

A economia circular na construção civil: principais barreiras e oportunidades para a transição do setor

RESUMO

A construção civil exerce pressão aos recursos naturais. A transição para um sistema circular de produção e consumo é crucial para reduzir os impactos ambientais do setor. Entretanto, a falta de compreensão dos princípios da economia circular (EC) e a complexidade da sua cadeia de valor dificultam essa transição. Por meio de uma revisão de literatura, este estudo analisa as barreiras e oportunidades classificadas em cinco categorias (econômicas, informacionais, institucionais, políticas e tecnológicas) que influenciam a implementação da EC no setor. Dos resultados, as categorias de barreiras políticas e tecnológicas foram as mais representativas, evidenciando a necessidade de uma política de governança baseada em ações regulatórias e tributárias e um sistema integrado de gestão de resíduos e informações. O setor precisa de uma ação conjunta entre governo e *stakeholders* para o estabelecimento de parcerias público-privadas e comunicação efetiva e segmentada visando uma transição circular.

PALAVRAS-CHAVE: Economia circular. Construção civil. Obstáculos e direcionadores. Transição circular. Construção sustentável.

Mayara Regina Munaro
mayara.munaro@ufpr.br
Universidade Federal do Paraná –
Curitiba, Paraná, Brasil.

Sergio Fernando Tavares
sergioftavares@gmail.com
Universidade Federal do Paraná –
Curitiba, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é o maior consumidor mundial de matérias-primas e gera até 35% dos resíduos de aterros (AJAYI *et al.*, 2015). É responsável por 36% do uso final de energia e 39% das emissões globais de dióxido de carbono (IEA, 2019). Embora mais de 90% do conteúdo de um edifício possa ser reutilizado, apenas 20-30% desses recursos são reciclados ou reutilizados no final da vida útil de um edifício (WEF, 2014). É um dos principais alvos para a sustentabilidade ambiental e uma mudança nos padrões de produção e consumo é necessária para garantir um setor resiliente.

A economia circular (EC) oferece uma oportunidade de reduzir o uso de materiais primários e seus impactos ambientais associados, por meio de estratégias que substituem o fim de vida (FDV), como redução, reutilização e reciclagem de materiais na produção/processos de distribuição e consumo (KIRCHHERR *et al.*, 2017). A adoção da EC é uma alternativa sustentável e lucrativa para dissociar o crescimento econômico da exploração de recursos naturais, proporcionando benefícios socioeconômicos. Estima-se que o mercado circular nos próximos 10 anos aumentará o crescimento econômico em até 4% (ING, 2015).

Existem diferentes definições de EC (KIRCHHERR *et al.*, 2017) e ainda não há um consenso claro e aceito na indústria da construção (ADAMS *et al.*, 2017). As iniciativas de EC possuem diferentes direcionamentos e a implementação da circularidade em edificações possui particularidades devido à complexidade das edificações, que possuem diversos atributos interligados, como projeto e planejamento, escolha do material, operação e manutenção da edificação. Além disso, o setor é conservador e tem seu próprio processo de design, técnicas de fabricação, cadeia de suprimentos e arranjos financeiros (HART *et al.*, 2019).

A falta de clareza e compreensão dos princípios da EC e a complexidade da cadeia de valor da construção dificulta a disseminação de conhecimentos e diretrizes que sustentam o projeto e a construção circular. Há a necessidade de entender as barreiras e oportunidades que influenciam os desenvolvimentos atuais na indústria da construção para conceituar a EC no setor. Com base nestas limitações, este estudo pretende responder quais são as principais barreiras e oportunidades para uma economia circular no setor da construção. Uma revisão integrativa de literatura foi realizada buscando (i) analisar as relações entre barreiras e oportunidades da EC no setor; e (ii) avaliar a relevância que as diferentes categorias de barreiras e oportunidades têm na transição para a circularidade do setor da construção.

REFERENCIAL TEÓRICO

Esforços para identificar as barreiras e oportunidades relacionados à EC têm sido feitos pela comunidade acadêmica desde a disseminação desse conceito. A pesquisa sobre as barreiras da EC foi conduzida em diferentes escalas, por exemplo, em modelos de negócios, cadeias de suprimentos, pequenas e médias empresas (PMEs), regiões e países. De acordo com Vermunt *et al.* (2019), a implementação de diferentes modelos de negócios circulares (MNC) deve superar barreiras: i) internas, relacionadas a pressões financeiras, organizacionais e de conhecimento dentro de uma empresa; e ii) externas, relacionado à cadeia de

suprimentos, mercado e institucional. Os autores descobriram que os principais desafios estavam relacionados ao ambiente externo da empresa.

Para Mangla *et al.* (2018), a aplicação de princípios circulares na cadeia de suprimentos circular (CSC) deve superar 16 barreiras, principalmente a falta de leis e regulamentos ambientais e a falta de políticas fiscais para promover MNCs. Govindan e Hasanagic (2018) levantaram 39 barreiras e destacaram as externas à organização, como a percepção do consumidor em relação aos componentes que são reutilizados; limitações tecnológicas no rastreamento de materiais reciclados; e a falta de conscientização do público. As oportunidades foram relacionadas ao potencial de geração de empregos e ao cumprimento de leis e políticas sobre a gestão de resíduos e mudanças climáticas.

Para aumentar o conhecimento e a implementação da EC nas PME, Rizos *et al.* (2016) enfatizaram a falta de uma rede de oferta e demanda de apoio, capital e financiamento governamental e que os principais facilitadores são a cultura ambiental da empresa, o *networking* e o apoio da rede de demanda. Ormazabal *et al.* (2018) observaram que as empresas estão mais preocupadas com seus lucros e revelaram que as i) barreiras duras podem ser superadas por incentivos fiscais e modernização tecnológica; e que as ii) barreiras humanas incluem questões de liderança da empresa ou falta de interesse do cliente.

de Jesus e Mendonça (2018) classificaram as barreiras à inovação verde e sustentável em 'duras' (fatores técnicos e econômicos) e 'leves' (fatores institucionais e sociais). Ressaltaram que as barreiras duras são cruciais, e relacionadas a tecnologia inadequada, defasagem entre projeto e difusão e falta de suporte técnico e treinamento. Entre as oportunidades, a categoria de fatores leves relacionou-se a aspectos regulatórios, associados ao aumento da legislação, normas ambientais e diretrizes de gestão de resíduos. Kirchherr *et al.* (2018) classificaram as barreiras culturais como as principais à EC no contexto da União Europeia, principalmente relacionadas à falta de interesse e conscientização do consumidor e cultura hesitante da empresa.

Mahpour (2018) concluiu que os processos de triagem, transporte e recuperação na gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) são as barreiras mais importantes no setor construtivo. Ajayi *et al.* (2015) também identificaram fatores críticos na gestão de RCD, como tratamento final de resíduos, externalidades, incompatibilidade entre gestão de resíduos e ferramentas de projeto, alto custo percebido de resíduos e cultura da indústria. Para superar essas barreiras, o estudo sugere foco na etapa de projeto; consideração de todas as etapas do ciclo de vida dos materiais; uso do *Building Information Modeling* (BIM); estratégias econômicas; legislação melhorada; pesquisa aplicada e educação.

Bilal *et al.* (2020) constataram a falta de regulamentações e leis ambientais, a falta de conscientização pública e apoio de instituições públicas na implementação da EC no setor. O foco nas barreiras da EC, com pouca ênfase no fornecimento de estratégias para superar as barreiras à inovação sustentável, enfatizou que a integração abrangente da EC e uma estrutura metodológica ainda precisam ser desenvolvidas (HOSSAIN *et al.*, 2020). O foco dos estudos sobre cadeias de suprimentos e PMEs pode subestimar ou não abranger questões relacionadas a organizações de grande porte (GUPTA *et al.*, 2020). Além disso, o setor ainda é pouco estudado para a implementação de práticas circulares, e o foco do setor está na gestão de RCD (MUNARO; TAVARES; BRAGANÇA, 2020).

A literatura apresenta diferentes classificações de barreiras e oportunidades para implementação da EC. de Jesus e Mendonça (2018) classificou em fatores técnicos, econômicos, institucionais e sociais. Kirchherr *et al.* (2018) adotaram quatro categorias de barreiras: culturais, regulatórias, de mercado e tecnológicas. Hart *et al.* (2019), adotaram barreiras culturais, regulatórias, financeiras e setoriais. Nesse estudo, optou-se por adotar cinco categorias de barreiras e oportunidades de EC: econômica, informacional, institucional, política e tecnológica.

ESTRATÉGIA DA PESQUISA

A estratégia de pesquisa consistiu em uma revisão integrativa da literatura com métodos explícitos e sistemáticos de processamento e análise de dados para proteger contra vieses e melhorar a precisão das conclusões. A revisão seguiu uma sucessão de seis etapas (TORRACO, 2005; TRANSFIELD *et al.*, 2003).

O primeiro passo foi a identificação do problema. O estudo visa dar uma visão abrangente das pesquisas acadêmicas sobre as barreiras e oportunidades para a implementação dos princípios de EC no setor construtivo. A segunda etapa determinou o protocolo desenvolvido na revisão da literatura, com base nos termos de busca estabelecidos em análise prévia da literatura (Quadro 1). Ao focar na revisão (terceira etapa) as fontes relevantes identificadas foram reduzidas de 569 para 47 artigos.

Quadro 1 – Processo da revisão na literatura acadêmica

| 1 Termos de pesquisa/Bancos de dados (nº artigos) | | |
|---|----------------|--------|
| Termos de busca | Web of science | Scopus |
| ((<i>barrier* OR obstacle* OR challeng* OR threat* OR driver* OR opportunit* OR booster*</i>) AND (" <i>circular* econom*</i> ") AND (<i>construct* OR build* OR "built environment*" OR "construction sector" OR "building sector" OR "construction industry" OR "building industry"</i>)) | 419 | 424 |
| 2 Processamento de pesquisa na literatura | | |
| Artigos duplicados: excluídos 274 artigos | 569 artigos | |
| Título/resumo/palavras-chave: excluídos 430 artigos | 139 artigos | |
| Análise de texto completo: excluídos 116 artigos | 44 artigos | |
| <i>Snowballing</i> usando as referências dos 44 artigos: inclusão de 3 artigos | 3 artigos | |
| Amostra final da análise de conteúdo | 47 artigos | |

Fonte: os autores, 2022.

A quarta etapa foi a análise de conteúdo dos dados para obter uma descrição condensada e ampla do assunto e o resultado foi triplamente categorizado (ícone, grupo e categoria) para descrever o problema. Sequencialmente, os dados foram analisados e discutidos (quinta etapa), e sintetizados em tabelas para retratar de forma abrangente o processo da revisão (sexta etapa).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados foi dividida em duas seções: i) barreiras e ii) oportunidades para a implementação da EC no setor da construção.

Barreiras da EC na construção civil

A Tabela 1 apresenta 41 barreiras identificadas nas cinco categorias, analisadas detalhadamente abaixo.

Tabela 1 – Barreiras da economia circular na construção civil

| Cat. | Grupo | Barreiras | |
|---------------|--|-----------|--|
| Econômica | Falta de incentivo em negócios circulares | 1 | Alta disponibilidade e baixos custos de matérias-primas virgens |
| | | 2 | Subdesenvolvido/falta de mecanismos de mercado para materiais secundários |
| | | 3 | Altos custos de desconstrução, separação, tratamento, transporte e armazenamento de RCD |
| | | 4 | Preços elevados de materiais/produtos reciclados/reutilizáveis |
| | | 5 | Falta de esquemas de recompensa e penalidade para operações de gestão de RCD |
| | | 6 | Negligência dos custos ambientais nos preços dos produtos |
| | Falta de ajuda financeira | 7 | Aversão financeira e risco para modelos de negócios circulares |
| | | 8 | Cultura de retornos rápidos sobre o investimento e preços altos para edifícios verdes |
| | | 9 | Custo de desenvolvimento de certificações de produtos |
| | | 10 | Altos custos de investimento de tecnologias de resíduos |
| Informacional | Falta de pesquisa, educação e informação | 1 | Percepção pública negativa |
| | | 2 | Aspectos sociais e comportamentais do consumismo moderno |
| | | 3 | Falta de publicidade e campanhas de informação |
| | | 4 | Programas e instalações de gestão ambiental limitados em instituições acadêmicas |
| Institucional | Falta de visão estratégica e plataformas colaborativas | 1 | Cadeias de suprimentos conservadoras, competitivas e fragmentadas |
| | | 2 | Cultura de produto ao invés de serviço |
| | | 3 | Falta de informações sobre DFD, design verde e produtos em fim de vida |
| | | 4 | Falta de conhecimento sobre ferramentas circulares |
| | | 5 | Aplicação insuficiente da hierarquia de resíduos (foco na reciclagem) |
| | | 6 | Falta de orientação e ferramentas para implantação/avaliação de edifícios circulares |
| Política | Falta de instrumentos regulatórios | 1 | Falta de incentivo e suporte para projetar para fim de vida |
| | | 2 | Falta de flexibilidade nos códigos e regulamentos de construção |
| | | 3 | Falta de padronização internacional das DAPs |
| | | 4 | Falta de sistema de responsabilidade baseado no produtor e estrutura regulatória para incentivar o gerenciamento integrado de recursos |
| | | 5 | Falta de um código de resíduos para orientar a gestão RCD e desencorajar o aterro |
| | Ausência de ações fiscais | 6 | Falta de um sistema tributário e qualidade padrão para materiais recuperados |

| | | | |
|-------------|--|----|---|
| | | 7 | Falta de leis para atribuir percentual mínimo de RCD para reutilização e reciclagem |
| | | 8 | Falta de zoneamento de uso do solo e planejamento urbano racional |
| | | 9 | Falta de objetivos e metas nacionais, e sistema de apoio legal com efeito vinculante |
| | | 10 | Falta de apoio à pesquisa, inovação, informação e estratégias de aquisição de negócios |
| | | 11 | Falta de supervisão adequada do governo |
| Tecnológica | Falta de processos, ferramentas e práticas integradas de RCD | 1 | Gerenciamento ineficaz de RCD |
| | | 2 | As práticas de reciclagem são frustradas pela separação limitada de materiais, barreiras logísticas e falta de processo para produzir produtos desmontáveis |
| | | 3 | Falta de ferramentas para identificação, classificação e certificação de materiais recuperados |
| | | 4 | A complexidade dos materiais e composição do edifício |
| | | 5 | Falta de geometrias espaciais padronizadas e visualização limitada para DfD |
| | Falta de um sistema de gestão de informações | 6 | Falta de desenvolvimento de projeto de construção verde eficaz |
| | | 7 | Falta de qualidade e disponibilidade de dados |
| | | 8 | Dificuldades em entender e desenvolver DAPs |
| | | 9 | Falta de documentação de produtos de construção novos e usados |
| | | 10 | Falta de conjuntos de dados e ferramentas compatíveis com BIM |

Fonte: os autores, 2022.

A categoria ‘econômica’ representou 24% das barreiras levantadas na revisão de literatura e foram agrupadas em dois grupos de acordo com as semelhanças encontradas. ‘Falta de incentivo em negócios circulares’ agrupou as barreiras relacionadas à falta de investimentos de mercado para um MNC. A principal barreira analisada é a falta de estratégias de *marketing* para a reinserção de materiais secundários. Essa dificuldade está ligada à falta de incentivos para a reutilização de materiais reciclados e aos altos preços dos materiais secundários. Além disso, os processos de reciclagem exigem altos investimentos e faltam esquemas de recompensa/penalidade relacionados à gestão de resíduos.

O mercado existente para produtos recuperados é marginal (TOMASZEWSKA, 2020). O sucesso da desconstrução de edifícios e da reutilização de componentes depende da dinâmica de oferta/demanda de materiais recuperados (AKINADE *et al.*, 2019). Tanto as atividades de um processo de desconstrução quanto as de um processo construtivo com materiais secundários demandam tempo adicional e mão de obra qualificada. Também incluem controle de origem, distribuição, garantia de qualidade, padronização, especificação, certificação, transporte, espaço de armazenamento e acesso ao mercado do produto (CHAREF *et al.*, 2019).

Desafios em relação à alta disponibilidade e baixo custo de materiais virgens e a desvalorização dos custos ambientais nos preços dos produtos foram discutidos pelos autores. Os preços dos produtos deixam de considerar os custos ambientais e sociais dos processos de fabricação, prejudicando os benefícios de avançar para a circularidade (PAIHO *et al.*, 2020). Esse contexto é dificultado por custos mais

altos e garantias baixas para fluxos de materiais secundários (TOMASZEWSKA, 2020).

No grupo ‘falta de ajuda financeira’, as barreiras relacionaram-se à falta de incentivos financeiros na implementação dos MNCs. Esse desafio está atrelado à visão linear dos modelos de negócios, à cultura de rápido retorno dos investimentos e à aversão associada aos riscos financeiros ao investir em edificações sustentáveis. Ainda não existe um único caso econômico apropriado para a implementação da EC na indústria construtiva (ADAMS *et al.*, 2017). Seus desafios associados incluem o custo do ciclo de vida, falta de incentivo ao projeto para desconstrução, implementação de novas parcerias e modelos de negócios, falta de padrões para produtos secundários, altos custos de materiais reciclados, ausência ou incentivos financeiros fracos e falta de sistemas de retorno dos fabricantes.

Outra barreira importante é o alto custo de desenvolvimento e obtenção de certificações e recertificações ambientais para materiais/produtos de construção. Andersen *et al.* (2019) enfatizaram a falta de demanda do mercado como um dos principais obstáculos ao uso de Declarações Ambientais de Produto (DAPs). Esse obstáculo está ligado à falta de conhecimento sobre documentação, altos custos e falta de sincronização das DAPs. O custo de desenvolver uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), base para as DAPs, dificulta o entendimento dos impactos ambientais causados pela fabricação e uso de um produto ou serviço.

A categoria ‘informacional’ representou 10% das barreiras relacionadas à falta de informação e conscientização sobre os princípios da EC para a sociedade. As barreiras estavam relacionadas à percepção negativa, falta de conhecimento e disseminação de ações circulares para a sociedade (CAMPBELL-JOHNSTON *et al.*, 2019). Na ausência de conscientização, a participação pública e o engajamento na defesa da agenda e dos programas de EC têm baixa representatividade. Além disso, os aspectos sociais e comportamentais do consumismo moderno valorizam a exclusividade e autenticidade dos produtos e materiais (SELMAN; GADE, 2020).

A categoria ‘institucional’ representou 15% das barreiras da revisão, as quais foram abordadas devido à natureza lenta das mudanças e às cadeias de suprimentos complexas e competitivas do setor construtivo. A compreensão do conceito de EC é uma lacuna nas dimensões organizacionais. Questões como a falta de incentivos circulares, falta de interesses mútuos entre os *stakeholders*, incertezas e choques nas percepções em todos os níveis das cadeias de suprimentos são barreiras cruciais. A adoção de uma estratégia sustentável no setor é complexa devido ao baixo número de processos produtivos padronizados.

Ao considerar que 33% dos RCD estão relacionados a estratégias de design, é necessário maior investimento para melhorar o conhecimento e as habilidades dos profissionais (ASLAM *et al.*, 2020). A falta de conhecimento sobre questões de Design para desmontagem (DfD) e FDV de materiais está relacionada a informações insuficientes sobre custos e métodos de desconstrução, aplicação insuficiente de estratégias de gestão de RCD e falta de esclarecimento sobre considerar edifícios como um serviço e não um produto.

O estabelecimento de ferramentas, sistemas de métricas e diretrizes circulares deve ser entendido como um processo transformacional, refletindo ideais normativos para evitar inconsistências e *greenwashing* (CAMPBELL-JOHNSTON *et al.*, 2019). É importante exigir que os fabricantes se responsabilizem

por seus produtos assim que chegarem ao fim de sua vida útil (ADAMS *et al.*, 2017). As questões relacionadas à responsabilidade corporativa têm efeito igualmente danoso. Devido aos interesses conflitantes presentes em muitos casos entre as partes interessadas, estabelecer confiança e cooperação representa um importante desafio (DEMESTICHAS; DASKALAKIS, 2020).

A categoria ‘política’ representou 27% das barreiras analisadas. O grupo ‘falta de instrumentos regulatórios’ abordou a falta de apoio do governo para um sistema regulatório eficiente que incentive a gestão integrada de recursos e DfD. A falta de flexibilidade nos códigos e regulamentos de construção se deve principalmente ao fato de estar focado no uso de energia na fase operacional e não contemplar a energia incorporada. Além disso, as políticas de recursos existentes enfatizam o uso eficiente dos recursos, em vez de reduzir a demanda por recursos (HOSSAIN *et al.*, 2020).

Os contratos de construção devem ser adaptados para incorporar as fases de FDV dos componentes ou da edificação, considerando a responsabilidade em função do produtor. Ainda, as seguradoras devem considerar o uso de materiais recuperados nas cláusulas (CHAREF *et al.*, 2019). A estrutura legal de padrões, testes e certificações baseados em materiais virgens precisa considerar materiais e componentes recuperados e reciclados (SELMAN; GADE, 2020). Essas questões consideram inclusive a tributação do trabalho ao invés da tributação de recursos (não renováveis) (PAIHO *et al.*, 2020).

No grupo ‘falta de visão circular’ a literatura reconhece que as principais barreiras à adoção da EC estão ligadas à ausência de visão e legislação, a falta de financiamento governamental, bem como de profissionais qualificados (AL HOSNI *et al.*, 2020).

A categoria ‘tecnológica’ (24% das barreiras de revisão) foi subdividida em dois grupos. No grupo ‘falta de processos, ferramentas e práticas integradas de RCD’ elencou-se a falta de um padrão de projeto de construção para reduzir o desperdício, baixo custo de descarte de RCD e planejamento urbano inadequado. Essas questões se correlacionam com a falta de orientação para a coleta e classificação eficazes de RCD, tecnologia de reciclagem imatura e mercado subdesenvolvido de materiais secundários (KANTERS, 2020). O mercado de gestão de resíduos é frequentemente dominado por atores que desincentivam a cooperação e a recuperação de material (NUßHOLZ *et al.*, 2019).

A realização de edifícios desmontáveis e adaptáveis apresenta barreiras devido à natureza complexa dos edifícios e à falta de conhecimento dos projetistas. Arquitetos, projetistas e construtores expressam visões conflitantes sobre o DfD, têm dificuldade em estimar e transmitir os Custos do Ciclo de Vida (CCV) para seus clientes e dependem das decisões dos proprietários (CRUZ-RIOS *et al.*, 2020). Além disso, os projetos de edifícios existentes carecem de informações e orientações suficientes sobre como eles podem ser desconstruídos.

A ‘falta de um sistema de gestão da informação’ estava relacionada à falta de transparência e disponibilidade de dados técnicos sobre os elementos construtivos, estendendo essa lacuna para as ferramentas de modelagem e banco de dados de materiais existentes. A falta de qualidade dos dados produzidos pode reduzir a confiança nas informações trocadas devido à cobertura limitada, diferentes formatos de dados, monitoramento e padrões de coleta inconsistentes. A falta de colaboração entre os *stakeholders* aumenta a competitividade e dificulta

o fornecimento de informações para o desenvolvimento do setor. Problemas relacionados à capacidade, especialmente a falta de habilidades e treinamento adequados, incluindo o uso limitado de tecnologias de informação e comunicação (TICs), representam barreira adicional (DEMESTICHAS; DASKALAKIS, 2020).

Ferramentas como DAPs e passaportes de materiais (PMs) mostram a grande quantidade de dados que uma edificação pode gerar ao longo de seu ciclo de vida. O desafio está em gerir, estruturar e armazenar essas quantidades de dados ao mapear os elementos e materiais em construção (SELMAN; GADE, 2020). O BIM pode ser usado temporariamente, mas uma grande quantidade de dados torna os modelos pesados, e novas soluções devem ser desenvolvidas.

Oportunidades de EC na construção civil

A Tabela 3 apresenta 35 oportunidades identificadas na implementação de EC no setor da construção.

Tabela 3 – Oportunidades da economia circular na construção civil

| Cat. | Grupo | Oportunidades | |
|---------------|--|---------------|---|
| Econômica | Incentivo à modelos de negócios circulares | 1 | Estabelecer um mercado físico e online para materiais recuperados |
| | | 2 | Esquemas de incentivo e garantia para produtos recuperados |
| | | 3 | Incentivar e explorar os benefícios financeiros da economia de dados e compartilhamento |
| | | 4 | Explorar os custos de técnicas de construção modulares e a escalabilidade potencial |
| Informacional | Melhorar a conscientização e a pesquisa sobre CE | 1 | Conscientização através da mídia eletrônica, campanhas de arrecadação e anúncios |
| | | 2 | Divulgação de estudos de caso de melhores práticas, seminários e <i>workshops</i> |
| | | 3 | Mais pesquisas e projetos acadêmicos de EC devem ser feitos desenvolvendo diretrizes |
| Institucional | Estabelecer uma visão estratégica e educacional | 1 | Estabelecer inspeções e auditorias no local antes da demolição para reduzir RCD |
| | | 2 | Estabelecer uma cultura de triagem obrigatória no local, coleta seletiva e tratamento dos RCD |
| | | 3 | Incentivar <i>designers</i> e construtores a utilizar RCD e priorizar o <i>upcycling</i> |
| | | 4 | Criar vínculos entre empreiteiros de demolição e estoquistas para incentivar a desconstrução |
| | | 5 | <i>Benchmarking</i> das empresas envolvidas na recuperação e venda de materiais secundários para aumentar a concorrência, oferta e diversidade de ofertas |
| | | 6 | Desenvolver responsabilidades atribuídas e cadeias de valor circulares de longo prazo entre as partes interessadas |
| | | 7 | Treinar as partes interessadas para aumentar a compreensão da EC |
| Política | Ajuda financeira pública | 1 | Desenvolver visão circular de ação nacional, regional e local com planos, objetivos e metas |
| | | 2 | Incentivo do governo para subsidiar ou criar a instalação de armazenamento compartilhado |
| | | 3 | Financiamento para inovação, pesquisa e subsídio para tecnologia |
| | | 4 | Critérios circulares na contratação pública |

| | | | | | |
|---------------------------------|--|-------------|---|---|--|
| | Ações fiscais e regulatórias | 5 | Estabelecer responsabilidade baseada no produtor ou sistema de devolução | | |
| | | 6 | Incentivos de política ou crédito em métodos/ferramentas de avaliação ambiental | | |
| | | 7 | Ações regulatórias para redução de emissões de GEE e métricas para carbono incorporado em edifícios | | |
| | | 8 | Sistema de política adequado que orienta e supervisiona a gestão de RCD | | |
| | | 9 | Redução de impostos sobre o trabalho e aumento de impostos sobre o uso de matérias-primas primárias | | |
| | | 10 | Isonções fiscais para bens produzidos por materiais secundários e edifícios com certificados verdes | | |
| | | 11 | Penalidades por não conformidade e incentivos para conformidade com os regulamentos da CE | | |
| | | 12 | Taxa de aterro mais alta | | |
| | | Tecnológica | Diretrizes e ferramentas para edifícios circulares | 1 | Colaboração antecipada e inclusão da gestão de resíduos nas ferramentas de sustentabilidade do projeto e no processo de controle de construção |
| | | | | 2 | Melhor gerenciamento de fluxos de recursos e critérios de fim de resíduos para frações específicas de RCD em canteiros de obras |
| | | | | 3 | Desenvolvimento de simbiose e tecnologias facilitadoras para a gestão de RCD |
| | | | | 4 | Desenvolvimento de orientações e ferramentas para a avaliação da circularidade da construção |
| 5 | Projeto de incentivo para adaptabilidade e desmontagem usando ferramentas de projeto | | | | |
| Sistema integrado de informação | 6 | | Melhorar a certificação de materiais recuperados para reduzir a incerteza e a falta de confiança | | |
| | 7 | | Aplicação obrigatória de ACV/CCV para todo o ciclo de vida de um edifício | | |
| | 8 | | Estabelecimento de soluções de TIC eficazes | | |
| | 9 | | Criar conjuntos de dados e explorar a viabilidade do BIM na realização de outros tipos de análise de desempenho | | |

Fonte: os autores, 2022.

A categoria de oportunidades 'econômicas' representou 11% das oportunidades da revisão. O incentivo à modelos de negócios circulares buscou direcionar o estabelecimento de um mercado (físico e digital) para materiais secundários. Implementar mercados com sistemas de controle de estoque, rastreamento de produtos, protocolos de monitoramento e publicação de informações sobre materiais recuperados que estão ou estarão disponíveis é essencial para tornar as edificações banco de materiais. Esta poderia ser uma parceria público-privada em que as autoridades fornecem apoio para o estabelecimento e operação (NORDBY, 2019).

Os dados emergentes e a economia de compartilhamento foram identificados como facilitadores para o desenvolvimento da EC. Na economia de dados, projetos e iniciativas são baseados em MNCs que usam bancos de dados para criar produtos e serviços (PAIHO *et al.*, 2020). O passaporte de materiais (PM) é um exemplo de modelo de negócios para a gestão de recursos em uma edificação que utiliza a economia de dados de forma financeiramente atraente (MUNARO; TAVARES, 2021). A economia do compartilhamento aproveita a subutilização de escritórios e

residências para proporcionar a otimização do uso dos ativos, receita adicional, redução de custos para proprietários e operadores.

A categoria ‘informacional’ representou 9% das oportunidades da revisão destinados a melhorar a comunicação, conscientização e a pesquisa do público sobre a EC. A transição circular exige mudança de mentalidade e nenhuma mudança pode ser praticada sem o envolvimento do consumidor (TOMASZEWSKA, 2020). Essa transição também depende de esforços significativos de pesquisa e desenvolvimento. As esferas governamentais devem apoiar as empresas a investir em projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, promovendo parcerias entre centros de pesquisa, universidades e empresas.

A categoria ‘institucional’ (20% das oportunidades) agrupou questões que incentivam a desconstrução e a recuperação de materiais de construção. Um programa educacional que promova a separação e coleta de resíduos nos canteiros de obras é o primeiro passo, principalmente nos países menos desenvolvidos. A criação de parcerias e simbioses industriais para promover sistemas circulares apoiando circuitos fechados e criando redes de resíduos e subprodutos deve ser estimulada (HOSSAIN *et al.*, 2020). As equipes de projeto devem trabalhar de forma integrada, desde o estágio conceitual até a entrega do projeto. É importante esclarecer as implicações da EC para os diferentes *stakeholders* da cadeia construtiva por meio de educação, treinamento e pensamento visionário (GHISELLINI *et al.*, 2018).

Nas oportunidades ‘políticas’ (34% das oportunidades), o grupo ‘ajuda financeira pública’ demonstrou ferramentas políticas para apoiar a implementação da EC na construção. Uma visão holística de longo prazo que declare as ambições circulares da cidade ou Estado é necessária como ponto de partida para qualquer ação voltada para a transformação circular. Um dos métodos mais eficazes que um governo pode empregar é usar critérios de EC nas compras públicas (PAIHO *et al.*, 2020). As cidades podem comprar produtos feitos de materiais secundários ou projetados para serem reparados e reutilizáveis, incentivando a demanda por inovações circulares (PAIHO *et al.*, 2020).

O grupo de ‘ações fiscais e regulatórias’ destacou a necessidade de regras políticas para reduzir a geração de RCD. A EC pode ser promovida por meio de leis, políticas, redução de riscos e governança rígida (SELMAN; GADE, 2020). Nordby (2019) considera que os principais fatores para aumentar o reaproveitamento de materiais de construção são as metas nacionais de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em edificações. Assim, as políticas relacionadas à construção devem facilitar a incorporação e reutilização de materiais, bem como incentivar segmentos de clientes que valorizam a redução das emissões de GEE e consideram as abordagens de circularidade como oportunidades de *marketing* (GALLEGO-SCHMID *et al.*, 2020).

A categoria ‘tecnológica’ (26% das oportunidades) foi subdividida em dois grupos. Em ‘diretrizes e ferramentas para edifícios circulares’ o foco foi em planos para demonstrar o uso dos espaços, incluindo o planejamento de desmontagem seletiva e sequencial e requisitos mínimos de durabilidade para permitir a recuperação de componentes com diferentes ciclos de vida. Uma melhor gestão de recursos começará com a triagem obrigatória no local e a coleta separada de materiais de construção ou a introdução de planos obrigatórios de gestão de RCD. Essa prática também aumentará a simbiose com empresas comprometidas com a

recuperação e comercialização de recursos, para aumentar a concorrência, oferta e diversidade (NUßHOLZ *et al.*, 2019).

Edifícios circulares exigem a adaptação dos processos construtivos às propriedades mecânicas e geométricas dos materiais disponíveis e o uso de materiais menos complexos para facilitar a reutilização ou *upcycling* (GALLEGO-SCHMID *et al.*, 2020). A pré-fabricação associada ao DfD reduz a complexidade das edificações, ampliando a capacidade de adaptabilidade, durabilidade, transportabilidade, montagem e desmontagem (CRUZ-RIOS *et al.*, 2020).

O grupo 'sistema integrado de informações' apresentou a importância das TICs para criar banco de dados e ferramentas para recuperação e rastreamento do valor residual dos materiais de construção. Gallego-Schmid *et al.* (2020) reforçam a necessidade de desenvolver e obter acesso a bancos de dados com informações sobre estoques de materiais, resíduos e mercados de materiais secundários, e o uso de BIM para rastreamento de componentes. Ferramentas como DAPs e PMS devem ser obrigatórias à medida que o nível de circularidade aumenta no setor.

IMPLICAÇÕES

As questões políticas foram as mais representativas na revisão e se concentraram no desenvolvimento de um plano de governança que promova a EC. As regulamentações governamentais e as ações fiscais são imperativas para alcançar um DfD eficaz e desempenham papel importante na atual agenda de sustentabilidade (AKINADE *et al.*, 2019). A reutilização de materiais de construção pode reduzir as emissões de GEE provenientes da produção de materiais, transporte e gestão de resíduos. O principal desafio da adoção da EC é considerar o FDV de componentes, peças e materiais durante o processo de projeto. O uso do BIM na fase de projeto, a seleção de componentes modulares ou pré-fabricados e a integração da ACV são essenciais para implementar a EC (HOSSAIN *et al.*, 2020).

O setor da construção é lento para introduzir inovações, e a falta de incentivos financeiros relacionados ao mercado de materiais secundários interfere nos baixos níveis de classificação, na eficiência de reutilização e reciclagem, bem como na adoção de uma abordagem de redução de RCD. Medidas de recompensa para projetos circulares ou penalidades nas taxas de geração de resíduos precisam ser incorporadas às políticas públicas (ASLAM *et al.*, 2020).

Apesar da falta de comunicação e conhecimento sobre as práticas circulares estarem mais relacionadas às ações governamentais, a integração entre governo, empresa e universidade é essencial para reduzir a percepção negativa do público e ampliar a demanda por edificações circulares. O uso de mídias sociais é uma ferramenta para aumentar a conscientização sobre uma sociedade mais sustentável. Além disso, tornar a circularidade parte da educação é essencial para garantir que as gerações futuras acompanhem as habilidades necessárias para operar em uma EC (PAIHO *et al.*, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo identificou as principais barreiras e oportunidades na implementação da EC na construção civil, destacando as categorias políticas e

tecnológicas na transição circular. A categoria política enfatiza a necessidade de instrumentos regulatórios, ações fiscais e uma política de governança integrada à agenda de desenvolvimento sustentável. As questões técnicas enfatizaram a falta de um plano de gestão de RCD integrado e de um sistema de gestão de informação e comunicação nas cadeias de valor da construção.

Constatou-se que o setor ainda está vinculado a três grandes questões: falta de plano de governança para EC, um programa de gestão de RCD eficiente e maior conscientização e comunicação sobre os princípios circulares. A implementação eficaz da EC requer clareza sobre como as ações circulares podem influenciar a sustentabilidade, cadeias de suprimentos, modelos de negócios e sistemas de TIC.

A principal contribuição do estudo é a análise de que somente uma ação conjunta e interdisciplinar pode promover mudanças sustentáveis no setor. Um edifício circular depende de uma estrutura político-econômica desenvolvida e de uma mudança comportamental na sociedade. A partir do momento em que a comunicação efetiva sobre a EC for implementada, apoiada por uma política de governança flexível e colaborativa com a cadeia de valor da construção, uma mudança constante e gradual será iniciada.

Este estudo possui limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, a revisão de literatura foi focada em pesquisas acadêmicas baseadas em palavras-chave. Ainda, a amostra de literatura inclui apenas artigos publicados em inglês. Haveria uma necessidade de identificar a evolução das práticas mais recentes da indústria construtiva. Ainda assim, a realização de uma pesquisa setorial poderia validar os resultados ou indicar a relevância de outros fatores na implementação da EC. Em pesquisas futuras, propõe-se levantar práticas de EC para os diferentes atores do setor. Além disso, sugere-se explorar estudos de caso que implantaram a EC em modelos de negócios circulares.

The circular economy in civil construction: main barriers and opportunities for the sector's transition

ABSTRACT

The sector construction puts pressure on natural resources. The transition to a circular system of production and consumption is crucial to reduce the environmental impacts of the sector. However, the lack of understanding of circular economy (CE) principles and the complexity of its value chain makes this transition difficult. Through a literature review, this study analyses the barriers and opportunities classified into five categories (economic, informational, institutional, political, and technological) that influence the implementation of CE in the sector. Of the results, the categories of political and technological barriers were the most representative, evidencing the need for a governance policy based on regulatory and tax actions and an integrated waste and information management system. The sector needs joint action between government and stakeholders to establish public-private partnerships and effective and segmented communication aimed at a circular transition.

KEYWORDS: Circular economy. Civil construction. Obstacles and drivers. Circular transition. Sustainable construction.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, K. T. *et al.* Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management**, v. 170(1), p. 15–24, 2017.
- AJAYI, S. O. *et al.* Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvements. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 102, p. 101–112, 2015.
- AKINADE, O. *et al.* Design for deconstruction using a circular economy approach: barriers and strategies for improvement. **Production Planning & Control**, v. 31(10), p. 829–840, 2019.
- AL HOSNI, I. S.; AMOUDI, O.; CALLAGHAN, N. An exploratory study on challenges of circular economy in the built environment in Oman. **Proceedings of Institution of Civil Engineers: Management, Procurement and Law**, v. 173(3), p. 104–113, 2020.
- ANDERSEN, S. C. *et al.* Environmental Product Declarations (EPDs) as a competitive parameter within sustainable buildings and building materials. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 323(1), p. 012145, 2019.
- ASLAM, M. S.; HUANG, B.; CUI, L. Review of construction and demolition waste management in China and USA. **Journal of Environmental Management**, v. 264(November 2019), p. 110445, 2020.
- CAMPBELL-JOHNSTON, K. *et al.* City level circular transitions: Barriers and limits in Amsterdam, Utrecht and The Hague. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 1232–1239, 2019.
- CHAREF, R.; ALAKA, H.; GANJIAN, E. A BIM-based theoretical framework for the integration of the asset End-of-Life phase. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 225(1), p. 012067, 2019.
- CRUZ-RIOS, Fernanda; GRAU, David. Design for Disassembly: An Analysis of the Practice (or Lack Thereof) in the United States. In: **Construction Research Congress 2020: Project Management and Controls, Materials, and Contracts**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2020. p. 992-1000.
- de JESUS, A.; MENDONÇA, S. Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. **Ecological Economics**, v. 145(July 2017), p. 75–89, 2018.
- DEMESTICHAS, K.; DASKALAKIS, E. Information and communication technology solutions for the circular economy. **Sustainability**, v. 12(18), p. 1–19, 2020.
- GALLEGO-SCHMID, A., *et al.* Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121115, 2020.

GHISELLINI, P. *et al.* Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 195, p. 418–434, 2018.

GOVINDAN, K.; HASANAGIC, M. A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. **International Journal of Production Research**, v. 56(1–2), p. 278–311, 2018.

GUPTA, H.; KUSI-SARPONG, S.; REZAEI, J. Barriers and overcoming strategies to supply chain sustainability innovation. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 161(November 2019), p. 104819, 2020.

HART, J. *et al.* Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. **Procedia CIRP**, v. 80, p. 619–624, 2018.

HOSSAIN, U. *et al.* Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 130(October 2019), p. 109948, 2020.

IEA. 2019 Global Status Report for Buildings and Construction. **UN Environment programme**, 2019. Disponível em: <www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>. Acesso em: 12/07/22.

ING. Rethinking finance in a circular economy - Financial implications of circular business model. **Financial implications of circular business models**, 2015. Disponível em: <www.ing.nl/media/ING_EZB_Financing-the-Circular-Economy_tcm162-84762.pdf>. Acesso em: 12/07/22.

KANTERS, J. Circular building design: An analysis of barriers and drivers for a circular building sector. **Buildings**, v. 10(4), p. 77, 2020.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127(April), p. 221–232, 2017.

KIRCHHERR, J. *et al.* Barriers to the Circular Economy: Evidence from the European Union (EU). **Ecological Economics**, v. 150(December 2017), p. 264–272, 2018.

MAHPOUR, A. Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134(December 2017), p. 216–227, 2018.

MANGLA, S. K. *et al.* Barriers to effective circular supply chain management in a developing country context. **Production Planning and Control**, v. 29(6), p. 551–569, 2018.

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 2020.

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F. Materials passport's review: challenges and opportunities toward a circular economy building sector. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 11, n. 4, p. 767-782, 2021.

NORDBY, A. S. Barriers and opportunities to reuse of building materials in the Norwegian construction sector. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 225, p. 012061, 2019.

NUßHOLZ, J. L. K.; RASMUSSEN, F. N.; MILIOS, L. Circular building materials: Carbon saving potential and the role of business model innovation and public policy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 141, p. 308–316, 2019.

ORMAZABAL, M. *et al.* Circular Economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, p. 157–167, 2018.

PAIHO, S. *et al.* Towards circular cities — Conceptualizing core aspects. **Sustainable Cities and Society**, v. 59(September 2019), p. 102143, 2020.

RIZOS, V. *et al.* Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. **Sustainability**, v. 8(11), 2016.

SELMAN, Ayser Dawood; GADE, Anne Nørkjær. Barriers of incorporating circular economy in building design in a Danish context. In: **Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) Annual Conference**. 2020. p. 665-674.

TOMASZEWSKA, J. Polish transition towards circular economy: Materials management and implications for the construction sector. **Materials**, v. 13(22), p. 1–17, 2020.

TORRACO, R. J. Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. **Human Resource Development Review**, v. 4(3), p. 356–367, 2005.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14(3), p. 207–222, 2003.

VERMUNT, D. A. *et al.* Exploring barriers to implementing different circular business models. **Journal of Cleaner Production**, v. 222, p. 891–902, 2019.

WEF. Towards the Circular Economy: Accelerating the Scale-up across Global Supply Chains, **World Economic Forum**, Geneva, 2014.

Recebido: 13/07/2022

Aprovado: 28/07/2022

DOI: 10.3895/rts.v18n53.15726

Como citar: MUNARO, M.R.; TAVARES, S.F. A economia circular na construção civil: principais barreiras e oportunidades para a transição do setor. **Rev. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 18, n. 53, p. 54-71, seção temática, 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/15726>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

