano de 2015. Pretendendo assumir um caráter disruptivo, entre muitas outras áreas de intervenção, o novo Plano de Ação 2020 aponta o lançamento de uma Estratégia para a Sustentabilidade do Ambiente Construído, com medidas práticas a implementar pelos Estados-Membros, que seguem no sentido de pressionar o setor a evoluir de um modelo linear, a circular.

Todos estes eventos e políticas encadeados, exercem um efeito de pressão para a mudança no setor.

2.4. O Papel da Inovação

A ideia subjacente ao conceito de Destruição Criativa de Schumpeter (1942), de que a inovação destrói postos de trabalho e setores produtivos, mas que em simultâneo cria, configurando um paradoxo, mantém-se atual. Este conceito enquadra-se no processo de EC no setor da construção, na medida em que a inovação necessária à circularidade carece da “destruição” do atual modelo linear, para que a lógica de sistema fechado, onde os recursos se mantêm na economia o máximo de tempo possível, se possa alicerçar. O trabalho deste economista foca o papel do empresário. Porém, outros atores e fatores relevantes foram sendo agregados a esta equação.

Assim, a inovação é, inequivocamente, um dos elementos centrais da EC, funcionando como um catalisador para que os diferentes intervenientes no processo possam alcançar objetivos de circularidade (de Jesus et al., 2019; Hysa et al., 2020).

Newman AO (2020) apresenta, no seu estudo, as ondas de inovação, sendo possível constatar que a EC está associada à sexta onda “*2020s Covid Collapse then Green Economy*”. O autor indica existir uma probabilidade de a economia dos próximos 30 anos ser impulsionada pelos ODS, concluindo que a EC corresponde a uma inovação com um maior nível de profundidade cultural, e, como tal, com um nível de desenvolvimento que se espera mais lento, comparativamente a outras tecnologias.

Do modelo conceitual da EC integrada de Hysa et al. (2020), retém-se que a inovação como elemento central, se articula com as dimensões da sustentabilidade, para chegar à EC (Figura 1).

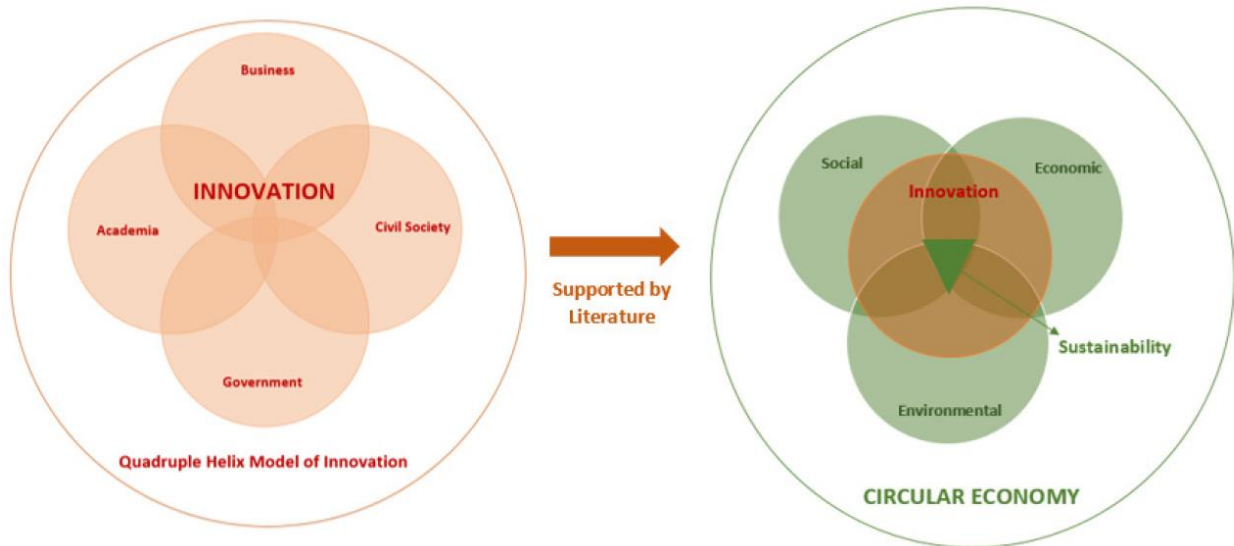


Figura 1. Modelo conceitual da economia circular integrada de Hysa et al. (2020, p. 3).

O enquadramento político-legal nesta área gerou exigências do mercado em matéria de EC que influenciam os processos de inovação por parte das empresas do setor. Aquelas que atendem a estas exigências são impulsionadoras de processos e produtos inovadores, com destaque para as inovações tecnológicas, apesar de potenciais gastos e riscos mais elevados que enfrentam (Gorecki, 2019).

Por outro lado, a investigação de Pomponi e Moncaster (2017) conclui que os maiores desafios deste setor estão relacionados com o papel das pessoas, tanto no seu comportamento individual, como da atitude em sociedade, e não tanto na inovação de cariz tecnológico. Num estudo convergente, de Jesus et al. (2016) assumem a eco-inovação, associada à vertente económica conciliada com desenvolvimento sustentável, como um caminho para alcançar a EC. Sempre numa lógica sistémica, também de Jesus & Mendonça (2018) defenderam que uma transição para uma EC implica inovação tecnológica aliada a uma significativa mudança institucional nos mercados, políticas públicas e práticas sociais.

Cruzando estas duas visões, é clara a necessidade de conjugação de fatores inovadores de cariz tecnológico e comportamental, como determinantes do nível de (in)sucesso da abordagem de EC no setor, em particular as eco-inovações, orientadas para a minimização

dos impactes ambientais negativos que assumem um papel essencial, com vista a alcançar a circularidade no setor.

2.5. A Fase de Design

A fase de *design*, na aplicação da EC ao setor da construção, constitui uma etapa fundamental, facilitadora da reutilização de materiais e importante na gestão dos recursos que serão utilizados ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício ou de outra infraestrutura (Benachio et al., 2020; Bonoli et al., 2021). Trata-se de uma atividade específica, na medida em que o trabalho realizado nesta fase tem ligação a todas as restantes etapas do ciclo de vida de um produto (Mestre & Cooper, 2017). As decisões tomadas nesta fase, aliadas a uma aplicação das práticas certas, terão influência, por exemplo, a nível económico e ambiental, através da implementação de um “nível superior de projetos” para a desmontagem e reutilização (Eberhardt et al., 2019) e na carga de resíduos produzidos (de Magalhães et al., 2017), sendo o processo de reciclagem, a última das opções no *loop* da EC.

2.5.1. Conceitos de design relevantes numa ótica de Economia Circular

O *design* para a reciclagem no setor da construção constitui tanto a temática mais explorada, como a prática mais implementada, numa ótica de reciclagem/reutilização de materiais (Dokter et al., 2021; Kanters, 2020). Contudo, é reconhecida a centralidade do *design* para a desmontagem, reutilização e adaptabilidade, como princípios fundamentais a seguir num projeto de arquitetura circular, no intuito de diferir o máximo no tempo o processo de reciclagem (Dams et al., 2021). Os conceitos de *design* para a desmontagem e reutilização interligam-se, uma vez que a desmontagem permite a reutilização de materiais e componentes, em novos projetos de construção, prolongando a vida útil dos recursos (Eberhardt et al., 2019). A adaptabilidade no *design* está associada, comumente, à possibilidade de reutilização de um edifício, para uma finalidade distinta da inicial, de forma a facilitar usos múltiplos, no futuro (Hamida et al., 2022).

Em paralelo, assumem especial relevância os conceitos de *ecodesign* e de *design* para a EC, através da integração de questões ambientais na fase de *design*, permitindo, por exemplo, ganhos de eficiência (Mestre & Cooper, 2017). A principal diferença nas duas abordagens reside no facto de o *design* para a EC contemplar mais os ciclos de uso múltiplo do que o *ecodesign* (den Hollander, 2018).

Dokter et al. (2021) reforçam a ideia da necessidade de uma metodologia holística, para o *design* na EC, para que os objetivos de EC contribuam, numa ótica de sistema, para o desenvolvimento sustentável.

2.5.2. Inovações essenciais na fase de design numa ótica de Economia Circular

A visão circular está estreitamente interligada com inovação que concilia desempenhos económico e sustentável, ou seja, inovação sempre acoplada à lógica sistémica (de Jesus et al., 2016, 2019; de Jesus & Mendonça, 2018). Acresce que a EC fomenta a inovação do *design* (Mestre & Cooper, 2017), ou seja, é necessário a todo o instante inovar nos materiais a utilizar. Os materiais circulares correspondem a materiais recuperados da utilização anterior, cuja essência está associada à minimização dos impactes ambientais, na saúde e sociais (Sumter et al., 2021).

Benachio et al. (2020) concluíram que há uma necessidade acentuada de estudos, entre outras áreas, sobre o passaporte de materiais de construção. Esta é também uma tecnologia relevante, na medida em que, sendo um conjunto digital de dados que irão auxiliar no processo de reutilização de produtos em fase de fim de vida, fornece informação relevante sobre os impactes ambientais do produto (Smart Waste Portugal, 2020). Esta informação corresponde a um apoio na tomada de decisão sobre a recuperação, reutilização ou reciclagem de um produto. O projeto BAMB correspondeu a um piloto europeu nesta matéria (European Union Horizon Project, 2020), que teve como resultado o desenvolvimento de uma plataforma pública, com cerca de 300 materiais, mas que já não se encontra disponível para o público.

Adicionalmente, a estrutura de indicadores Level(s), comum a todos os países da União Europeia, com vista a contribuir para melhorar a sustentabilidade dos edifícios ao longo de todo o seu ciclo de vida (European Commission, 2021), corresponde a outra inovação relevante. Através de um estudo realizado em Espanha, especialistas atribuíram uma avaliação positiva a esta ferramenta, tendo presente, entre outras vantagens, que a mesma permite responder à necessidade de adaptar os edifícios às alterações climáticas (Díaz-López et al., 2021).

Releva-se também a ferramenta *LCA – Life Cycle Assessment*, com associação à quantificação e avaliação dos impactes ambientais, e que permite mostrar os impactes positivos e/ou negativos ao longo do ciclo de vida dos materiais, produtos e serviços do

setor, permitindo atuar na fase do ciclo e na escolha dos referidos em análise. Tal permite, entre outros, quantificar benefícios da reutilização de materiais e da redução da quantidade de recursos naturais. Benachio et al. (2020) concluíram que há uma necessidade acentuada de estudos sobre a análise *LCA* no setor.

Adicionalmente, o *software* de modelagem *BIM - Building Information Modelling*, que permite que os utilizadores acessem e acrescentem informações relevantes sobre o processo de construção, ao longo do ciclo de vida de uma edificação, corresponde a uma tecnologia que permite apoiar a gestão de dados e fazer a medição do desempenho sustentando a EC (Charef et al., 2021; Lamé et al., 2017).

Em matéria de apoio ao *ecodesign* e ao desenvolvimento de produtos e serviços mais ecológicos e dos seus benefícios, Gorecki (2019) apontou que diversas investigações conduziram ainda à formulação do *EcoM2 - Ecodesign Maturity Model*.

Note-se que a necessidade de contribuir para a sustentabilidade do setor constitui o fator comum a todas as inovações acima referenciadas, que, mais do que inovações, são eco-inovações, salientando-se a relevância dos impactos ambientais negativos deste setor.

Todas as inovações referenciadas são relevantes para a circularidade do setor da construção. Contudo, inovação sem impacto difusor, é limitativa. Na sua investigação sobre fatores que limitam a aceitação de ferramentas de *ecodesign* neste setor, Lamé et al. (2017) fazem referência ao modelo de difusão de inovações de Rogers (2003), e ao facto de os adotantes iniciais necessitarem de encontrar uma vantagem num novo produto para começar a utilizá-lo e, desta forma, lançar uma tendência. Nesta ótica, concluíram que faltam ferramentas de *ecodesign* na fase inicial de projeto, o que prejudica a adoção, e, conseqüentemente, a difusão do *ecodesign*. Paralelamente, conforme já referenciado, são as empresas que estão predispostas a enfrentar maiores riscos, no intuito de valorizar processos circulares, as principais influenciadoras da difusão da inovação no setor (Gorecki, 2019).

2.6. A Relevância dos Arquitetos no Processo de Economia Circular

Há uma ideia presente em vários estudos, associada à centralidade do papel dos arquitetos no processo de EC. Esta classe profissional é considerada como uma das principais classes influenciadores de uma plena implementação da EC no setor, o que amplia a sua responsabilidade (Kanters, 2020; Leising et al., 2018; Superti et al., 2021).

Da análise de literatura, e considerando a importância de uma visão prática sobre o papel dos arquitetos, enfatiza-se o trabalho de Kanters (2020) e de Dokter et al. (2021), baseados em entrevistas a arquitetos e consultores especializados na reutilização de materiais e em gestão de edifícios circulares, no primeiro caso, e a arquitetos e *designers*, no segundo, que conhecem e utilizam princípios circulares.

A representação gráfica do modelo teórico de Kanters (2020) permite extrair as ligações entre três atores centrais do sistema: o arquiteto, o construtor e o cliente, com variáveis dependentes associadas a cada um dos atores (Figura 2).

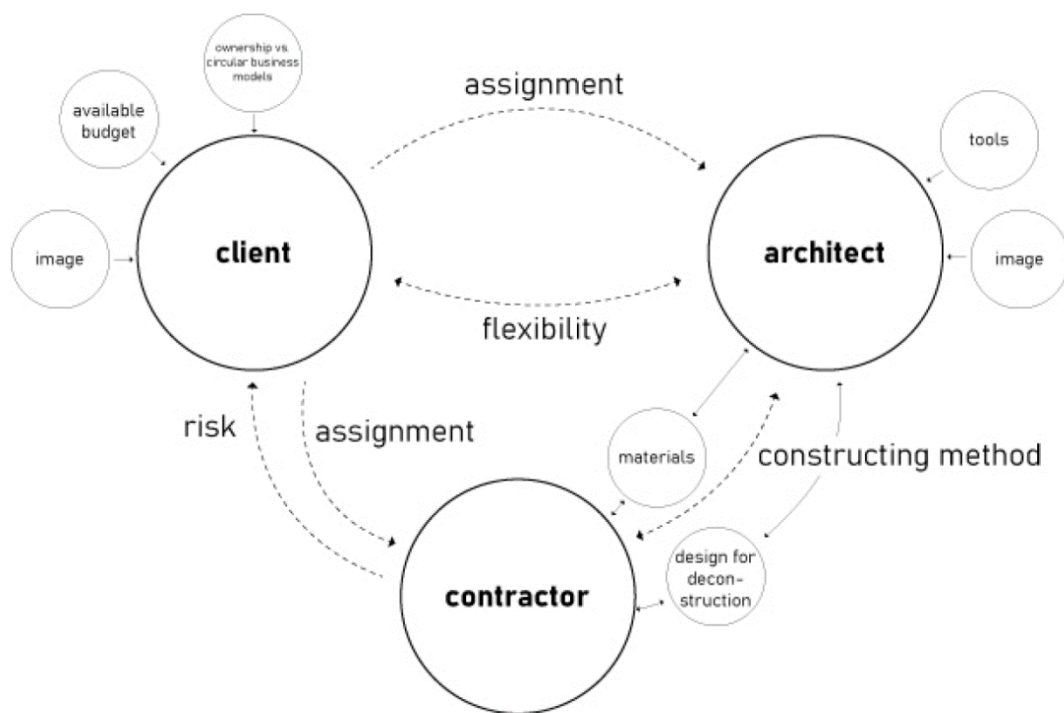


Figura 2. Representação gráfica do modelo teórico de Kanters (2020, p. 4).

Os entrevistados do estudo de Kanters (2020) salientaram a predominância do padrão linear nos atuais modelos de negócio das empresas de *design* e arquitetura.

De acordo com a visão dos entrevistados do mesmo estudo, maioritariamente arquitetos, apontam-se como principais fatores que influenciam o (in)sucesso da implementação dos princípios da circularidade no setor: a indefinição de projeto de construção circular, sendo utilizadas definições generalistas sobre EC; a importância da escolha dos materiais mais adequados com vista à circularidade (dificultada pela ausência de métodos e ferramentas padrão de apoio à decisão, por parte dos arquitetos); o reconhecimento da importância do

papel do arquiteto como implementador de projetos de edifícios circulares e como influenciador dos restantes atores; a ausência de uma visão do edifício como “banco de materiais”, ou seja, armazenamento temporário de materiais (dificultado pelo custo adicional comparativamente aos edifícios tradicionais). As conclusões deste trabalho são também realçadas pelo estudo de Dokter et al. (2021), demonstrando uma convergência de visões entre arquitetos, sobre o seu papel no processo.

2.7. Competências e Interdisciplinaridade/Multidisciplinaridade

Com vista a contribuir para o processo de EC no setor, os arquitetos devem reunir um conjunto alargado de competências, incluindo novas competências anteriormente não contempladas na sua formação (Dokter et al., 2021).

De acordo com a investigação de Sumter et al. (2020) o papel dos *designers* (no campo de ação da EC de forma geral, e não apenas no setor da construção) passa pela detenção de um conjunto de competências que vão desde o *design* para a recuperação e para ciclos múltiplos, a competências mais associadas à avaliação de impactes ambientais bem como competências relacionadas com a capacidade de envolvimento dos diferentes *stakeholders* no processo de EC. Os mesmos autores, numa nova investigação, alargaram o âmbito deste estudo a um grupo mais amplo de *designers*, reforçando as anteriores competências com duas novas competências: 1) *Circular Systems Thinking* / pensamento circular sistémico, descrita como a capacidade de “*adopt an approach to design that regards the circular economy as a complex system, taking into account that circular design interventions will have systemic effects*”; e 2) *Circular Materials and Manufacturing* / materiais circulares e fabricação, descrita como “*the ability to select and use materials and manufacturing methods for a product to minimize the impact (environment, health, social), while taking the full lifecycle of the product and its recovery into account*” (Sumter et al., 2021, p. 9).

Contudo, atualmente, as partes envolvidas num projeto de construção cingem-se ao arquiteto e ao cliente que o contrata (Kanters, 2020). O foco de ação dos arquitetos aparenta estar associado à reutilização de resíduos da construção (Dokter et al., 2021) e a competências que muitos arquitetos têm adquirido por via da autoaprendizagem (Kozminska, 2019). Nas iniciativas de circularidade que têm vindo a ser implementadas, a interdisciplinaridade é ainda reduzida (Pomponi & Moncaster, 2017).

Com vista a alcançar objetivos circulares com sucesso será indispensável uma ação concertada para a aprendizagem multi e interdisciplinar (Dokter et al., 2021). Projetos de *design* no âmbito da EC obrigam a conhecimentos mais extensos de materiais, biologia, ecologia, avaliações de impacto ambiental e social, gestão do envolvimento de diferentes *stakeholders*, gestão e novos modelos de negócios e de cadeias de valor e capacidade de negociação (Kozminska, 2019).

2.8. Outras condicionantes à evolução da EC nos projetos de arquitetura

Está generalizada a ideia do potencial da EC como resposta aos intensos desafios do setor da construção (Dokter et al., 2021; Eberhardt et al., 2019; Joensuu et al., 2020). Não obstante esta realidade, o caminho para lá chegar é ainda complexo, com barreiras desafiantes, umas mais específicas da fase de projeto, outras transversais ao setor.

Nesta perspetiva, há um duplo sentido sobre o papel do cliente: o cliente como uma potencial barreira e o cliente como um potencial promotor da difusão e da utilização da EC. Na primeira ótica, a falta de consciência, a ideia de que os riscos financeiros são mais elevados e o sentimento de desconfiança relativamente a materiais reutilizados e reciclados, constituem barreiras à implementação da EC no setor (Bilal et al., 2020; Dokter et al., 2021; Giorgi et al., 2022). Num prisma mais positivo, clientes com consciência da necessidade de ação no sentido da sustentabilidade, podem ser considerados os principais impulsionadores do processo (Kanters, 2020).

Acresce que, fatores financeiros constituem um entrave à implementação de estratégias circulares (Charef et al., 2021; de Jesus & Mendonça, 2018). Os custos mais elevados de implementação de estratégias circulares (Dokter et al., 2021) e o foco no lucro no curto prazo (Eberhardt et al., 2019) podem levar à opção pelo modelo tradicional, em especial na fase inicial do processo.

Outras condicionantes à evolução da EC nos projetos de arquitetura são a complexidade das ferramentas facilitadoras da EC (Díaz-López et al., 2021) e a dificuldade de acesso a dados e informação concreta sobre materiais e resíduos da construção (Kozminska, 2019).

Outro fator limitativo está associado a restrições de tempo do processo construtivo. Os projetos circulares tendem a ser mais demorados face ao conjunto significativo de desafios que se podem colocar de natureza ambiental, social, económica, legal e de infraestruturas (Kozminska, 2019). As ligações e intervenientes num projeto circular

assumem um caráter mais amplo que no modelo tradicional (Charef et al., 2021; Dokter et al., 2021) podendo aumentar a complexidade e logo o tempo do processo. Também a cultura empresarial hesitante é vista como uma barreira relevante à aplicação de processos e práticas de EC no *design* e no setor (Charef et al., 2021; Kirchherr et al., 2017; Lamé et al., 2017; Mestre & Cooper, 2017). Em exemplo, num estudo relativo à problemática dos resíduos na China, Ghisellini et al. (2018) salientaram que o foco das construtoras está associado ao lucro e que há uma falta de consciência da necessidade de proteção do ambiente, resultando numa elevada resistência à eco-inovação para gestão de resíduos, pelo que a questão da cultura empresarial orientada para o lucro e hesitante é um desafio que numa ótica circular terá reflexo em todas as fases.

Por último, destacam-se as barreiras legislativas e regulatórias, constatando-se a falta de normas e políticas com a adequação necessária à implementação da EC no setor (Charef et al., 2021). Contudo, a investigação de Dokter et al. (2021), menciona que, por um lado, alguns participantes do estudo referenciaram a faltam de regulamentos e políticas de apoio à circularidade, mas que, por outro, há uma evolução positiva nessa matéria, como a implementação de regulamentações mais rígidas no que respeita ao cálculo dos impactes ambientais das soluções de *design*.

3. METODOLOGIA

Com vista a compreender a relevância da circularidade e da inovação associada nos projetos do setor da construção em Portugal, e tentando responder à questão de investigação já referida, a saber: **Qual o patamar de conhecimento e implementação da EC e da inovação associada, pelos arquitetos que desenvolvem projetos para o setor da construção em Portugal?**

Aplicou-se uma metodologia quantitativa de recolha de dados primários, através da elaboração e distribuição de um questionário *online* para preenchimento por arquitetos que trabalham em Portugal.

Esta metodologia permite a obtenção de dados consistentes e coerentes para análise, considerando a padronização na sua recolha (Malhotra, 2006). O questionário *online* apresenta como vantagens, num estudo desta natureza, a adequação entre o âmbito e tempo necessário para ultimar o trabalho, sem custos, com maior facilidade em chegar ao

público-alvo, facilitando ainda o trabalho dos dados de forma mais automática (Saunders et al., 2009).

Tratando-se de uma investigação de natureza exploratória, a mesma não teve como objetivo testar hipóteses específicas, mas sim obter um primeiro olhar, uma primeira percepção, da realidade nacional associada à temática. Assim, o questionário foi alargado o máximo possível a arquitetos de todo o país, não tendo sido selecionada uma amostra representativa.

3.1. Desenvolvimento do questionário

A elaboração do questionário desenvolveu-se à luz da análise de literatura apresentada, em particular a partir dos seguintes elementos da análise prévia: o modelo conceitual da EC integrada de Hysa et al. (2020) onde a inovação é central; o modelo de Kanters (2020) que considera os principais atores - construtor, cliente e arquiteto - e a suas codependências; a relevância de outros *stakeholders* na fase de *design* referenciados nos estudos de Dokter et al. (2021), Leising et al. (2018), Superti et al. (2021); e explorando condicionantes, e tipos e níveis de competências necessárias aos arquitetos para a prática da EC no setor, baseado, maioritariamente, nos trabalhos de Charef et al. (2021), Dokter et al. (2021), Eberhardt et al. (2019), Kanters (2020), Kozminska, U. (2019) e Sumter et al. (2020).

A obtenção de informação fidedigna através da plataforma *Web of Science* e de literatura cinzenta, foi conjugada com a necessidade de reduzir o âmbito da pesquisa a uma das frações do setor da construção, tendo sido usadas conjugações das seguintes palavras-chave: *architecture; architect; circular economy; design; ecodesign; construction setor; buildings; innovation; eco-innovation*.

Deste levantamento obtiveram-se acima de 200 *papers*, dos quais se fez a leitura do título e do resumo, tendo este conjunto sido reduzido para 70, sujeitos a leitura integral. Estes foram os *papers* considerados relevantes dentro da temática.

Não é pretensão do presente trabalho elencar exhaustivamente os resultados desta revisão de literatura. Ressalva-se, porém, que a extensão de documentos sobre a temática da EC é elevada. Filtrar documentos candidatos à inclusão na presente dissertação, foi um trabalho complexo.

O processo de revisão de literatura foi também um trabalho dinâmico, que teve continuidade mesmo após a elaboração do questionário, com vista à atualização de informação sobre a temática. Na revisão de literatura encontram-se explanadas as investigações que, predominantemente, inspiraram a elaboração do questionário.

Também foi realizada uma pesquisa de âmbito nacional sobre arquitetura, EC e setor da construção/setor AEC, não tendo sido encontrados estudos considerados relevantes que englobassem, conjuntamente, estas três áreas.

Optou-se pela inclusão de uma escala de Likert nas questões em que a sua utilização foi considerada lógica, para obtenção de uma visão mais robusta do patamar de conhecimento dos arquitetos na matéria em estudo. Assim, solicitou-se aos respondentes a indicação, maioritariamente através de uma escala de frequência, do grau de frequência na aplicação de cada item apresentado. Para o efeito foi utilizada uma escala de Likert de 5 pontos sendo “1-Nunca”; “2-Raramente”; “3-Ocasionalmente”; “4-Frequentemente” e “5-Sempre”. A estas opções foram adicionadas as opções “Não sabe”, “Não responde”, assim como realizadas algumas adaptações, em conformidade com a questão em si. Foi ainda utilizada uma escala de concordância num dos pontos.

Na sequência dos passos relatados, o documento ganhou forma, em cinco grupos:

- 1) Informação sobre os objetivos e pertinência do estudo;
- 2) Validação geral junto de todos os arquitetos: boas práticas utilizadas em projetos de arquitetura, que vão ao encontro da circularidade; visão do arquiteto sobre a definição de EC no setor da construção; averiguação sobre potencial formação/treino na matéria; nível de familiaridade com conceitos e ferramentas facilitadoras da circularidade em projetos de arquitetura; perceção das principais barreiras na aplicação de princípios de EC em projetos de arquitetura; visão do arquiteto sobre os principais atores do sistema na transição para uma EC e sobre a relevância da inovação;
- 3) Arquitetos que não participam/nunca participaram em projetos com implementação de princípios de EC: identificação dos principais motivos dissuasores;
- 4) Arquitetos que participam/já participaram em projetos com implementação de princípios de EC: identificação dos princípios utilizados; verificação da aplicação/não aplicação de um conjunto de princípios-chave; associação desses princípios a estudos de

impactes ambientais dos projetos; avaliação do nível de colaboração com outros *stakeholders*;

5) Caracterização sociodemográfica: género; faixa etária; nível de habilitações; situação profissional atual; regime de trabalho atual; região na qual o arquiteto exerce a sua atividade profissional; nível de antiguidade no exercício da profissão.

Seguiu-se a validação por especialistas em quatro áreas: elaboração de questionários e análise estatística, engenharia civil, *design* e arquitetura, todos com um nível de conhecimento elevado sobre EC. Das sugestões apresentadas, salienta-se que o especialista em arquitetura contribuiu para o desenvolvimento da questão 2 do questionário e que a inclusão das Universidades e Centros de investigação na questão 10, resultou do contributo do especialista em engenharia civil.

Assim, o trabalho de análise da literatura, conjugado com as sugestões dos especialistas, permitiu alcançar a versão final do documento, que foi elaborado através do *software online Qualtrics* e que se encontra disponível para consulta no Anexo 1.

3.2. Disseminação do questionário

Com o intuito de reunir o maior número possível de respostas, foi criada uma base de dados para envio do questionário através de uma pesquisa *online*, que incluiu: empresas de arquitetura das diferentes regiões do país; todas as secções nacionais da Ordem dos Arquitetos; professores de todas as Faculdades de Arquitetura e de Engenharia Civil com departamento de Arquitetura, que também desenvolvem funções como arquitetos; Associações de relevo a nível nacional associadas ao setor AEC, incluindo Entidades não Empresariais do Sistema de Investigação e Inovação. No total foram reunidos mais de 1000 contactos, com o acréscimo de partilha do questionário via LinkedIn.

Após a sua elaboração, foi realizado um pré-teste de respostas por um grupo restrito de cinco arquitetos, seguido de uma divulgação ampla, durante cerca de um mês, com início a 7 de agosto de 2022, que envolveu o envio de um *e-mail* inicial e dois reforços do pedido. Os textos do *e-mail* inicial e *follow-ups* encontram-se disponíveis para consulta através do Anexo 2.

O número de respostas ascendeu a 128. Posteriormente foi realizada uma filtragem, tendo sido consideradas válidas as respostas enunciadas no ponto subsequente.

4. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise estatística dos resultados teve como base a descrição da distribuição de respostas das amostra recolhida e estudos de associação bivariados, com suporte ao teste Qui-Quadrado, no intuito de medir a associação entre as variáveis (Marôco, 2007).

Em cada bloco temático, apresenta-se a tendência geral da amostra e estuda-se se as respostas variam em função da participação em projetos de arquitetura que aplicam princípios de EC e em função do perfil sociodemográfico.

Este ponto encontra-se organizado em cinco secções temáticas. A primeira, dedicada à caracterização sociodemográfica da amostra. A segunda, à frequência de aplicação de práticas de EC. A terceira, à familiaridade de conceitos de EC. Posteriormente, uma secção aborda especificamente as perceções dos arquitetos que já participaram em projetos em que aplicaram princípios de EC, e uma outra secção dedicada aos arquitetos que declararam nunca ter participado neste tipo de projetos. Por fim, explora-se as perceções sobre a importância de condicionantes e fatores influenciadores em geral, e em função de características sociodemográficas e da participação de projetos que aplicaram os princípios EC.

4.1. Caracterização Sociodemográfica

Para o presente estudo a amostra é composta por 102 respondentes, que se identificaram como sendo arquitetos em resposta à questão “É Arquiteto/a?”. Contudo, algumas variáveis têm sujeitos omissos, pelo que na Tabela “Composição Sociodemográfica da amostra” presente no Anexo 3, serão apresentados o N por resposta e a respetiva percentagem, de acordo com o número de respondentes.

Em termos gerais, a amostra é composta por 61% de arquitetos do género masculino e 39% de arquitetos do género feminino. Em termos de idade, 33% dos arquitetos situam-se entre os 45-54 anos, 30% tem idades entre os 35-44 anos, 24% tem idades entre os 55-64 anos, 9% tem idades entre os 25-34 anos, e 4% tem mais de 65 anos.

Em termos de habilitações académicas, 47% dos respondentes tem Licenciatura, 28% tem Mestrado, e 26% tem Doutoramento. No que se refere à situação profissional, 88% está a trabalhar, com 1% a referir estar desempregado, reformado ou com a condição de sócio-gerente. Quanto ao tipo de vínculo na atividade profissional, 53% referem ser empresários

em nome individual, 34% dizem trabalhar por conta de outrem, com 13% a mencionar trabalhar como independente na prestação de serviços.

No que concerne à região em que exercem a sua atividade, 36% declaram fazê-lo na Área Metropolitana de Lisboa, 20% na Região do Centro, 19% na Região do Norte, 12% na Região do Algarve, 5% na Região do Alentejo, e 2% na Região da Madeira e na região dos Açores.

Neste estudo, um dos objetivos gerais é ter uma panorâmica breve e descritiva do modo como é aplicada a EC por parte dos arquitetos, em particular sobre os seus conhecimentos/competências sobre EC. Neste sentido, questionou-se se tinham alguma formação em EC, com 14% a mencionar ter formação específica, e 86% a referir não ter qualquer formação em EC. Este resultado indicia a fragilidade de conhecimentos na matéria, e, conseqüentemente, em algumas das competências alargadas e recentes que os arquitetos devem deter, conforme apontado por Dokter et al. (2021) e Sumter et al. (2020).

Quanto ao tipo de formação, 50% dos que dizem ter formação em EC mencionam uma formação breve, 14% refere ter uma pós-graduação, com 7% a mencionar ter um mestrado em EC ou um doutoramento. Observa-se também que 37% dos arquitetos na amostra declaram ter participado em projetos com uso de princípios de EC.

Procedeu-se ainda a uma análise de associação (Qui-quadrado) entre as variáveis sociodemográficas e a participação em projetos com uso de princípios de EC. Os resultados indicaram existir uma associação estatisticamente significativa com o nível de habilitações. Tendencialmente, arquitetos que indicaram ter um Doutoramento mostram percentagens significativamente mais elevadas de participação em projetos com uso de princípios de EC ($\chi^2(8) = 15,404$, $p=0,052$). Ainda tendo por base os testes de associação, com recurso ao Qui-quadrado, observou-se que os respondentes que indicaram possuir formação em EC associaram-se de modo estatisticamente significativo com a participação em projetos com uso de princípios de EC, como seria de esperar ($\chi^2(1) = 9,311$, $p=0,002$).

Estes resultados sugerem que um nível de habilitações superior, por si só, influencia/contribui para uma maior participação em projetos de EC. Sugerem ainda, por outro lado, que a profundidade de conhecimentos associados a formação em EC, contribui para uma maior participação em projetos de EC. Dokter et al. (2021), Sumter et al. (2020), Sumter et al. (2021) consideram ser essencial que os arquitetos possuam uma diversidade

de competências adicionais, para além da formação base, no intuito de alcançar uma EC no setor, não sendo, no entanto, possível, através do presente apresentar conclusões relativamente a competências adicionais.

4.2. *Frequência de aplicação de práticas de EC*

No que diz respeito à regularidade com que os arquitetos aplicam determinadas práticas de EC, os resultados mais salientes evidenciam que 95% tem em conta frequentemente ou sempre a durabilidade dos materiais, 82% faz uso frequentemente ou sempre da utilização sistemas de otimização energética, e 77% faz uso frequentemente ou sempre da utilização de materiais locais nos seus projetos. Por contraponto, observa-se que 65% raramente ou nunca faz uso do aproveitamento de águas cinzentas, de acordo com os dados da Figura 3 (ver tabela no Anexo 3).

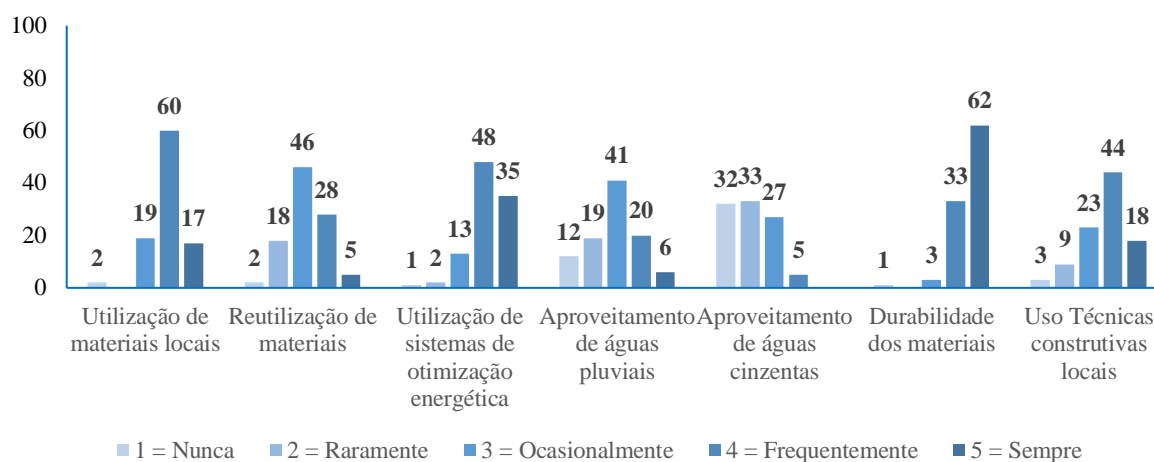


Figura 3. Regularidade de aplicação de práticas de EC no setor (%).

Adicionalmente, procedeu-se a uma análise de associação, com recurso ao teste de Qui-quadrado, de modo a identificar possíveis associações entre a regularidade de aplicação de práticas e a participação em projetos com uso de princípios de EC.

Os resultados mostram existir essas associações, com os arquitetos que participaram em projetos com EC e a regularidade na reutilização de materiais e no aproveitamento de águas pluviais. Os arquitetos participantes mostram percentagens significativamente mais elevadas na reutilização frequente de materiais, e ocasionalmente no aproveitamento de águas pluviais, nos seus projetos.

Uma associação positiva da reutilização de materiais nos projetos de arquitetura poderá exercer uma influência positiva a nível económico e ambiental, em conformidade com o estudo de Eberhardt et al. (2019).

Outras relações entre a regularidade no uso de práticas e a participação em projetos com uso de princípios de EC não se mostraram estatisticamente significativas, conforme Tabela I.

Tabela I - Estudos de associação entre a regularidade de aplicação de práticas de EC e a participação em projetos com uso de princípios de EC (Testes Qui-Quadrado)

	χ^2	Sig.
Utilização de materiais locais	4,143	.126
Reutilização de materiais	12.701	.013
Utilização de sistemas de otimização energética	1,497	.683
Aproveitamento de águas pluviais	12.217	.016
Aproveitamento de águas cinzentas	5,427	.143
Durabilidade dos materiais	2,585	.275
Uso Técnicas construtivas locais	-6,444	.168

Estudou-se igualmente a análise da associação entre a regularidade de práticas de EC e as variáveis sociodemográficas, não tendo sido encontradas associações estatisticamente significativas.

4.3. Familiaridade com conceitos

Os arquitetos presentes na amostra foram questionados sobre as suas visões quanto à definição de EC no setor da construção e a sua familiaridade com conceitos e ferramentas facilitadoras da implementação da circularidade no desenvolvimento de um projeto de arquitetura, tais como os identificados na literatura.

A definição de EC no setor da construção com maior aderência na amostra (68%) corresponde a “*um edifício que é projetado, planeado, construído, operado, mantido e demolido de uma forma consistente com os princípios da EC*”, sendo as restantes opções muito menos populares na amostra, de acordo com os dados da Tabela II.

As mesmas tendências são identificadas entre quem participou e não participou anteriormente em projetos com princípios de EC, na medida em que a associação entre participação e preferências na definição não é estatisticamente significativa ($p > .05$).

Tabela II - Preferências na definição da EC no setor da construção

	N	%
1. “Um sistema industrial que é restaurador ou regenerativo por intenção e <i>design</i> ”.	9	9
2. “Uma abordagem de ciclo de vida que otimiza a vida útil dos edifícios, integrando a fase de final de vida no projeto e usa novos modelos de propriedade onde os materiais são armazenados apenas temporariamente no edifício que atua como um banco de materiais	17	17
3. "Um edifício que é projetado, planejado, construído, operado, mantido e demolido de uma forma consistente com os princípios da EC".	67	68
4. Outra definição	5	5
Total	98	100

Este resultado mostra que a definição proposta por Pomponi e Moncaster (2017) é mais aceite que a definição de Leising et al. (2018), considerada mais vasta pelos autores. Reflete também uma leitura da definição do ambiente construído à luz da EC numa perspetiva mais tradicional ou condicente com a cadeia de valor do setor, e menos precisa quanto à definição refletida por Leising et al. (2018).

No que concerne à familiaridade com conceitos e ferramentas de EC, em particular para a fase de projeto, os resultados mostram uma baixa familiaridade em geral.

Olhando mais em detalhe, observa-se que 74% indica estar razoavelmente a bastante familiarizado com os materiais circulares. Observa-se também que 61% está entre o razoavelmente e o totalmente familiarizado com o BIM.

No sentido oposto, observa-se que 78% dos arquitetos não está nada ou muito pouco familiarizado com o modelo EcoM2. Outro resultado observado indica que 71% não está nada ou está muito pouco familiarizado com a ferramenta LCA, e 70% não está nada ou está muito pouco familiarizado com a estrutura de indicadores Level(s), conforme Figura 4 (ver tabela no Anexo 3).

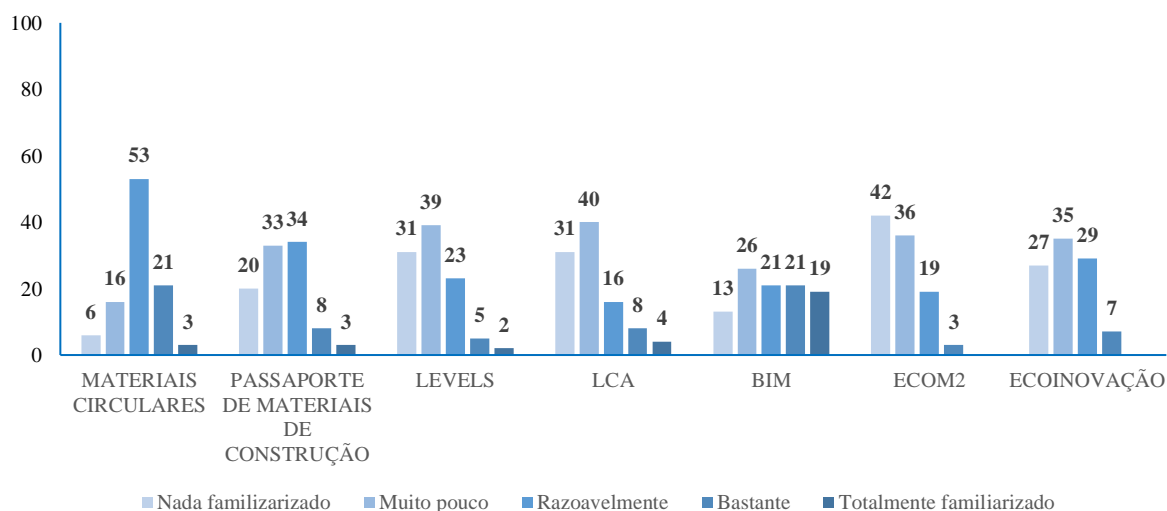


Figura 4. Familiaridade com conceitos e ferramentas de EC (%).

Seguidamente, pretendeu-se averiguar se existiriam diferenças na familiaridade com os conceitos entre os participantes e os não participantes em projetos em que foram usados princípios de EC. Os resultados mostraram existir diferenças entre as duas subamostras, ao nível da familiaridade dos conceitos materiais circulares, passaporte de materiais de construção e LCA.

Os arquitetos participantes em projetos em que foram usados princípios de EC mostram percentagens significativamente mais altas nas categoriais bastante ou totalmente familiarizados, e os não participantes nas categoriais nada ou muito pouco familiarizados com os conceitos de materiais circulares, como era expectável.

Foi também identificado que os arquitetos participantes em projetos em que foram usados princípios de EC mostram maiores probabilidades de declarar-se bastante familiarizados com o conceito de passaporte de materiais de construção, ao passo que os não participantes mostram maiores tendências de declarar-se muito pouco familiarizados.

Por último, os arquitetos participantes em projetos em que foram usados princípios de EC associaram-se de modo estatisticamente significativo com as categoriais bastante ou totalmente familiarizado com o conceito de LCA, ao passo que os não participantes se associam às categoriais de nada ou muito pouco familiarizados, conforme Tabela III.

Tabela III - Estudos de associação entre a familiaridade com conceitos e a participação em projetos com uso de princípios de EC

	χ^2	Sig.
Materiais circulares	17.385	.002
Passaporte de materiais de construção	17.967	.001
LCA	16.499	.002
Level(s)	5,913	.206
BIM	3,518	.475
EcoM2	5,555	.135
Eco-inovação	4,263	.234

Os resultados explanados neste ponto, reforçam a fragilidade de conhecimentos sobre as ferramentas de *design* para a EC, e a sua potencial complexidade, conforme apontado por Díaz-López et al. (2021). No caso de arquitetos que participam ou já participam em projetos com princípios de EC, tal como no ponto anterior, salienta-se um maior domínio dos conceitos associados a materiais, crescendo o LCA. Relevando o denominador comum de redução dos “impactes ambientais negativos” nos conceitos de materiais circulares, passaporte de materiais e LCA, presente nos estudos de Benachio et al. (2020) e Sumter et al. (2021), estes resultados aparentam ser um indício de uma evolução positiva em matéria ambiental no setor.

Procurou-se estudar ainda a associação entre a familiaridade de conceitos e as variáveis sociodemográficas. A este nível apenas a idade se mostrou associada, sugerindo que idades mais baixas conhecem menos o conceito de passaporte de materiais de construção. Os arquitetos entre os 25 e os 34 anos mostram maiores percentagens de se declarar “nada” familiarizados com o conceito de “passaporte de materiais de construção”, ao passo que arquitetos entre os 35-44 anos tendem a declarar-se “muito pouco” familiarizados ($\chi^2(12) = 24,743$, $p=0,016$).

De forma implícita, este resultado poderá estar associado às fragilidades em matéria de formação já mencionadas, podendo ainda indiciar que a autoaprendizagem referenciada no estudo de Kozminska (2019) seja praticada por arquitetos mais seniores.

4.4. Participação em projetos de EC

Este segmento do questionário foi direcionado apenas para os arquitetos que mencionaram ter participado em projetos com uso de princípios de EC.

O grupo foi questionado sobre quais os princípios de EC usados, observando-se que a reutilização de materiais foi o mais usado para 23% dos respondentes, seguido pela redução de energia, com 21%, a redução de materiais, a recuperação de materiais e a reciclagem de materiais, todos com 18%. Por último, a recuperação de energia, com 5% e reciclagem de energia com 3%, conforme tabela IV.

Tabela IV - Princípios de EC aplicados

	%
Reutilização de materiais	23
Redução de energia	21
Redução de materiais	18
Recuperação de materiais	18
Reciclagem de materiais	18
Reutilização de energia	9
Recuperação de energia	5
Reciclagem de energia	3

Numa ótica da combinação dos 3R de Kirchherr et al. (2017) e dos 9R de Potting et al. (2017), e, de certa forma, contrariando a visão de que a reciclagem é o princípio mais utilizado, constante por exemplo nos trabalhos de Dokter et al. (2021) e Kanters (2020), a aplicação de princípios que priorizam a reutilização e redução constitui uma visão animadora a nível nacional. Estes dados mostram uma propensão para a reciclagem como última opção.

Os arquitetos participantes em projetos em que foram usados princípios de EC foram também questionados sobre a frequência de aplicação de cada princípio de EC nos seus projetos de arquitetura. Podem destacar-se as seguintes tendências:

De um modo geral, os resultados mostram que para 85% dos arquitetos o princípio da durabilidade foi muito ou totalmente aplicado, seguido por 82% que indicaram ter usado o princípio da adaptabilidade.

No sentido oposto, 58% dos arquitetos indicaram que o princípio de refabricação foi nada ou muito pouco aplicado, seguido por 55% dos arquitetos que referem ter nada ou muito pouco aplicado o princípio de recuperação de energia e de materiais a partir de resíduos.

Destaca-se ainda que para 39% o princípio de desmontagem em fim de vida foi nada ou muito pouco aplicado. Outros resultados podem ser observados na Figura 5 (ver tabela no Anexo 3).

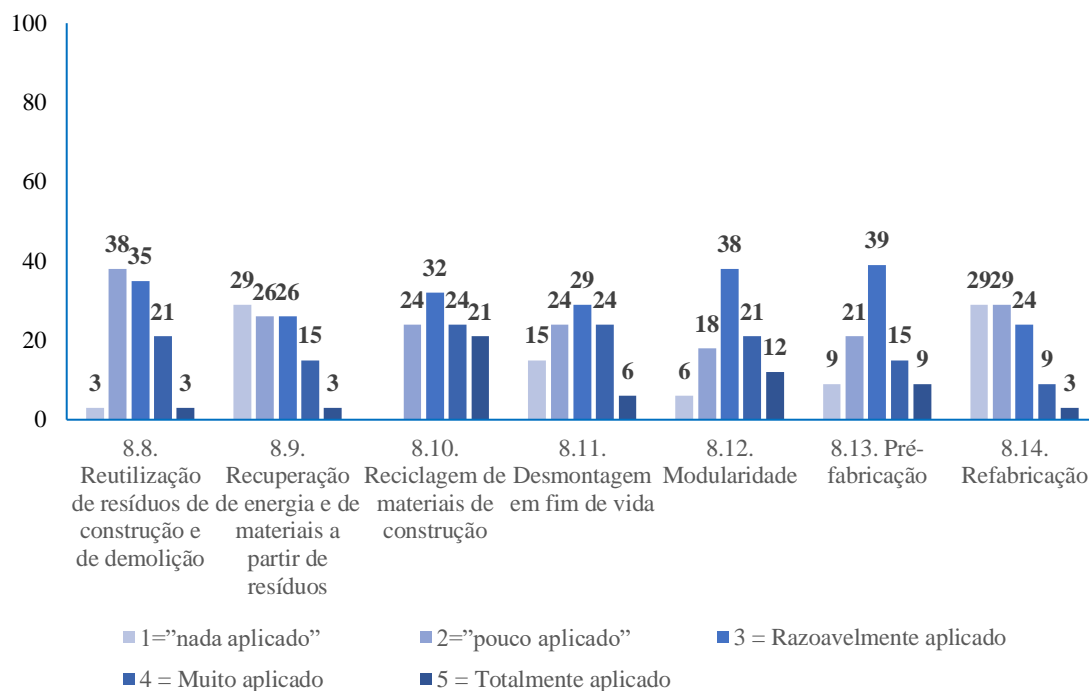
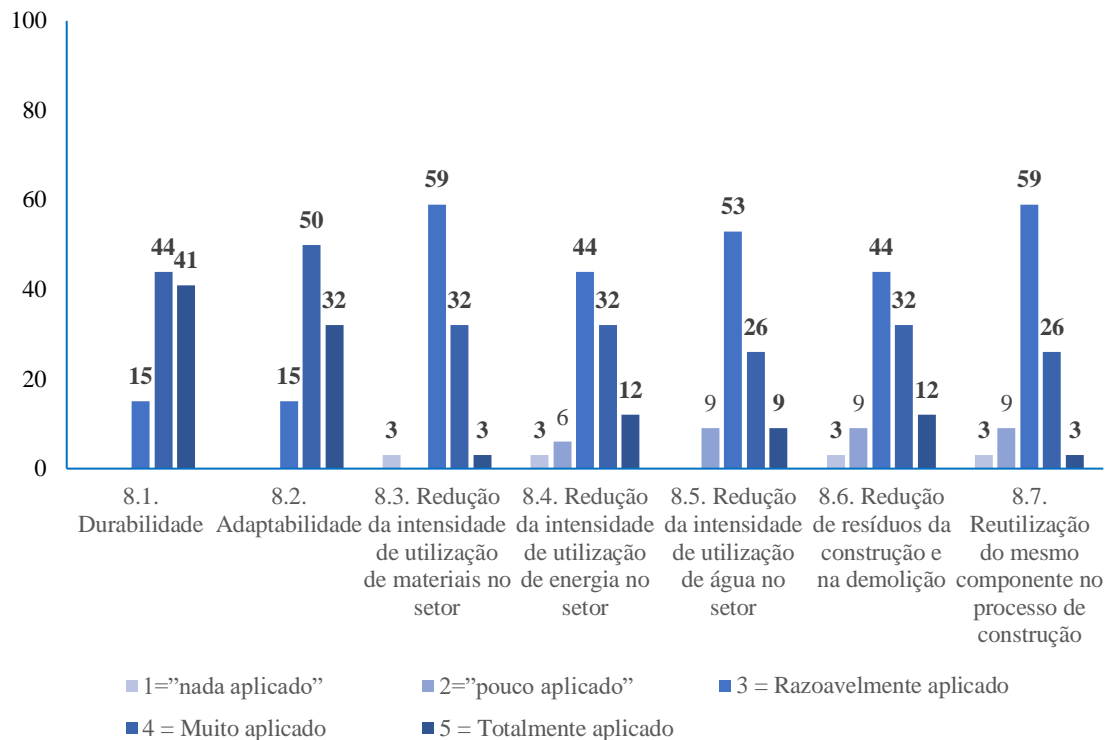


Figura 5. Nível de aplicação dos princípios de EC em projetos anteriores (%).

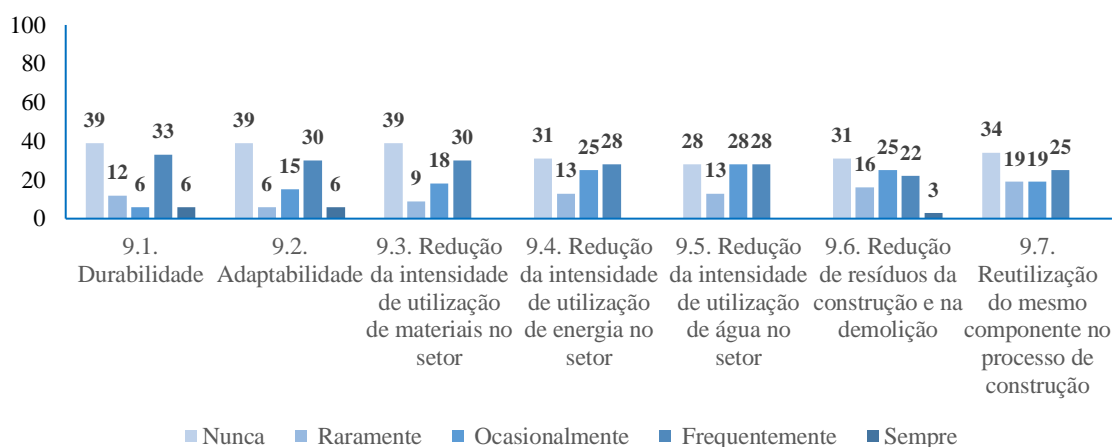
Os arquitetos participantes foram também questionados sobre a frequência com que os princípios de EC usados nos projetos de arquitetura resultaram de recomendações de estudos de impactos ambientais.

Em termos gerais os resultados ilustram uma tendência de baixa frequência para todos os princípios indicados.

Contudo, de modo mais positivo, observa-se que 39% dos arquitetos mencionaram ter frequentemente ou sempre a recomendação do uso do princípio de durabilidade, e 36% refere ter frequentemente ou sempre a recomendação do princípio da adaptabilidade.

No lado oposto, observa-se que 60% dos arquitetos participantes indicaram nunca ou raramente o uso da recuperação de energia e de materiais a partir de resíduos como resultado da recomendação de estudos de impacto ambiental.

Observa-se ainda que 54% indicaram nunca ou raramente o uso do princípio de desmontagem em fim de vida e a modularidade como resultado da recomendação de estudos de impactos ambientais. Estes e outros resultados podem ser observados na Figura 6 (ver tabela no Anexo 3).



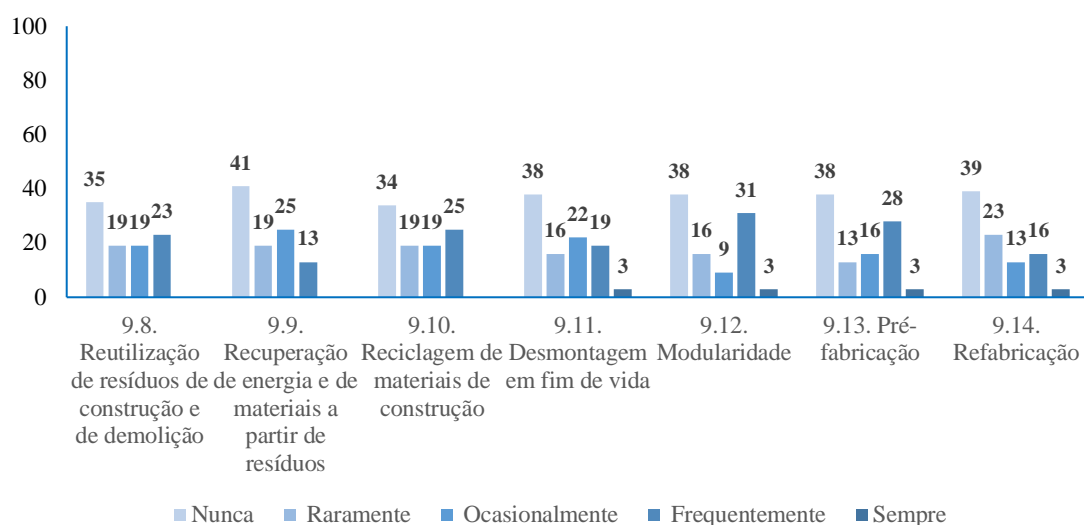
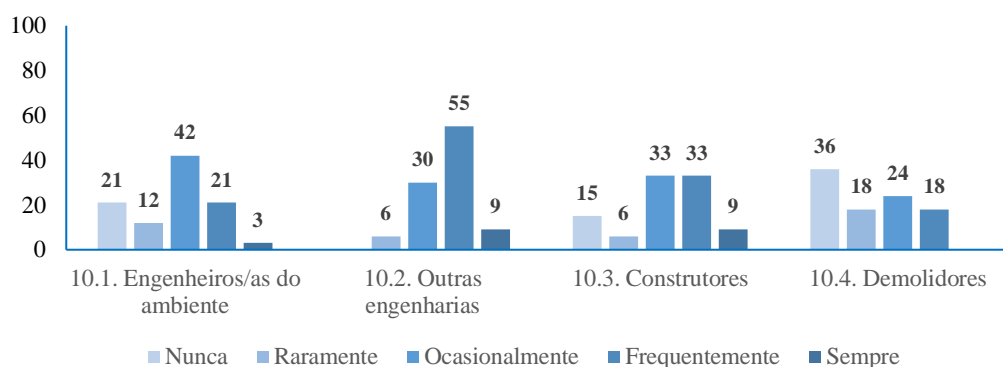


Figura 6. Frequência de aplicação de estratégias da EC resultantes de recomendações de estudos de impactes ambientais do projeto (%).

Aos arquitetos participantes foi-lhes perguntado qual a frequência com que os princípios de EC usados nos projetos de arquitetura resultaram da colaboração com diferentes *stakeholders* que integram o sistema.

Os resultados mostram que para 64% dos arquitetos, a colaboração resultou frequentemente ou sempre com outras engenharias, bem como com os clientes.

No lado oposto, observa-se que para 72% dos arquitetos, nunca ou raramente a aplicação dos princípios de EC resultou da colaboração com Centros de Investigação; para 65% nunca ou raramente resultou da colaboração com Universidades; para 64% nunca ou raramente se traduziu da colaboração com os Demolidores, observando-se ainda que 60% refere que a aplicação destes princípios resultou da colaboração com os Empresários de resíduos, conforme Figura 7 (ver tabela no Anexo 3).



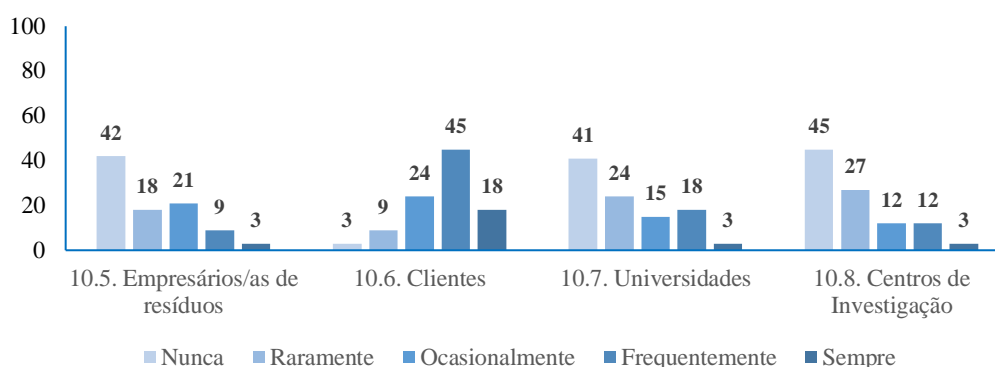


Figura 7. Frequência de uso de princípios de EC em resultado da colaboração com *stakeholders* (%).

O facto de ser mais frequente a colaboração com outras engenharias, comparativamente à engenharia do ambiente, conjugado com a fraca tendência de os princípios de EC usados nos projetos de arquitetura resultarem de recomendações de estudos de impactes ambientais (resultados associados à figura 6), sugere algumas fragilidades em questões de natureza ambiental. Estes resultados são suportados por Kanters (2020). Das entrevistas realizadas no seu estudo, vários arquitetos referiram a dificuldade em tomar as decisões mais corretas durante o processo de desenvolvimento de um projeto, no que respeita ao impacte ambiental. Por outro lado, reforça a importância da necessidade de uma aprendizagem multi e interdisciplinar, com vista ao sucesso em matéria de circularidade, defendida por Dokter et al. (2021).

4.5. Não participação em projetos de EC

No caso dos arquitetos que mencionaram não ter participado em projetos com uso de princípios de EC, decidiu-se questionar quais os motivos pelos quais nunca tinham participado num projeto com estas características.

As respostas mostram a ausência de procura da parte dos clientes como o principal motivo para 43%, seguido da ausência de informação sobre EC no setor, com 33%, ausência de formação/competência adequada, com 31%, e os custos mais elevados comparativamente com o modelo tradicional, para 17% dos arquitetos presentes na amostra.

Analisando com mais detalhe, pode dizer-se que dos principais motivos apresentados, a ausência de informação e de formação, conjuntamente, correspondem aos principais

motivos para nunca ter participado num projeto com princípios de EC para 64% dos arquitetos, conforme Tabela V.

Tabela V - Motivos de não participação em projetos com princípios de EC.

	N	%
Ausência de procura da parte dos clientes	44	43
Ausência de informação sobre Economia Circular no setor	34	33
Ausência de formação adequada (necessidade de conhecimento especializado)	32	31
Custos mais elevados comparativamente ao modelo tradicional	17	17
Outro(s) (especifique):	2	2

A ausência de procura por parte dos clientes corrobora a visão das barreiras atribuídas a este *stakeholder*, constante nos trabalhos de Bilal et al. (2020), Dokter et al. (2021) e Giorgi et al. (2022). Estes resultados comprovam ainda as limitações apontadas no estudo de Kanters (2020), relacionadas com a indefinição de projeto de construção circular, assim como as limitações apontadas no estudo de Dokter et al. (2021) em matéria de formação, associadas à complexidade do conhecimento necessário, de forma especializada, num conjunto amplo de áreas.

4.6. Condicionantes à aplicação da EC no setor

Todos os arquitetos presentes na amostra foram questionados sobre qual a sua perceção do impacto que algumas condicionantes têm na aplicação de princípios de EC.

Dando destaque aos resultados mais salientes, observa-se que os custos mais elevados de implementação de estratégias/modelos circulares têm alto ou muito alto impacto para 73% dos arquitetos.

Já o acesso limitado a dados e informação sobre materiais e resíduos de construção e a cultura empresarial hesitante por parte dos construtores têm um alto ou muito alto impacto para 68% dos arquitetos.

Por último, as restrições de tempo (processos mais demorados) têm um alto ou muito alto impacto para 62% dos arquitetos, assim como 57% refere que as barreiras legislativas e regulatórias têm alto ou muito alto impacto.

No lado oposto, observa-se que a cultura empresarial hesitante por parte dos arquitetos é considerada como tendo pouco ou nenhum impacto para 21% dos arquitetos, e a complexidade das ferramentas facilitadoras da EC têm pouco impacto para 17% dos arquitetos presentes na amostra, conforme Figura 8 (ver tabela no Anexo 3).

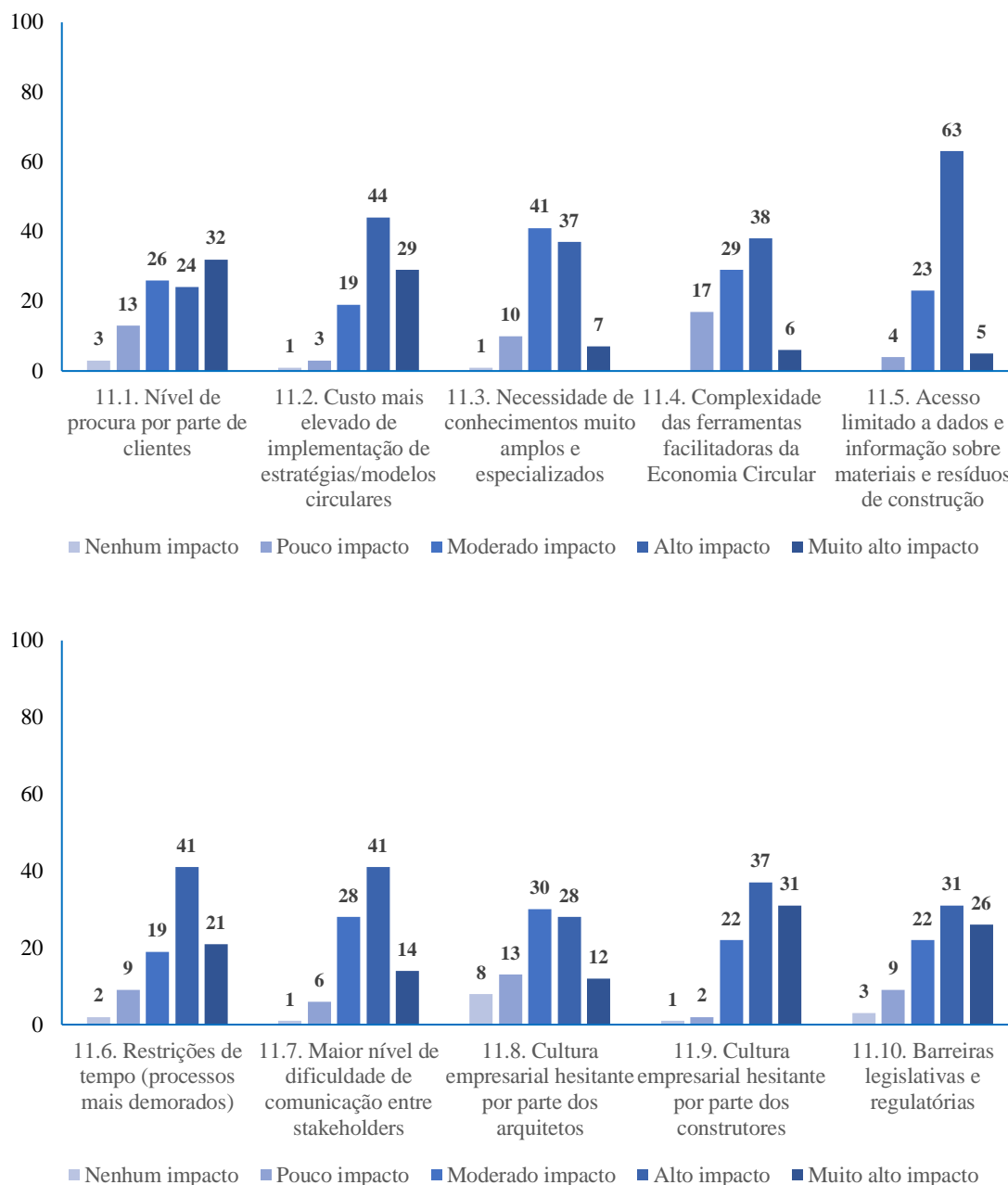


Figura 8. Percepção do impacto de barreiras na aplicação dos princípios da EC (%).

Adicionalmente, procedeu-se a uma análise de associação, com recurso ao teste de Qui-quadrado, de modo a identificar possíveis associações entre a perceção de barreiras na aplicação de princípios de EC e a participação em projetos com uso de princípios de EC.

Os resultados mostraram existir essas associações na perceção de impacto das barreiras acesso limitado a dados e informação sobre materiais e resíduos de construção e cultura empresarial hesitante por parte dos construtores.

Os arquitetos que participaram em projetos de EC associam-se a maiores probabilidades de perceção de um moderado impacto por parte do acesso limitado a dados e informação sobre materiais e resíduos de construção na aplicação de princípios de EC, e os arquitetos que não participaram em projetos com EC associam-se a uma perceção de alto impacto desta condicionante na aplicação de EC em projetos de arquitetura.

Por sua vez, os arquitetos que participaram em projetos com EC associam-se a maiores probabilidades de perceção de um moderado impacto da cultura empresarial hesitante por parte dos construtores na aplicação de princípios de EC, e os arquitetos que não participaram em projetos com EC a perceção de muito alto impacto desta barreira na aplicação de EC em projetos de arquitetura, conforme Tabela VI.

Tabela VI - Estudos de associação entre perceção de barreiras na aplicação de princípios de EC e a participação em projetos de arquitetura com uso de princípios de EC (Testes Qui-quadrado)

	χ^2	Sig.
11.1. Nível de procura por parte de clientes	2,436	.656
11.2. Custo mais elevado de implementação de estratégias/modelos circulares	3,558	.469
11.3. Necessidade de conhecimentos muito amplos e especializados	4,036	.401
11.4. Complexidade das ferramentas facilitadoras da Economia Circular	,986	.809
11.5. Acesso limitado a dados e informação sobre materiais e resíduos de construção	7.276	.060*
11.6. Restrições de tempo (processos mais demorados)	4,244	.374
11.7. Maior nível de dificuldade de comunicação entre <i>stakeholders</i>	3,547	.471
11.8. Cultura empresarial hesitante por parte dos arquitetos	3,749	.441
11.9. Cultura empresarial hesitante por parte dos construtores	8.719	.045
11.10. Barreiras legislativas e regulatórias	5,870	.209

*próximo da significância estatística

Os arquitetos também foram questionados sobre qual a sua concordância sobre quem são os principais influenciadores numa transição para uma abordagem sistêmica da EC. Os resultados, mostram que 78% dos arquitetos concordam que a inovação no setor da construção assume um papel central na transição para uma EC no referido setor, comprovando a sua relevância, exposta no modelo conceitual de Hysa et al. (2020). Já para 65% existe uma concordância que os responsáveis políticos são os principais influenciadores na transição para uma abordagem sistêmica, caracterizadora da EC, demonstrando uma confirmação do indício de falta de normas e políticas com a adequação necessária à implementação da EC no setor, presente no estudo de Charef et al. (2021).

Outro resultado mostra que 57% dos arquitetos concordam serem os clientes os principais influenciadores na transição para uma abordagem sistêmica, caracterizadora da EC, fortalecendo a visão de Kanters (2020) de que os clientes conscientes em matéria de sustentabilidade são impulsionadores do processo de EC. Por último, 55% da amostra considera os arquitetos como os principais influenciadores na transição para uma abordagem sistêmica, caracterizadora da EC, indo ao encontro de um dos principais tópicos a reter do estudo de Kanters (2020), ligado ao relevante papel do arquiteto na implementação de projetos de edifícios circulares e como influenciador dos restantes atores do sistema, conforme resultados constantes na Figura 9 (ver tabela no Anexo 3).

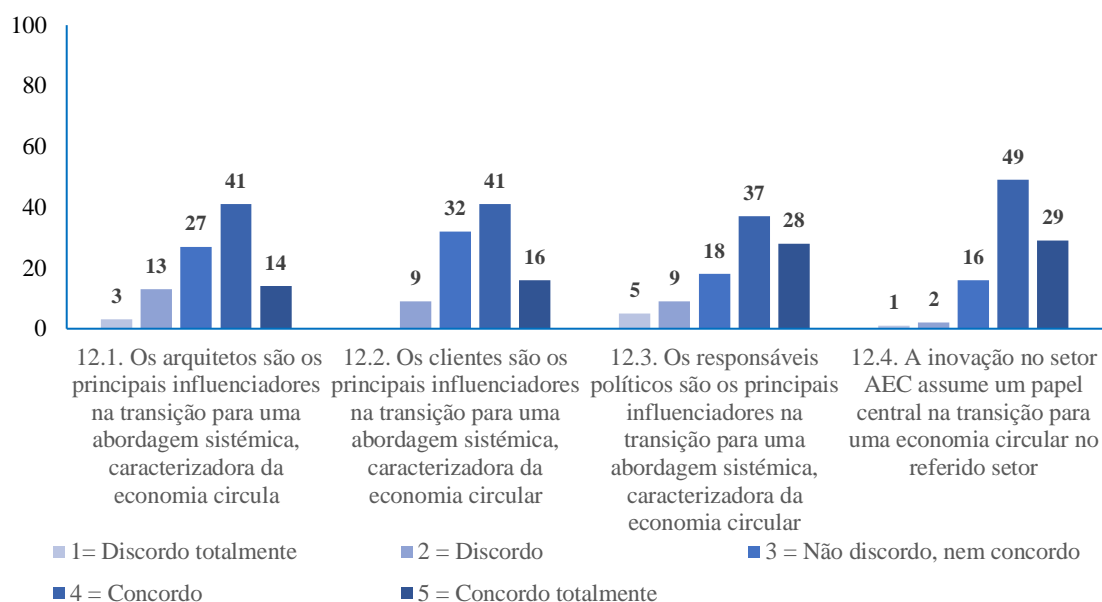


Figura 9. Nível de concordância sobre a importância dos principais influenciadores numa transição para uma abordagem sistêmica da EC, por perfil de influenciador (%).

Por fim, procedeu-se a uma análise de associação, com recurso ao teste de Qui-quadrado, de modo a identificar possíveis associações entre perceções sobre os principais influenciadores, as variáveis sociodemográficas e a participação em projetos com uso de princípios de EC.

Conforme se pode observar na Tabela VII, os resultados mostraram não existir qualquer associação estatisticamente significativa, pelo que estes resultados podem ser interpretados dizendo que o género, idade, habilitações, situação profissional e a participação em projetos não estão relacionados com as perceções sobre os influenciadores para uma abordagem sistémica da EC.

Tabela VII - Estudos de associação entre nível e concordância sobre a importância dos principais influenciadores numa transição para uma abordagem sistémica da EC e a participação em projetos (Testes Qui-Quadrado)

	χ^2	Sig
12.1. Os arquitetos são os principais influenciadores na transição para uma abordagem sistémica, caracterizadora da economia circular	.767	.943
12.2. Os clientes são os principais influenciadores na transição para uma abordagem sistémica, caracterizadora da economia circular	3,892	.273
12.3. Os responsáveis políticos são os principais influenciadores na transição para uma abordagem sistémica, caracterizadora da economia circular	6,504	.165
12.4. A inovação no setor AEC assume um papel central na transição para uma economia circular no referido setor	6,647	.156

5. CONCLUSÕES, CONTRIBUTOS, LIMITAÇÕES E INVESTIGAÇÃO FUTURA

Com o objetivo de concretizar uma análise exploratória sobre a importância da circularidade e da inovação inerente, em projetos de arquitetura do setor da construção em Portugal, partiu-se de pressupostos base associados à centralidade da inovação e às ligações entre diferentes *stakeholders* e competências dos arquitetos fundamentais no processo de *design*.

Assume-se que os resultados do estudo, apesar de satisfatórios, apresentam alguma dispersão, sendo, contudo, possível agrupar algumas conclusões essenciais, em cinco óticas: (a) formação em EC; (b) arquitetos que não participaram em projetos de EC; (c) arquitetos que participam/participaram em projetos de EC; (d) principais influenciadores na transição para uma abordagem sistémica e e) inovação/ ferramentas eco-inovadoras.

Assim, em matéria de formação em EC há uma lacuna significativa evidente, na medida em que, 86% dos respondentes não possui formação na área.

De forma igualmente menos positiva, a percentagem de respondentes que indicaram nunca ter participado em projetos de EC, de 63%, é também significativa. Os resultados sugerem, para este grupo em específico, um nível de familiaridade baixo com os conceitos e ferramentas facilitadoras da implementação da EC nos projetos de arquitetura.

Constata-se ainda que a não participação em projetos de EC se deve, sobretudo, à ausência de procura por parte dos clientes, de informação sobre EC no setor e de formação adequada, reforçando neste último ponto, a lacuna já identificada em matéria de formação.

Acresce que, os não participantes em projetos de EC, consideram que o acesso limitado a dados e informação sobre materiais e resíduos, assim como a cultura empresarial hesitante por parte dos construtores, têm impactos significativos como obstáculo à aplicação de princípios de EC no setor.

No que respeita aos arquitetos que participam ou já participaram em projetos de EC, 37% dos respondentes, os dados indicam que aplicam frequentemente a prática de reutilização de materiais e ocasionalmente o aproveitamento de águas pluviais.

Contrariamente ao grupo anterior, este grupo que participa ou já participou em projetos de EC, apresenta um nível de familiaridade elevado com os conceitos de materiais circulares, passaporte de materiais de construção e LCA. Também de forma mais ligeira comparativamente ao grupo anterior, os participantes em projetos de EC consideram existir apenas um moderado impacto do acesso limitado a dados e informação sobre materiais e resíduos e da cultura empresarial hesitante por parte dos construtores, no que respeita a barreiras à aplicação de princípios de EC no setor. Os arquitetos participantes em projetos de EC demonstram ainda uma propensão para a reciclagem como última opção, priorizando a aplicação dos princípios de reutilização e redução, indo ao encontro do que se pretende num processo circular. Este grupo aplica também de forma relevante os princípios da durabilidade e adaptabilidade. Numa perspetiva mais negativa, a refabricação, a recuperação de energia e de materiais a partir de resíduos e a desmontagem em fim de vida correspondem a princípios pouco ou nada utilizados. É também possível

constatar que, tendencialmente, os princípios utilizados não resultam de recomendações de estudos de impactes ambientais.

Para este grupo, os princípios de EC são aplicados, maioritariamente, em colaboração com os clientes e com outras engenharias, que não a engenharia do ambiente.

Do modelo de Kanters (2020), confirma-se a ligação relevante entre o arquiteto e o cliente, sendo a ligação com o construtor mais modesta, na ótica dos arquitetos nacionais que participam ou já participaram em projetos de EC.

Como última conclusão, restrita do grupo que participa ou já participou em projetos de EC, a colaboração com centros de investigação, universidades, demolidores e empresários de resíduos, considera-se ínfima.

No que concerne aos principais influenciadores na transição para uma abordagem sistémica, por ordem de importância, os arquitetos (participantes e não participantes em projetos de EC) consideram ser a inovação que exerce principal influência. Seguem-se os responsáveis políticos, os clientes, e, por fim, os próprios arquitetos.

A centralidade da inovação no processo de EC, presente no modelo de Hysa et al. (2020) é comprovada, na medida em que os arquitetos assumem a inovação como o principal elemento influenciador na transição para uma lógica sistémica, característica da EC.

Tendo sempre presente que este se trata de um estudo exploratório, os resultados apontam para um patamar de conhecimento de EC e respetivas ferramentas para suporte ao *design*, e sua implementação, relativamente baixo por parte dos arquitetos que desenvolvem projetos de arquitetura em Portugal, que responderam ao questionário.

A análise dos resultados aponta ainda para uma concordância geral da parte dos respondentes sobre o papel central da inovação, na transição para uma EC no setor. Contudo, apenas os arquitetos que participam ou já participaram em projetos em que aplicaram princípios de EC, indiciam conhecer relativamente bem alguns conceitos, como os conceitos de materiais circulares, passaporte de materiais de construção e LCA. De uma forma geral, não se constata uma familiaridade com conceitos e ferramentas eco-inovadoras consideradas facilitadoras da implementação da circularidade em projetos de arquitetura.

Assim, é possível observar que apesar de a inovação ser considerada relevante para os arquitetos, o conhecimento e a aplicação prática de inovações, e especialmente eco-inovações, já existentes, são frágeis. Por outro lado, considerando que a parceria com Universidades e Centros de Investigação fomenta a inovação, pode assumir-se de forma implícita que as fragilidades na colaboração com estas instituições, correspondem também a fragilidades em matéria da inovação necessária ao fomento da EC no setor.

A inovação desempenha, efetivamente, um papel essencial à aplicação da EC por parte desta classe profissional. Contudo, as fragilidades reveladas em matéria de inovação e consequentemente da sua difusão, indicam um longo percurso ainda a percorrer nesta matéria, com vista a alcançar uma plena circularidade no setor, em Portugal.

A possibilidade de um primeiro olhar de natureza exploratória, sobre o patamar de conhecimento e implementação de princípios de EC nos projetos de arquitetura, corresponde a um “levantar do véu” sobre a temática, contribuindo desta forma para uma primeira visão do cenário nacional. Ainda que de forma não muito acentuada, foi também possível através do presente trabalho perceber a relevância da inovação para os arquitetos e também os pontos fortes e as limitações para esta classe profissional na implementação de inovações já existentes.

Contudo, o facto de o questionário ter sido disponibilizado num período de férias, constitui uma limitação de especial relevo, que, naturalmente, afetou o número de respostas. Por outro lado, o estudo cinge-se à fase do desenvolvimento de projetos de arquitetura, não tendo em conta o papel do arquiteto nas restantes fases do processo circular. Acresce que esta análise não permite obter uma visão abrangente do nível de circularidade e da inovação associada, em todo o setor da construção. Assim, as duas últimas limitações constituem também pistas para futuras investigações relevantes a nível nacional, neste setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhimien, N. G., Latif, E., & Hou, S. S. (2021). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 38). Elsevier Ltd.
- Benachio, G. L. F., Freitas, M. do C. D., & Tavares, S. F. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 260). Elsevier Ltd.
- Bilal, M., Khan, K. I. A., Thaheem, M. J., & Nasir, A. R. (2020). Current state and barriers to the circular economy in the building sector: Towards a mitigation framework. *Journal of Cleaner Production*, 276.
- Bonoli, A., Zanni, S., & Serrano-Bernardo, F. (2021). Sustainability in building and construction within the framework of circular cities and european new green deal. The contribution of concrete recycling. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 4, pp. 1–16). MDPI.
- Charef, R., Morel, J. C., & Rakhshan, K. (2021). Barriers to implementing the circular economy in the construction industry: A critical review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 23). MDPI.
- Dams, B., Maskell, D., Shea, A., Allen, S., Driesser, M., Kretschmann, T., Walker, P., & Emmitt, S. (2021). A circular construction evaluation framework to promote designing for disassembly and adaptability. *Journal of Cleaner Production*, 316.
- de Jesus, A., Antunes, P., Santos, R., & Mendonça, S. (2016). Eco-innovation in the transition to a circular economy: An analytical literature review. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2999–3018.
- de Jesus, A., Antunes, P., Santos, R., & Mendonça, S. (2019). Eco-innovation pathways to a circular economy: Envisioning priorities through a Delphi approach. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1494–1513.
- de Jesus, A., & Mendonça, S. (2018). Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. *Ecological Economics*, 145, 75–89.
- de Magalhães, R. F., Danilevicz, Â. de M. F., & Saurin, T. A. (2017). Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects. In *Waste Management* (Vol. 67, pp. 265–277). Elsevier Ltd.

den Hollander, M. (2018). Design for Managing Obsolescence: A Design Methodology for Preserving Product Integrity in a Circular Economy.

Díaz-López, C., Carpio, M., Martín-Morales, M., & Zamorano, M. (2021). Defining strategies to adopt Level(s) for bringing buildings into the circular economy. A case study of Spain. *Journal of Cleaner Production*, 287.

Dokter, G., Thuvander, L., & Rahe, U. (2021). How circular is current design practice? Investigating perspectives across industrial design and architecture in the transition towards a circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 692–708.

Eberhardt, L. C. M., Birgisdottir, H., & Birkved, M. (2019). Potential of Circular Economy in Sustainable Buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(9).

Ellen MacArthur Foundation (2022). Circular Economy Introduction. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview> [Acesso em: 2022/06/03].

European Commission (2019). The European Green Deal. Disponível em https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf [Acesso em: 2022/06/03].

European Commission (2020). A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098> [Acesso em: 2022/06/03].

European Commission (2021). LEVEL(S): What's in it for architects, designers, engineers and quantity surveyors? Disponível em <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/95302146-143e-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search> [Acesso em: 2022/06/03].

European Union Horizon Project (2020). BAMB - Buildings As Material Banks. Disponível em <https://www.bamb2020.eu/> [Acesso em: 2022/06/03].

Ghisellini, P., Ji, X., Liu, G., & Ulgiati, S. (2018). Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review. *Journal of Cleaner Production*, 195, 418–434.

Giorgi, S., Lavagna, M., Wang, K., Osmani, M., Liu, G., & Campioli, A. (2022). Drivers and barriers towards circular economy in the building sector: Stakeholder interviews and analysis of five european countries policies and practices. *Journal of Cleaner Production*, 336.

- Gorecki, J. (2019). Circular Economy Maturity in Construction Companies. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 471(11).
- Hamida, M. B., Jylhä, T., Remøy, H., & Gruis, V. (2022). Circular building adaptability and its determinants – A literature review. International Journal of Building Pathology and Adaptation.
- Hysa, E., Kruja, A., Rehman, N. U., & Laurenti, R. (2020). Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: An integrated model for sustainable development. Sustainability (Switzerland), 12(12).
- Joensuu, T., Edelman, H., & Saari, A. (2020). Circular economy practices in the built environment. In Journal of Cleaner Production (Vol. 276). Elsevier Ltd.
- Kanters, J. (2020). Circular building design: An analysis of barriers and drivers for a circular building sector. Buildings, 10(4).
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. In Resources, Conservation and Recycling (Vol. 127, pp. 221–232). Elsevier B.V.
- Kozminska, U. (2019). Circular design: Reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 225(1).
- Lamé, G., Leroy, Y., & Yannou, B. (2017). Ecodesign tools in the construction sector: Analyzing usage inadequacies with designers' needs. Journal of Cleaner Production, 148, 60–72.
- Leising, E., Quist, J., & Bocken, N. (2018). Circular Economy in the building sector: Three cases and a collaboration tool. Journal of Cleaner Production, 176, 976–989.
- Malhotra, N. K. (2006). Questionnaire design and scale development. The handbook of marketing research: Uses, misuses, and future advances, 83-94.
- Marôco, J. (2007). Análise Estatística com utilização do SPSS (3ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- Mestre, A., & Cooper, T. (2017). Circular product design. A multiple loops life cycle design approach for the circular economy. Design Journal, 20, S1620–S1635.

- Newman AO, P. (2020). COVID, CITIES and CLIMATE: Historical Precedents and Potential Transitions for the New Economy. *Urban Science*, 4(3), 32.
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production*, 143, 710–718.
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). CIRCULAR ECONOMY: MEASURING INNOVATION IN THE PRODUCT CHAIN Policy Report.
- Rogers, E. M., (2003), *Diffusion of Innovations*, Fifth edition, New York: Free Press.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. New York: Harper and Row.
- Smart Waste Portugal (2020). Guia para Criação de Passaportes de Materiais para Edifício. Disponível em https://construcaocircular.pt/assets/files/Brochura_PM.pdf [Acesso em: 2022/06/03].
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Pearson education.
- Sumter, D., de Koning, J., Bakker, C., & Balkenende, R. (2020). Circular economy competencies for design. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4), 1–16.
- Sumter, D., de Koning, J., Bakker, C., & Balkenende, R. (2021). Key competencies for design in a circular economy: Exploring gaps in design knowledge and skills for a circular economy. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–15.
- Superti, V., Houmani, C., Hansmann, R., Baur, I., & Binder, C. R. (2021). Strategies for a circular economy in the construction and demolition sector: Identifying the factors affecting the recommendation of recycled concrete. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8).
- United Nations (2015a). Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. Paris France. Disponível em <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement> [Acesso em: 2022/06/03].
- United Nations (2015b). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Disponível em <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/resolution-adopted-by-the-general> [Acesso em: 2022/06/03].
- United Nations Environment Programme (2019). *Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction*

Sector. Disponível em: <https://www.worldgbc.org/news-media/2019-global-status-report-buildings-and-construction> [Acesso em: 2022/06/03].

United Nations Environment Programme (2021). Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/2021-global-status-report-buildings-and-construction> [Acesso em: 2022/06/03].

ANEXOS

Anexo 1: Questionário

Disponível através do *link*:

<https://drive.google.com/file/d/1DUg9kIY4QUsTVxo0ggegwoyOqKaxaayh/view?usp=sharing>

Anexo 2: Texto e-mail inicial e follow-ups

Disponível através do *link*:

<https://drive.google.com/file/d/1FYhRh13XaCpCLs7GJx42q1HIWqaJG14B/view?usp=sharing>

Anexo 3: Tabelas Estatísticas

Disponíveis através do *link*:

<https://drive.google.com/file/d/181lpEj7gT5m7oPXYaUFWVyXSocH5Ccc5/view?usp=sharing>