

## A ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

**Geovana Cristina Secco Garcia<sup>(1)</sup>**

Arquiteta e Urbanista (UCS). Especialização em Edificações Sustentáveis (UCS) e Economia Circular (UFRGS) (geo.secco@gmail.com)

**Vania Elisabete Schneider<sup>(2)</sup>**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / Instituto de Pesquisa Sobre Desastres / Universidade Federal de Sergipe (veschnei@ucs.br)

Endereço<sup>(1)</sup>: Rua Carlos Barbosa, 592 - Rio Branco - Caxias do Sul - São Paulo - Rio Grande do Sul CEP 95099-100 - Brasil - Tel: +55 (54) 99948-7494 - e-mail: [geo.secco@gmail.com](mailto:geo.secco@gmail.com)

### RESUMO

O papel da indústria da construção civil é bastante relevante no que se refere aos impactos ambientais causados globalmente, com destaque para extração de recursos e geração de resíduos de construção e demolição. A economia circular (EC), que está crescendo atualmente em diversos segmentos, passa também a ser discutida neste setor. Este estudo tem como objetivo avaliar a produção científica em nível mundial sobre a economia circular na construção civil. Para isso, investigaram-se os documentos publicados na base de dados *Scopus* de 2010 a 2020. A pesquisa aponta as principais fontes de publicação, os autores que mais publicam no tema e os países de origem, bem como os tipos de documentos e a produção anual. Como principais resultados, percebe-se que as publicações aumentaram significativamente a partir de 2016 em uma curva em ascensão, e que o continente europeu se destaca por fornecer o maior número de publicações. Nota-se que a relação EC e construção civil é discutida há pouco tempo, e por ser um tema em crescimento abre possibilidades para pesquisas em diversos tópicos associados. O estudo no entanto deverá ser atualizado para os últimos 5 anos no sentido de verificar se essa tendência de evolução na produção de conhecimentos na área se mantém.

**PALAVRAS-CHAVE:** economia circular, construção civil, análise bibliométrica, resíduos da construção civil

### INTRODUÇÃO

A economia circular é um conceito que deriva de várias vertentes de pensamentos e que demonstra crescimento nos últimos anos devido à emergência no cuidado em relação às causas ambientais. O conceito vem sendo discutido desde os anos 60, mas sem muitos avanços devido ao modelo linear predominante (extrair, produzir e descartar), onde a demanda da humanidade sobre o planeta, expressa por sua pegada ecológica, excede a biocapacidade da natureza (WEETMAN, 2019). Foi através da China nos anos 2000 e depois com o Ellen MacArthur Foundation (EMF) em 2010 que o tema, passou a ter destaque na literatura (SUTTIE et al., 2017). Deriva pois da EMF um dos conceitos mais disseminados em relação à EC: “um sistema industrial que é restaurador ou regenerativo por intenção e design” (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Murray, Skene e Haynes (2017) afirmam que a economia circular não é apenas uma abordagem preventiva para reduzir a poluição, mas também, visa reparar danos anteriores projetando melhores sistemas dentro da entidade da indústria em si. Para Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016) o objetivo final da promoção da CE é a dissociação das questões ambientais da pressão do crescimento econômico, o que reforçam as Nações Unidas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), muito relacionados à economia circular, por dissociar crescimento econômico da deterioração ambiental; ampliar a eficiência no uso de recursos e tecnologias limpas na indústria (LUZ, 2017). Originada de pensamentos mais antigos como Economia de Desempenho, Biomimética, Ecologia Industrial, Capitalismo Natural e Economia Azul, a EC segue se fortalecendo com ideias mais atuais como o conceito “*Cradle to Cradle*”. Segundo Mangialardo e Micelli (2018), na economia circular os resíduos “são mantidos em uso, mantendo seu valor e contribuindo para uma redução substancial na extração de materiais virgens.

A indústria da construção tem papel significativo no que tange aos impactos ambientais, sendo que cerca de 40% dos resíduos do mundo provêm desse setor (UNEP, 2018 apud ARORA et al., 2019). Conforme Nagalli (2014) as escolhas de materiais ou processos produtivos, ainda na fase de concepção de projeto, acarretam problemas crônicos e de difícil solução. Segundo Suttie et al. (2017) os impactos surgem ao longo do ciclo de vida dos materiais de construção e vão além do pós-uso.

Diante deste cenário, o conceito de economia circular (EC) aplicado em diversos segmentos, também se aproxima da construção civil, como estratégia para atenuar essa situação. O foco da EC, baseada na circularidade de materiais, demonstra uma solução para reduzir a extração de matérias virgens e o desperdício, mantendo o valor do material pelo máximo de tempo em uso.

Segundo Minunno et al. (2018), “os conceitos de redução, reutilização, e reciclagem de materiais e componentes já foram aplicados com sucesso em vários produtos [...], mas em menor grau para edifícios e seus componentes. Acerca da destinação final de resíduos, Finch e Marriage (2019), relativamente às estratégias de eliminação de resíduos baseadas na EC, [...] “os elementos que compõem um determinado produto devem poder ser reciclados sem perda de valor, reutilizados diretamente ou reintegrados a um meio biológico natural [...] sem prejudicar os sistemas orgânicos ou humanos.” No setor da construção, “a reciclagem é a estratégia comum para usar materiais de construção obsoletos, mas envolve energia para reprocessamento. Em vez disso, a reutilização tem o potencial de reduzir os impactos ambientais da construção ainda mais com relação à reciclagem, porque menos energia é gasta [...]” (BRÜTTING et al., 2019). Segundo Ghisellini, Ripa e Ulgiati (2018), a reutilização de materiais é pouco descrita na literatura, (apenas 4% das pesquisas), em contrapartida redução responde por 42% e a reciclagem atinge 24% dos estudos.

Tendo em vista a quantidade de resíduos gerada pela indústria e a valorização dos resíduos dentro da EC, iniciativas nesse aspecto podem ser alternativas econômica e ambientalmente benéficas ao setor da construção civil. Trata-se de repensar o fim da vida útil de um edifício, evitando a extração de recursos virgens. Dessa forma, que cada edificação possa se tornar um “banco de materiais”, que para Leising, Quist e Bocken (2018) “refere-se ao fato de que os materiais são armazenados temporariamente num edifício e serão reutilizados novamente a longo prazo”. Segundo Hopkinson et al. (2018), na perspectiva de uma economia circular, os edifícios ao final de sua vida útil devem ser encarados como verdadeiros bancos de materiais e produtos, passíveis de desconstrução seletiva e reaproveitamento. Essa visão pressupõe o desenvolvimento de sistemas de construção mais preparados para incorporar materiais reutilizados, além da existência de processos eficientes e de baixo custo para a segregação, remanufatura e reutilização de componentes.

Abordagens diferentes, daquelas tradicionalmente utilizadas atualmente na construção civil, devem ser tomadas para que se possa migrar para “edifícios circulares” termo usado por Pomponi e Moncaster (2017) para definir um edifício “projetado, planejado, construído, operado, mantido e desconstruído de maneira consistente com os princípios da CE.” Segundo Hopkinson et al. (2018):

Como já exposto, na EC é dada a devida relevância ao projeto, o que se aplica também à área da construção. Segundo Suttie et al. (2017) “desde meados dos anos 90, ficou claro que designers e arquitetos tinham um papel crucial na criação de edifícios de baixo carbono”, e completa dizendo que se destinaram a esses profissionais ferramentas para que sejam tomadas opções de sustentabilidade na fase do projeto. Nesta mesma linha, afirmam também que: “a economia circular começa no início da vida de um edifício - portanto, a fase de projeto e o processo de produção de um edifício desempenham um papel importante na minimização do uso de recursos e geração de desperdício”.

A importância de um planejamento para o fim da vida útil do edifício ainda no projeto se torna de extrema importância e vem junto com conceitos como design para desmontagem e adaptabilidade (DfD/A). A implementação da ISO internacional 20887:2020 “Sustainability in buildings and civil engineering works- Design for disassembly and adaptability - Principles, requirements and guidance”, publicada no início de 2020, a qual orienta para o design da desmontagem e adaptabilidade, evidencia um crescimento da visibilidade da EC na construção civil e um auge do tema na literatura. Um dos tópicos apresentados na ISO é o apoio a modelos de negócios de reutilização. Esse princípio, fala da economia circular em especial, e seu incentivo à reutilização, reforma, remanufatura e reciclagem de produtos e materiais. A ISO traz orientações aos vários atores envolvidos nessa atividade como arquitetos, engenheiros, construtores, entre outros, a respeito de práticas para garantir uma valorização de um edifício ao longo de todo seu ciclo de vida, inclusive após o término de sua vida útil, através da aplicação dos dois conceitos (design para adaptabilidade e para desmontagem).

De acordo com Arge (2005) citado por Kyrö, Jylhä e Jylhä (2019) “a adaptabilidade é uma propriedade importante em edifícios, como forma de evitar a obsolescência precoce e, portanto, promover a sustentabilidade”. Se a adaptabilidade é aplicada durante o uso, a desmontagem é tratada ao final da vida do edifício. Para Mangialardo e Micelli (2018), nesta fase, os elementos devem ser passíveis de desmontagem e reaproveitados, dessa forma conservando seu valor por mais tempo. Todavia, o autor alerta que isso implica em um “novo mercado para produtos e materiais recuperados”.

Pomponi e Moncaster (2018) dão destaque ao artigo *The Circular Economy in the Built Environment* (ARUP, 2016), destacado também, por outros autores desta pesquisa (LEISING, 2017; CAMPBELL, 2018; MANGIALARDO e MICELLI, 2018; HART ET AL., 2019), o qual aborda o conceito de construir em camadas destacando que “[...] cada elemento pode ser facilmente separado e removido”. Também tratada na ISO 20887, essa forma de construir gera independência entre os sistemas de um edifício, proporcionando flexibilidade.

Minunno et al. (2018), ao tratar do fim de vida dos edifícios afirma que hoje: “a demolição é preferida à desconstrução”, já que muitos materiais têm como destino os aterros ou incineração, no final ou mesmo durante a construção da obra, portanto ao eliminar o desperdício se elimina perdas financeiras. Segundo Akanbi et al. (2019) “isso ocorre porque o utilização de resíduos da construção, demolição e outros processos de produção reduz o custo de construção e garante a preservação da energia incorporada dos materiais”.

De fato, há uma significativa complexidade no setor da construção e isso pode implicar em muitos desafios, como por exemplo, nas técnicas construtivas atuais aplicadas. Quando se fala em *DfD/A* (*design for disassembly and adaptability*) relaciona-se com técnicas já disponíveis no mercado como a pré-fabricação, citada por Minunno et al. (2018) como sendo a maneira de ultrapassar obstáculos “ao projeto para desmontagem, promovendo a adaptabilidade, e reutilização de componentes.” O autor complementa apontando os obstáculos que dificultam a aplicação da EC em edifícios tradicionais: “natureza monolítica, aspectos arquitetônicos que levam à falta de medidas padrão e uma cadeia de suprimentos de circuito fechado subdesenvolvida”.

Diante do exposto e segundo a Ellen MacArthur Foundation (2013) a abordagem circular, ao diminuir a necessidade do uso de recursos e a submissão aos preços destes, “oferece uma via para um crescimento resiliente”. Como preveem Mangialardo e Micelli (2018) “no futuro, a disponibilidade e o preço de mercadorias, recursos e material serão cada vez mais escassos e caros”. Isso demonstra a importância da valorização do material em todo ciclo de vida do edifício, e que é fortemente abordado na EC.

Conforme Van Stijn e Gruis (2019) o design voltado ao fechamento dos ciclos de recursos considera, desde sua concepção, o destino final dos materiais utilizados, priorizando que sejam recicláveis ou biodegradáveis ao término de sua vida útil. No entanto, a reciclagem, o destino final do resíduo mais aplicado na sociedade atual, é o último processo indicado dentro da EC segundo Ellen MacArthur Foundation (2013): “os processos de reciclagem atuais são tipicamente ciclos longos ou soltos que reduzem a utilidade do material ao seu nível mais baixo de nutrientes [...]”. Para a fundação, o modelo circular propõe uma abordagem inversa, na qual as atividades de recuperação seguem múltiplos ciclos, priorizando ações como o reparo, a reforma de produtos e a remanufatura de componentes técnicos, antes de recorrer à reciclagem como solução final.

Assim sendo, este estudo trata de uma revisão do estado da economia circular na indústria da construção civil e sua contextualização dentro do setor trazendo as principais contribuições da academia acerca desse tema e as tendências quanto a sua utilização enquanto parâmetro de análise para a sustentabilidade deste importante segmento socioeconômico.

## OBJETIVOS

Avaliar o estado da arte da economia circular no mundo, no período de 2010 a 2020, através de análise bibliométrica da produção científica sobre a EC na construção civil.

## METODOLOGIA UTILIZADA

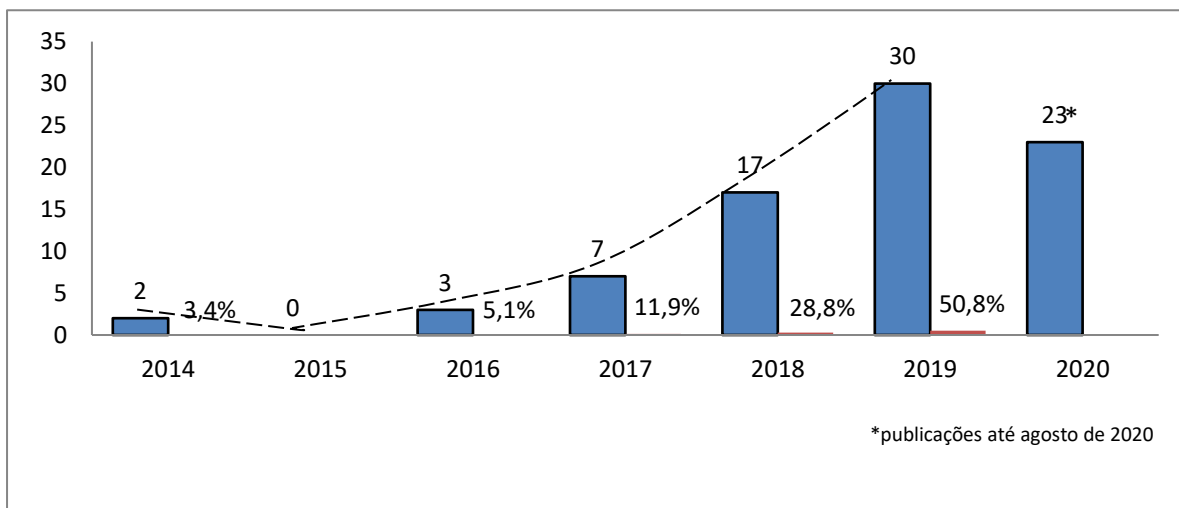
Este estudo se utiliza da bibliometria que segundo Fonseca (1986) é a parte da bibliografia que se ocupa da medida ou quantidade de referências aplicada a uma pesquisa ou, como se refere Araújo (2006): “técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico”. Quanto ao tipo se classifica como pesquisa bibliográfica uma vez que “procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em artigos, livros, dissertações e teses” [...], busca o domínio do estado da arte sobre determinado tema” (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, 2006). O estudo bibliométrico teve por objetivo avaliar a evolução e a relevância do tema economia circular na construção civil em publicações no período compreendido entre 2010 a 2020. A base de dados *Scopus* foi selecionada para a busca de publicações utilizando-se palavras em língua inglesa, por se tratar de uma análise mundial. A procura foi definida através do termo “*circular economy*” (economia circular) em conjunto com outras palavras relacionadas à construção civil, entre eles “*construction sector*” (setor da construção), “*construction industry*” (indústria da construção), “*architecture*” (arquitetura), “*built environment*” (ambiente construído). Ao final, definiu-se a pesquisa por “*circular economy AND building*”, por serem as palavras que originaram maior número de trabalhos. Após foi aplicado filtro nas publicações selecionando-se as áreas de “*engenharias*”. Configurou-se, por fim, a pesquisa com o resultado de 271 documentos encontrados. Através da leitura de resumos, foram descartados aqueles que não se enquadravam no objetivo da pesquisa.

Ao final foram selecionados 59 artigos para leitura e análise bibliométrica. Nos gráficos das análises de resultados, não foram computadas as publicações de 2020 (exceto produção anual), pelo fato deste ano ainda não ter sido finalizado no momento da realização da pesquisa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da quantidade de documentos publicados por ano, referentes ao tema está apresentada na figura 1, onde é possível observar o crescimento acelerado de publicação de pesquisas nos últimos anos. Apesar da busca ter iniciado em 2010, só a partir de 2014 foram encontrados resultados, com 2 publicações (3,4%). Em 2015, nenhum documento foi identificado, voltando a ter resultados no ano de 2016, onde foram encontrados 3 estudos (5,1%). Esse número passou para 7 (11,9%) em 2017, e em 2018 já eram 17 (28,8%), passando para 30 (50,8%) documentos publicados em 2019. Evidencia-se pelos dados um aumento expressivo de ano para ano, como se observa na curva em ascendência, onde os resultados de 2019 ultrapassam o dobro de todos os anos anteriores. O número de pesquisas publicadas no ano de 2020 está apresentado apenas para efeito de prospecção de estudos. Até o mês de agosto do citado ano foram encontradas 23 publicações, o que demonstra um número maior que todo ano de 2018 e quase a soma de 2017 e 2018. Isso sugere uma tendência de contínua elevação de publicações a respeito deste tema nos anos seguintes.

Suttie et al. (2017) discute a participação científica sobre o tema economia circular, e embora não trate especificamente da relação EC e construção civil, é possível perceber alguns dos motivos do crescimento do tema, de maneira geral, nos últimos anos. O autor destaca que mesmo o conceito de EC derivar dos anos 60, este só começou a ser discutido a partir dos anos 2000, devido à China tornar a EC uma política nacional. Outro propulsor seria a criação da fundação Ellen MacArthur (EMF) na Europa, em 2010, especialista no tema.



**Figura 1: Quantidade de artigos publicados por ano**

**Fonte: Gráfico elaborado pelo autor a partir dos filtros aplicado na base Scopus.**

Segundo o autor a partir deste momento, “aumentou notavelmente o interesse no conceito de economia circular”. Além das questões políticas, pode-se destacar também a pressão pela preservação ambiental em todo mundo, tendo em vista o grande impacto que a construção civil causa no meio natural. Como afirmam Bourke e Kyle (2019) “o principal impulsionador e motivador para avançar em direção a um modelo de economia circular no início do século 21 foi o imperativo ambiental e ecológico em face aos recursos cada vez mais escassos.”

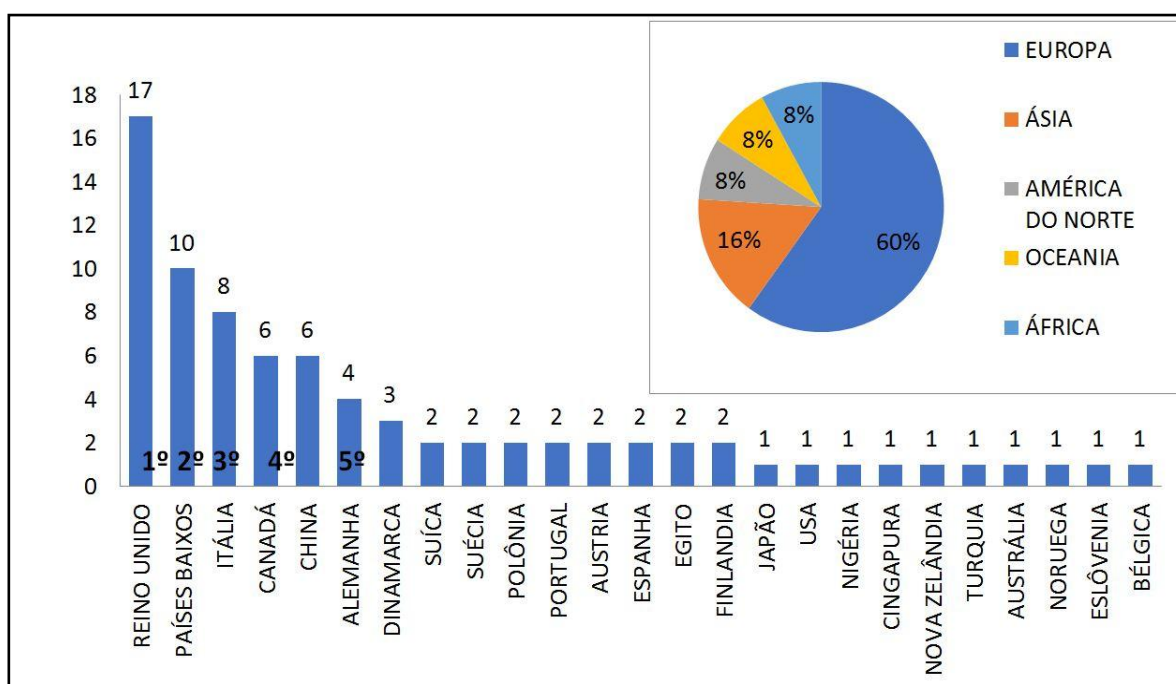
Outro motivo do avanço das publicações em EC poderia se explicar pela questão econômica, sendo que um dos motivos seria o avanço dos preços das matérias-primas, “empurrando a indústria da construção para alternativas eficientes em termos de recursos de materiais de fabricação por exemplo, reutilização ou reciclagem para reduzir custos de produção” (A. KYLILI e P. A. FOKAIDES, 2017 apud EBERHARDT; BIRGISDOTTIR; BIRKVED, 2019). Segundo Adams et al. (2017), a EMF (2015) calcula que a “aplicação da economia circular até 2030, poderia gerar uma economia de £ 300 bilhões em recursos, incluindo energia”.

Na análise dos artigos publicados por país (Figura 2), evidencia-se que o país que lidera é o Reino Unido (17 publicações), seguido de Países Baixos (10 publicações), Itália (8 publicações), posteriormente Canadá e China (6 publicações) e Alemanha, 4 publicações.



Dos 25 países listados, 15 são europeus, o que coloca este continente como uma liderança nas publicações sobre EC e construção civil (60% do total de países). As políticas para incentivar a EC na Europa, a coloca nessa posição de destaque, entre elas pode-se citar o *Pacote de Economia Circular*, um plano criado em 2015 pela Comissão Europeia que “inclui medidas que ajudarão a estimular a transição da Europa para a CE, impulsionarão competitividade e fomentarão o crescimento econômico sustentável” (BOURKE; KYLE, 2019). O pacote abrange cinco setores prioritários, entre eles o de construção e demolição. Segundo Stahel (2017) o objetivo do pacote EC é “manter o valor dos produtos, materiais e recursos pelo maior tempo possível, minimizando a geração de resíduos”.

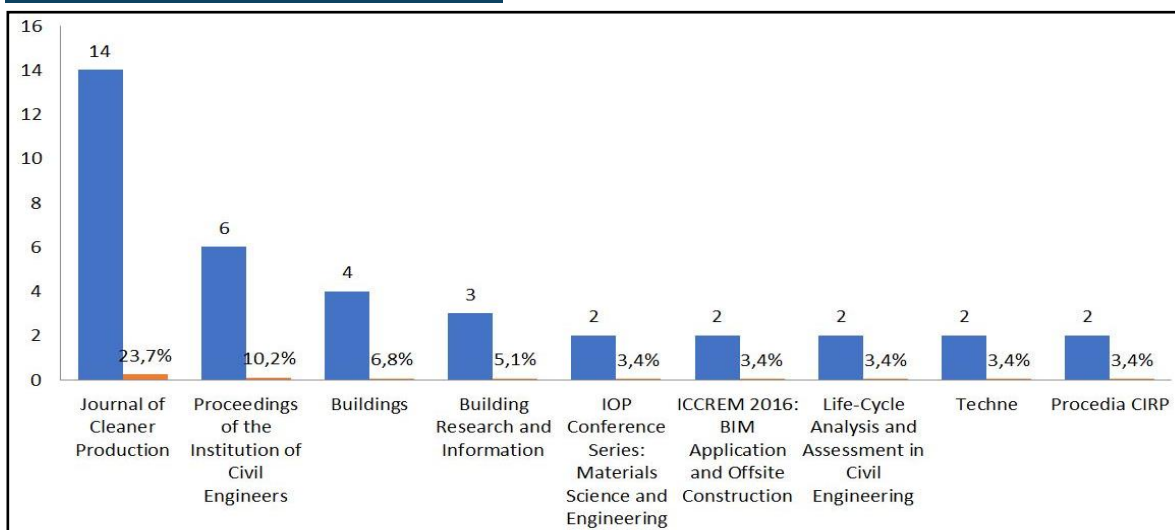
O ranking dos continentes é seguido por Ásia (16%), com a China em evidência no 4º lugar. Segundo Ghisellini; Cialani e Ulgiati (2016) “a transição para a CE na Europa principalmente parece estar ocorrendo como uma abordagem de baixo para cima, como por exemplo, iniciativas de organizações ambientais, sociedade civil, ONGs, etc.”, o que já se torna diferente da abordagem de cima para baixo que acontece na China. Em seguida, está América do Norte (8%), com ênfase ao Canadá em 4ª posição. Bourke e Kyle (2019) afirmam que no Canadá, o “Smart Prosperity Institute produziu uma cartilha que liga as políticas existentes sobre mudanças climáticas e crescimento limpo aos princípios da EC.” Neste grupo, a grande potência mundial EUA aparece somente em 17ª posição com apenas uma publicação. Chama a atenção, também, o fato da América do Sul não ter nenhum país representante nesta análise até o final do ano 2019. No entanto, procurou-se identificar se em 2020, apesar das publicações deste ano não haver sido contabilizado nos gráficos da análise bibliométrica pelo ano não ter sido finalizado, se algum país desse subcontinente teria publicado. Constatou-se, então, 2 artigos publicados do Brasil, ambas pesquisas de revisões sistemáticas de literatura (MUNARO; TAVARES; BRAGANÇA, 2020 e BENACHIO; FREITAS; TAVARES, 2020).



**Figura 2: Quantidade de artigos publicados por país e percentual de países por continente**  
 Fonte: Gráfico elaborado pelo autor a partir dos filtros aplicado na base Scopus.

Por fim, estão os continentes da Oceania e África, que como a América do Norte, também apresentam 8% em relação ao total de países que mais publicaram. Isso demonstra uma igualdade na representatividade de países em publicações nesses três continentes.

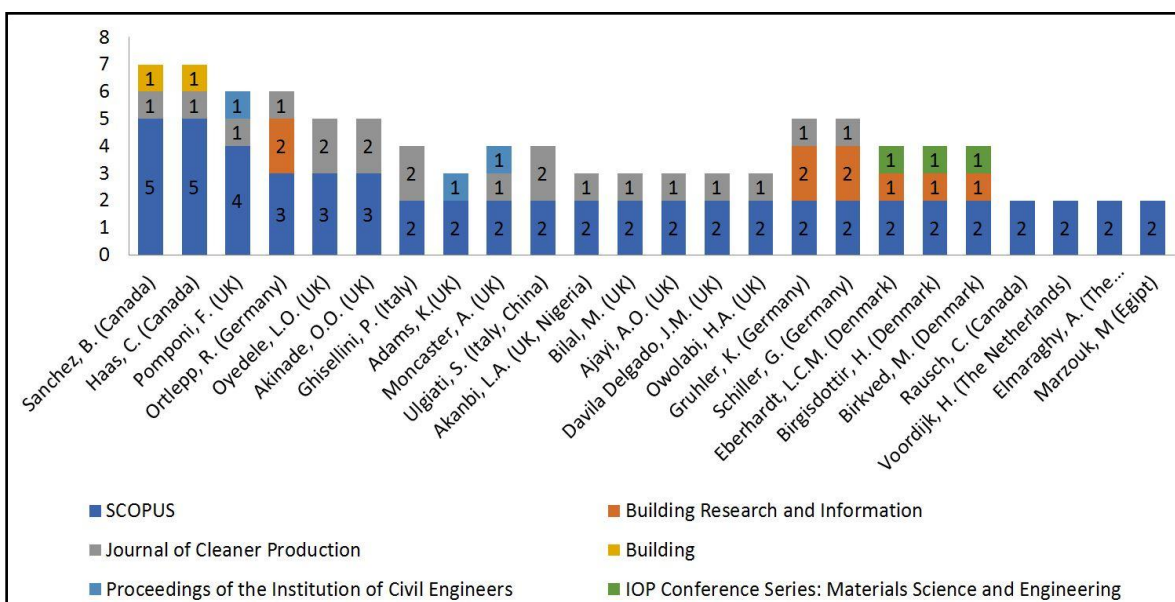
A análise dos periódicos que tiveram mais de duas publicações (Figura 3) apresenta, em primeiro lugar, com mais que o dobro que o segundo colocado, com 23,7% de todas as publicações listadas nesta pesquisa o *Journal of Cleaner Production* (14 publicações). Em segundo lugar, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* (6 publicações), seguido de *Buildings* (4 publicações) e *Building Research and Information* (3 publicações). Em seguida, estão *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*; *ICCREM 2016: BIM Application and Offsite Construction*; *Life-Cycle Analysis and Assessment in Civil Engineering*; *Techne* e *Procedia CIRP*, todos com 2 publicações.



**Figura 3: Quantidade de artigos publicados por periódico**

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor a partir dos filtros aplicado na base *Scopus*.

Quanto aos principais autores com 2 ou mais artigos publicados, os resultados estão apresentados na Figura 4. Destacam-se nos três primeiros lugares Sanchez, B. E Haas, C. (Canadá), com 5 publicações, em seguida, Pomponi, F. (Reino Unido) com 4, Ortlepp, R. (Alemanha), Oyedele, L.O. e Akinade, O.O. (Reino Unido) com 3 publicações. Os demais autores expostos apresentam 2 publicações. Foi citada também, neste gráfico, a quantidade de artigos de cada autor que pertencem aos periódicos que mais publicaram. Neste caso, nota-se a presença dos 5 primeiros periódicos. A maioria dos autores, exceto 4 deles, possui seus artigos pertencentes a pelo um desses 5 periódicos: *Building Research and Information*, *Journal of Cleaner Production*, *Buildings*, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* e *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. Sendo que todos os 6 primeiros autores colocados (que publicaram 3 ou mais artigos), tem ao menos uma publicação no *Journal of Cleaner Production* (1º lugar, conforme figura 3).



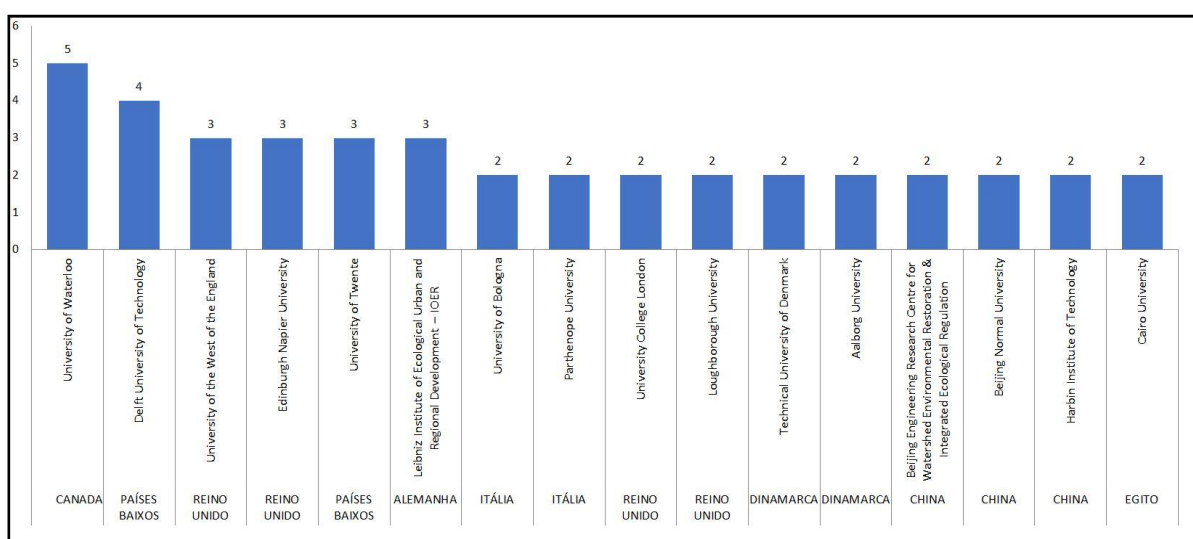
**Figura 4: Quantidade de artigos publicados por autor e pelos principais periódicos**

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor a partir dos filtros aplicado na base *Scopus*

De todos autores que mais publicaram, 79% são europeus, representados pelo líder em publicações Reino Unido, seguidos por Alemanha, Dinamarca, Itália e Países Baixos. O restante faz parte da América do Norte (13%) representado por Canadá, em seguida aparecem aqueles autores pertencentes à África (8%), da Nigéria e do Egito e por fim estão os representantes da Ásia (4%), especificamente, da China. O destaque ao Reino Unido

deve-se à suas iniciativas quanto à EC, como a já comentada Ellen MacArthur Foundation e seus projetos, entre outras, como a publicação do BS8001, primeiro padrão do mundo na economia circular, pelo British Standards Institute (BSI) e que através disso, segundo Pomponi e Moncaster (2018) “coloca claramente a Grã-Bretanha em uma posição forte para liderar o campo.”

Na Figura 5 são apresentadas as instituições que mais publicaram no período. A *University of Waterloo* (Canadá) lidera com 5 publicações, após com 4 está a *Delft University of Technology* (Países Baixos). Em seguida, destacam-se com 3 publicações *University of the West of the England* e *Edinburgh Napier University* (Reino Unido), *University of Twente* (Países Baixos) e *Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development – IOER* (Alemanha). Em seguida, com 2 publicações, aparecem a *University of Bologna* e *Parthenope University* (Itália); *University College London* e *Loughborough University* (Reino Unido), *Technical University of Denmark* e *Aalborg University* (Dinamarca), *Beijing Engineering Research Centre for Watershed Environmental Restoration & Integrated Ecological Regulation*, *Beijing Normal University* e *Harbin Institute of Technology* (China), além da *Cairo University* (Egito). Pode-se perceber que a maioria das universidades pertencem aos seis primeiros países selecionados neste estudo por possuírem mais publicações (Figura 2), exceto 3 instituições pertencentes à Dinamarca e Egito.

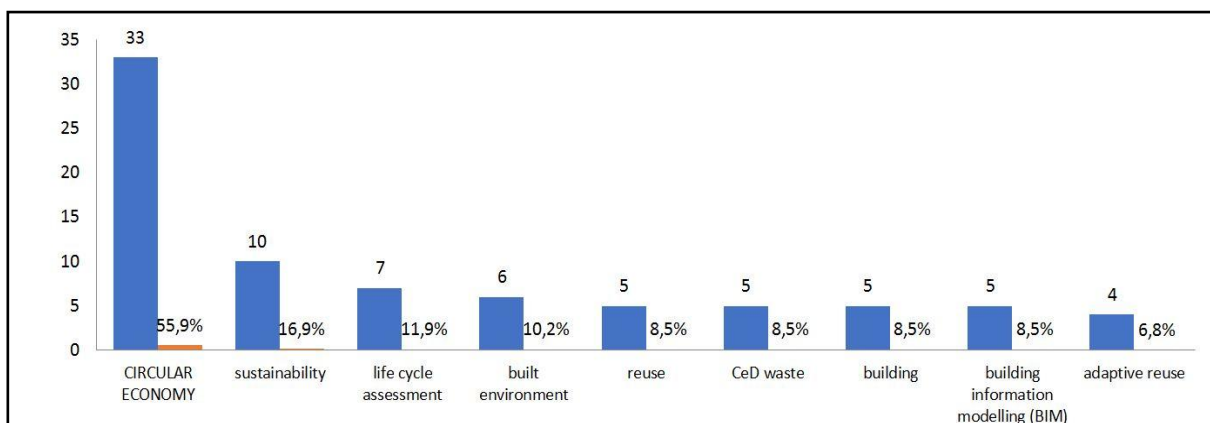


**Figura 5: Quantidade de artigos publicados por instituição**  
**Fonte: Gráfico elaborado pelo autor a partir dos filtros aplicado na base Scopus**

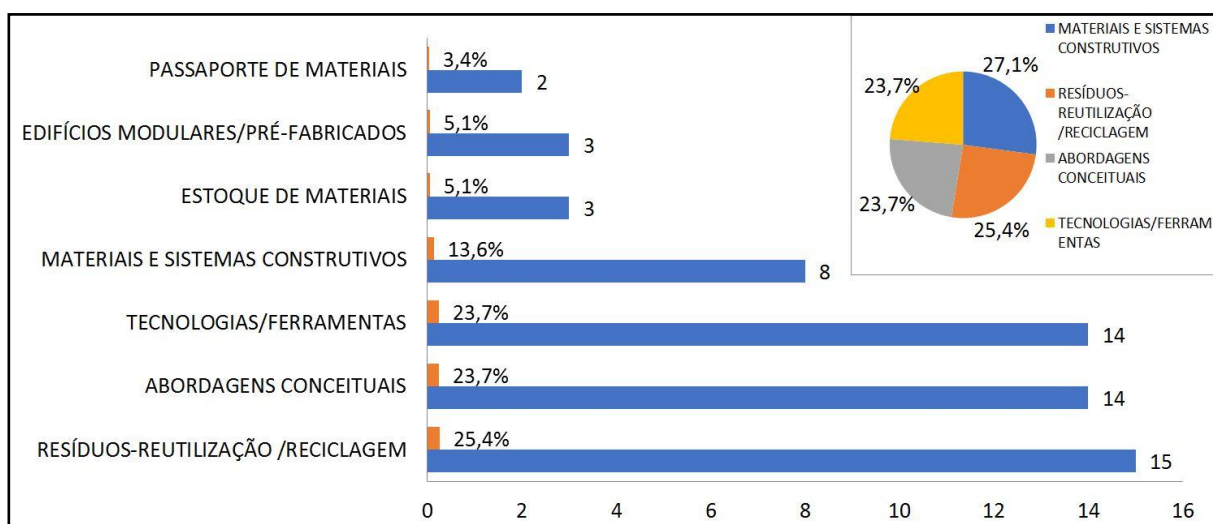
Os resultados referentes às palavras-chaves, consideradas as que estavam presentes em 3 publicações ou mais está apresentada na Figura 6. O termo *circular economy*, responsável pelas buscas da pesquisa na base de dados pertence a 33 artigos, o que significa 55,9% do total de publicações. Em seguida, aparecem *sustainability* (sustentabilidade) com 10 artigos (16,9%); *life cycle assessment* (avaliação de ciclo de vida) com 7 (11,9%) e *built environment* (ambiente construído) com 6 publicações (10,2%). Em seguida, *reuse* (reutilização) e *CeD waste* (resíduos de construção e demolição), *building* (construção) e *Building Information Modelling (BIM)* com 5 (8,5%), e ainda, *adaptive reuse* (reutilização adaptativa) com 4 publicações.

Mesmo “*buildings*” sendo a palavra que juntamente com “*circular economy*” originou esta pesquisa, esta aparece somente em 7ª posição como palavra-chave. Antes dela, encontram-se termos gerais como sustentabilidade e ambiente construído, e o termo que se refere ao desafiador problema do setor, resíduos da construção e demolição. Ainda destacam-se termos com ênfase na aplicação da EC como avaliação de ciclo de vida (em um importante terceiro lugar), *Building Information Modelling (BIM)* e reutilização. A predominância destas palavras-chave transmite a existência de uma relação valiosa com economia circular, sugerindo que pode ser dada atenção especial a essas expressões em novas pesquisas.

Por fim, foi realizado um paralelo entre o número de produções científicas por conteúdo, de acordo com o objetivo de cada publicação, como demonstra a figura 7. Em primeiro lugar ficou o grupo “resíduos-reutilização/reciclagem” com 15 publicações (25,4%) que trata da recuperação dos resíduos da construção. Dessa forma, fica claro que ao se falar de EC e construção civil, a destinação final dos resíduos gerados pela construção e demolição para minimização dos impactos ambientais precisam ser revistos para que se alcance maior circularidade neste setor.



**Figura 6: Quantidade de palavras-chave publicadas**  
Fonte: Gráfico elaborado pelo autor a partir dos filtros aplicado na base *Scopus*



**Figura 7: Quantidade de artigos publicados por assunto**  
Fonte: gráfico elaborado pelo autor a partir dos filtros aplicado na base *Scopus*

O segundo grupo fala de “abordagens conceituais” com 14 publicações (23,7%) o qual pertencem publicações que discutem de maneira teórica o desenvolvimento da EC, analisando seus desafios, barreiras, estratégias, e conscientização, entre outros pontos, necessários para a sua implementação.

O terceiro grupo, também com 14 documentos (23,7%) (tecnologias/ferramentas), aborda ferramentas para auxiliar na colaboração da EC no setor da construção. São métodos direcionados aos profissionais envolvidos no setor e geralmente, aplicados desde o projeto.

O quarto grupo trata de “materiais e sistemas construtivos” (8 publicações, 13,6%), são artigos que apresentam materiais e sistemas específicos que colaboram para as práticas da EC.

O quinto grupo é representado por “estoque de materiais” (3 publicações, 5,1%) ao trazer abordagens de quantificação dos estoques de materiais existentes no ambiente construído, primeiro passo para poder avaliar o potencial para recuperação. O sexto grupo, também com 3 publicações (5,1%), traz, especificamente, considerações a respeito de “edifícios modulares/pré-fabricados” para apoiar a EC, tendo em vista a facilidade deste sistema, principalmente em montagem e desmontagem.

O sétimo e último grupo, “passaporte de materiais” (2 publicações, 3,4%) refere-se à ferramenta que visa armazenar as informações de materiais para possibilitar o valor e circularidade deles no setor da construção.

Ao reorganizar esses grupos em quatro maiores: materiais e sistemas construtivos (27,1%), resíduos-reutilização/reciclagem (25,4%), abordagens conceituais (23,7%) e tecnologias/ferramentas (23,7%) observa-se



que eles são praticamente equivalentes em número de publicações. Em maior número, está a produção científica com conteúdo envolvendo materiais e sistemas construtivos. Afinal, são para eles que se extraem os recursos naturais para sua fabricação e é deles que são gerados os resíduos. Incentivar a valorização deles e sua utilização ao máximo possível é o que a economia circular propõe como forma de atenuar os impactos causados pela construção civil.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O resultado da pesquisa demonstra um crescimento expressivo de publicações a partir de 2016, apresentando uma escassez de estudos em anos anteriores. A ascendência das publicações é confirmada com aquelas de 2020, as quais já se apresentaram em um número bastante relevante, ainda que este ano não tivesse sido finalizado. No início deste ano, também houve a publicação da *ISO 20887* (design para desmontagem e adaptabilidade, *DfD/A*) um importante marco colaborativo para evolução dos princípios da EC na construção.

Este cenário pode ser resultado da imediata necessidade da preservação do planeta, em vista disso, a economia circular avança como uma forte possibilidade em defesa da preservação de recursos e minimização de resíduos. A construção civil, setor que se configura como atuante em práticas que causam impactos ambientais, pode se utilizar destes princípios. Além dos ganhos claramente ambientais, o setor pode se beneficiar com vantagens econômicas.

Tendo em vista a relevância do tema e observando o quanto a sua abordagem é recente, nota-se que há muito a ser avançado nas investigações. Através da análise por grupos de assuntos, observou-se um significativo número de publicações a respeito das discussões sobre a implementação da EC, demonstrando assim, uma complexidade no setor da construção. Também se observou na pesquisa que resíduos da construção e demolição e sua destinação, bem como materiais e suas abordagens específicas, além de tecnologias e ferramentas, se configuram como importantes tópicos relativos à EC e construção. Por meio do estudo das palavras-chaves, evidenciou-se novamente o termo “resíduos de construção e demolição”, além de surgir como

destaque ferramentas como “avaliação de ciclo de vida” e *Building Information Modelling* (BIM) e ainda, técnicas de reutilização. Em vista disso, sugere-se o aprofundamento em pesquisas nessas áreas, dando atenção a todo ciclo de vida para encontrar as melhores estratégias para que se possa avançar para edifícios circulares.

Por meio deste estudo também se identificou os atores responsáveis pela progressão deste tema. A Europa aparece como destaque neste campo, através de seus autores e suas universidades, liderada pelo Reino Unido. Os demais continentes e seus países estão bem atrás nesta caminhada rumo a um cenário mais circular. A limitada parcela de publicações ou ausência delas (caso da América do Sul, até final de 2019) abre a reflexão em debater por quais motivos a EC é pouco discutida nessas regiões do mundo.

Tendo em vista, que ao fechamento deste artigo, após breve pesquisa foram encontrados dois artigos publicados do Brasil em meados de 2020, percebe-se que o tema é relativamente novo e pouco explorado neste país, originando um campo ainda a ser desenvolvido. Um aprofundamento de como está sendo aplicadas as estratégias de EC por áreas geográficas do mundo, estabelecendo quais políticas de incentivo, seria uma relevante auxílio ao tema. Inclusive, como isso está se aplicando em grandes países emergentes como o Brasil, Índia, entre outros, e de que maneira o tema interage com as questões sociais.

O estudo de certa forma evidencia a amplitude do tema, o que abre um vasto leque para novas pesquisas abordando assuntos específicos, com o intuito de avançar nos estudos de como, afinal, aplicar efetivamente a EC na construção civil. A concretização dos princípios da EC discutidos neste artigo envolve muitos profissionais deste setor, sem falar em questões voltadas ao tema como políticas públicas e conscientização da sociedade. Dessa forma, ressalta-se que o presente estudo deverá ser periodicamente atualizado, especialmente considerando os últimos cinco anos, com o objetivo de verificar se a tendência de crescimento na produção de conhecimentos sobre o tema se mantém e como ela se manifesta em diferentes contextos.

Diante do exposto, fica clara a importância da pesquisa quando se trata da aplicação da EC na construção. O destino final de um material ou produto, neste setor, precisa ser pensado antes. O profissional de projeto necessita avaliar qual a destinação futura da sua obra, como será possível minimizar os impactos que possivelmente esta acarretará em termos ambientais, e tirar partido de como pode se beneficiar também, em termos financeiros. Pesquisas especificamente relacionadas ao design e geração de resíduos na construção civil, abordando técnicas e ferramentas dentro de uma economia circular possuem grande potencial para exploração. Isto seria uma significativa contribuição para que o setor da construção progrida em direção a uma atividade mais circular.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, K. T. et al. Circular economy in construction: Current awareness, challenges and enablers. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, [s. l.], v. 170, n. 1, p. 15–24, 2017.
- AKANBI, L. A. et al. Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 223, p. 386–396, 2019.
- AKINADE, O. et al. Design for deconstruction using a circular economy approach: barriers and strategies for improvement. *Production Planning and Control*, [s. l.], 2019.
- AKINADE, O. O.; OYEDELE, L. O. Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS). *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 229, p. 863–873, 2019.
- ARORA, M. et al. Residential building material stocks and component-level circularity: The case of Singapore. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 216, p. 239–248, 2019.
- ARAÚJO, Carlos Alberto. *Bibliometria: evolução histórica e questões atuais*. Consulta 19 de agosto de 2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465645954002>
- ARUP 2016. *The Circular Economy in the Built Environment*. 13 Fitzroy Street, London. Acessível em: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment>. Acesso em abril 2020.
- BAIANI, S.; ALTAMURA, P. Waste materials superuse and upcycling in architecture: Design and experimentation | Superuse e upcycling dei materiali di scarto in architettura: Progetto e sperimentazione. *TECHNE*, [s. l.], v. 16, p. 142–151, 2018.
- BAMB. 2017. *BAMB - Building As Material Banks*. Disponível em: <https://www.bamb2020.eu/>. Acesso em 15 de julho de 2020.
- BENACHIO, G. L. F.; FREITAS, M. D. C. D.; TAVARES, S. F. Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 260, 2020.
- BLOK, R. et al. Bio-based construction materials for a sustainable future. In: 20TH CONGRESS OF IABSE, NEW YORK CITY 2019: THE EVOLVING METROPOLIS - REPORT 2019, Anais... [s.l: s.n.]
- BOURKE, K.; KYLE, B. Service life planning and durability in the context of circular economy assessments — Initial aspects for review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, [s. l.], v. 46, n. 11, p. 1074–1079, 2019.
- BOYD, R.; ATTHIS, R.; SMITH, S. The circular economy as a framework for establishing more effective methods of collaboration in the design process. In: IABSE CONFERENCE, BATH 2017: CREATIVITY AND COLLABORATION - REPORT 2017, Anais... [s.l: s.n.]
- BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. *Cradle to Cradle: Criar e reciclar ilimitadamente*. Tradução de Frederico Bonaldo. Barcelona: Gustavo Gili, 2014.
- BRÜTTING, J. et al. Design of Truss Structures Through Reuse. *Structures*, [s. l.], v. 18, p. 128–137, 2019.
- CAMPBELL-JOHNSTON, K. et al. City level circular transitions: Barriers and limits in Amsterdam, Utrecht and The Hague. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 235, p. 1232–1239, 2019.
- CAMPBELL, A. Mass timber in the circular economy: Paradigm in practice? *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, [s. l.], v. 172, n. 3, p. 141–152, 2018.
- CASAS-ARREDONDO, M.; CROXFORD, B.; DOMENECH, T. Material and decision flows in non-domestic building fit-outs. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 204, p. 916–925, 2018.
- CERVO, A; BERVIAN, P; DA SILVA, R. *Metodologia Científica*. 6ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- CHEN, J.; LIU, S.; HUANG, W. Urban Construction Waste Resource Utilization Inquiry. In: ICCREM 2014: SMART CONSTRUCTION AND MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF NEW TECHNOLOGY - PROCEEDINGS OF THE 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION AND REAL ESTATE MANAGEMENT 2014, Anais... [s.l: s.n.]
- COMISSÃO EUROPEIA: *Rumo a uma economia circular*. Disponível em:

[https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy\\_pt](https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_pt). Acesso em: 1 de agosto de 2020.

EBERHARDT, L. C. M.; BIRGISDÓTTIR, H.; BIRKVED, M. Potential of Circular Economy in Sustainable Buildings. In: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 2019, Anais... [s.l.: s.n.]

EBERHARDT, L. C. M.; BIRGISDÓTTIR, H.; BIRKVED, M. Life cycle assessment of a Danish office building designed for disassembly. *Building Research and Information*, [s. l.], v. 47, n. 6, p. 666–680, 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012. *Towards the Circular Economy*. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/>

Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf. Acesso em 20 de junho de 2020.

ELMARAGHY, A.; VOORDIJK, H.; MARZOUK, M. An exploration of BIM and lean interaction in optimizing demolition projects. In: IGLC 2018 - PROCEEDINGS OF THE 26TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION: EVOLVING LEAN CONSTRUCTION TOWARDS MATURE PRODUCTION MANAGEMENT ACROSS CULTURES AND FRONTIERS 2018, Anais... [s.l.: s.n.]

ERAY, E.; SANCHEZ, B.; HAAS, C. Usage of interface management system in adaptive reuse of buildings. *Buildings*, [s. l.], v. 9, n. 5, 2019.

FINCH, G.; MARRIAGE, G. Non-orthogonal light timber frame design: using digital manufacturing technologies to facilitate circular economy architecture. [s.l.: s.n.]. v. 24

FONSECA, Edson Nery da (Org). *Bibliometria: teoria e prática*. São Paulo: Cultrix, Ed. da USP, 1986.

FREGONARA, E. et al. Economic-environmental indicators to support investment decisions: A focus on the buildings' end-of-life stage. *Buildings*, [s. l.], v. 7, n. 3, 2017.

GELDERMANS, B.; TENPIERIK, M.; LUSCUERE, P. Circular and flexible indoor partitioning-a design conceptualization of innovative materials and value chains. *Buildings*, [s. l.], v. 9, n. 9, 2019.

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

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 114, p. 11–32, 2016.

GHISELLINI, P.; RIPA, M.; ULGIATI, S. Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 178, p. 618–643, 2018.

GORECKI, J. Circular Economy Maturity in Construction Companies. In: IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 2019, Anais... [s.l.: s.n.]

HART, J. et al. Barriers and drivers in a circular economy: The case of the built environment. In: PROCEDIA CIRP 2019, Anais... [s.l.: s.n.]

HENDERSON, Z.; MORGAN, B.; WATSON, J. Implementing the circular economy in buildings: Processes of sensemaking in design and delivery. In: ASSOCIATION OF RESEARCHERS IN CONSTRUCTION MANAGEMENT, ARCOM 2019 - PROCEEDINGS OF THE 35TH ANNUAL CONFERENCE 2019, Anais... [s.l.: s.n.]

HONIC, M.; KOVACIC, I.; RECHBERGER, H. Improving the recycling potential of buildings through Material Passports (MP): An Austrian case study. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 217, p. 787–797, 2019.

HOPKINSON, P. et al. Recovery and reuse of structural products from end-of-life buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, [s. l.], v. 172, n. 3, p. 119–128, 2018.

HUUHKA, S.; VESTERGAARD, I. Building conservation and the circular economy: a theoretical consideration. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 29–40, 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 20887: 2020 Sustainability In Buildings And Civil Engineering Works - Design For Disassembly And Adaptability - Principles, Requirements And Guidance . 1nd Ed. 2020.

JASKOWSKA-LEMAŃSKA, J.; SAGAN, J. Non-Destructive Testing Methods as a Main Tool Supporting Effective Waste Management in Construction Processes. *Archives of Civil Engineering*, [s. l.], v. 65, n. 4, p. 263–276, 2019.

KRAUSE, K.; HAFNER, A. Relevance of the information content in module D on circular economy of building materials. In: LIFE-CYCLE ANALYSIS AND ASSESSMENT IN CIVIL ENGINEERING: TOWARDS AN INTEGRATED VISION - PROCEEDINGS OF THE 6TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LIFE-CYCLE CIVIL ENGINEERING, IALCCE 2018 2019, Anais... [s.l: s.n.]

KYRÖ, R.; JYLHÄ, T.; PELTOKORPI, A. Embodying circularity through usable relocatable modular buildings. *Facilities*, [s. l.], v. 37, n. 1–2, p. 75–90, 2019.

LEISING, E.; QUIST, J.; BOCKEN, N. Circular Economy in the building sector: Three cases and a collaboration tool. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 176, p. 976–989, 2018.

LUSCUERE, L. M. Materials Passports: Optimising value recovery from materials. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, [s. l.], v. 170, n. 1, p. 25–28, 2017.

LUZ, Beatriz (org.). *Economia Circular Holanda-Brasil: Da teoria à prática*. 1<sup>ª</sup>. ed. Rio de Janeiro: Exchange4Change Brasil, 2017. E-book.

MANGIALARDO, A.; MICELLI, E. Rethinking the construction industry under the circular economy: principles and case studies. In: BISELLO, A. et al. (eds.). *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions*. Cham: Springer, 2018. p. 333–344. (Green Energy and Technology)

MARZOUK, M.; ELMARAGHY, A.; VOORDIJK, H. Lean deconstruction approach for buildings demolition processes using BIM. *Lean Construction Journal*, [s. l.], v. 2019, p. 147–173, 2019.

MINUNNO, R. et al. Strategies for applying the circular economy to prefabricated buildings. *Buildings*, [s. l.], v. 8, n. 9, 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*, [s. l.], v. 260, 2020.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, [s. l.], v. 140, n. 3, p. 369–380, 2017.

MUSSINELLI, E. et al. The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design | Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano. *TECHNE*, [s. l.], v. 15, p. 116–123, 2018.

NAGALLI, André. *Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil*. São Paulo: Oficina de textos, 2014. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/41501/pdf/0>. Acesso em 16 de março de 2020.

ORSINI, F.; MARRONE, P. Approaches for a low-carbon production of building materials: A review. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 241, 2019.

ORTLEPP, R.; GRUHLER, K.; SCHILLER, G. Material stocks in Germany's non-domestic buildings: a new quantification method. *Building Research and Information*, [s. l.], v. 44, n. 8, p. 840–862, 2016.

ORTLEPP, R.; GRUHLER, K.; SCHILLER, G. Materials in Germany's domestic building stock: calculation model and uncertainties. *Building Research and Information*, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 164–178, 2018.

ORTLEPP, S.; MASOU, R.; ORTLEPP, R. Green construction methods of buildings capable for disassembly to support circular economy. In: CHALLENGES FOR TECHNOLOGY INNOVATION: AN AGENDA FOR THE FUTURE - PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE SMART MANUFACTURING, S2M 2016 2017, Anais... [s.l: s.n.]

POMPONI, F.; D'AMICO, B. Carbon mitigation in the built environment: an input-output analysis of building materials and components in the UK. *Procedia CIRP*, v. 69, p. 189–193, 2018.

POMPONI, F.; MONCASTER, A. Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal*



*of Cleaner Production*, [s. l.], v. 143, p. 710–718, 2017.

POMPONI, F.; MONCASTER, A. Briefing: BS 8001 and the built environment: A review and critique. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, [s. l.], v. 172, n. 3, p. 111–114, 2018.

RUELLO, M. L. et al. Sustainability in construction materials: From waste valorization to circular economy. [s. l.: s. n.].

SANCHEZ, B. et al. Multi-objective optimization analysis for selective disassembly planning of buildings. In: PROCEEDINGS OF THE 36TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, ISARC 2019 2019, Anais... [s. l.: s. n.]

SANCHEZ, B.; HAAS, C. Capital project planning for a circular economy. *Construction Management and Economics*, [s. l.], v. 36, n. 6, p. 303–312, 2018. a.

SANCHEZ, B.; HAAS, C. A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 183, p. 998–1010, 2018. b.

SANCHEZ, B.; RAUSCH, C.; HAAS, C. “Deconstruction programming for adaptive reuse of buildings”. *Automation in Construction*, [s. l.], v. 107, 2019.

SAUTER, E. M.; LEMMENS, R. L. G.; PAUWELS, P. CEO & CAMO ontologies: A circulation medium for materials in the construction industry. In: LIFE-CYCLE ANALYSIS AND ASSESSMENT IN CIVIL ENGINEERING: TOWARDS AN INTEGRATED VISION - PROCEEDINGS OF THE 6TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LIFE-CYCLE CIVIL ENGINEERING, IALCCE 2018 2019, Anais... [s. l.: s. n.]

SMART PROSPERITY INSTITUTE, 2018. Getting to a circular economy: a primer for canadian policymakers. Disponível em: <https://institute.smartprosperity.ca/sites/default/files/spipolicybrief-circulareconomy.pdf>. Acesso em 10 de junho de 2020.

SILVA, R. V.; DE BRITO, J.; DHIR, R. K. Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 236, 2019.

STAHEL, W. R. Analysis of the structure and values of the European Commission’s Circular Economy Package. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management*, [s. l.], v. 170, n. 1, p. 41–44, 2017.

SUTTIE, E. et al. Environmental assessment of bio-based building materials. In: PACHECO-TORGAL, F. *Performance of bio-based building materials*. [S. l.]: Elsevier, 2017. Cap. 9, p. 547–569.

VAN STIJN, A.; GRUIS, V. Towards a circular built environment: An integral design tool for circular building components. *Smart and Sustainable Built Environment*, [s. l.], 2019.

WEETMAN, Catherine. *Economia Circular: Conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa*. 1 ed. São Paulo: Autêntica Business, 2019.

WANG, Y.; TANG, Y.; YAO, W. Research on the Whole Process Management of Construction Waste. In: ICCREM 2016: BIM APPLICATION AND OFFSITE CONSTRUCTION - PROCEEDINGS OF THE 2016 INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION AND REAL ESTATE MANAGEMENT 2016, Anais... [s. l.: s. n.]

WUYTS, W. et al. Extending or ending the life of residential buildings in Japan: A social circular economy approach to the problem of short-lived constructions. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 231, p. 660–670, 2019.

XU, Q.; SUN, L. Application Analysis of Prefabricated Buildings under Green Construction. In: ICCREM 2019: INNOVATIVE CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT AND CONSTRUCTION INDUSTRIALIZATION - PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION AND REAL ESTATE MANAGEMENT 2019 2019, Anais... [s. l.: s. n.]

YOU, W.; WANG, X. Study on the Paths and Scale Economy of Building Waste Resource Recovery in a Construction Site. In: ICCREM 2016: BIM APPLICATION AND OFFSITE CONSTRUCTION - PROCEEDINGS OF THE 2016 INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION AND REAL ESTATE MANAGEMENT 2016, Anais... [s. l.: s. n.]

