Blockchain para fomento da Economia Circular na Construção: um panorama sobre a produção científica

Blockchain to foster Circular Economy in the Construction sector: a panorama of the scientific production

Milena Mota Costa
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | milenamc@ufba.br
João Felix Barreto Neto
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | joao.felix@ufba.br
Elaine Pinto Varela Alberte
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | elaine.varela@ufba.br
Alex Pires Carneiro
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | alexpires@ufba.br
Jadi Tosta Iglesias Ventin
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | jadi.ventin@ufba.br

Resumo

O impacto ambiental promovido pela indústria da construção atrelado a carência de tecnologias para gestão de resíduos, evidencia o potencial da tecnologia de registro blockchain para apoiar iniciativas circulares no setor. Este artigo apresenta um panorama da literatura atual sobre o uso da blockchain para a gestão de resíduos e fomento da economia circular na construção civil. A pesquisa bibliográfica utilizou indicadores bibliométricos e cientométricos e realizou uma análise de conteúdo para identificar tendência e lacunas do conhecimento. Como resultado, observam-se avanços ainda incipientes e possível tendência futura a estudos integrando outras tecnologias para suporte, como internet das coisas e inteligência artificial.

Palavras-chave: Blockchain. Economia circular. Construção civil. Gestão de resíduos.

Abstract

The environmental impact promoted by the construction industry together with the lack of management-oriented technologies indicate an high potential for the use of blockchain registration technology to support circular initiatives in this sector. This article presents an overview of the current literature on the use of blockchain for waste management and circular economy in construction. This research used bibliometric and scientometric indicators and performed a content analysis to identify trends and gaps in knowledge. It found that there are yet limited progress on the theme, and that possible trends point towards studies integrating other supporting technologies, such as internet of things and artificial intelligence.

Keywords: Blockchain. Circular economy. Construction. Waste management.

Como citar:
COSTA, M. M. .; BARRETO NETO , J. F. .; ALBERTE , E. P. V. .; CARNEIRO , A. P. .; VENTIN , J. T. I. . Blockchain para fomento da economia circular na construção: um panorama sobre a produção científica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-13. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/591. Acesso em: 3 ago. 2021.

INTRODUÇÃO

A construção civil tem um relevante papel social e econômico. Contudo, o modelo linear adotado até o presente exerce significativa pressão no meio ambiente, com elevado consumo de recursos e intensa geração de resíduos. Esse contexto é agravado pela baixa e lenta adesão às novas tecnologias, visto que essa indústria é considerada uma das mais artesanais no panorama mundial [1]. A busca por modelos de gestão mais sustentáveis e com uso mais intensivo de tecnologias da informação e comunicação (TICs) tem sido cada vez mais frequente no setor.

A necessidade de se adotar TICs para fomento da economia circular (EC) na construção se destaca, visto que o uso inteligente e reaproveitamento dos recursos naturais são fundamentais para o desenvolvimento sustentável do setor [2]. Entende-se EC como o modelo econômico que busca permitir a manutenção dos materiais no ciclo produtivo através da sua reutilização, recuperação, reparação e reciclagem, propiciando maior eficiência na utilização e gestão de recursos, sustentabilidade e bem estar da população [3] [4].

Estudos indicam que ainda existem poucas pesquisas sobre estratégias de gestão para apoiar empresas a operacionalizar modelos de EC [5]. Apesar disso, alguns autores sugerem que parte dos dilemas relacionados ao fomento da EC podem ser superados através das TICs [1] [6] [7].

Neste contexto, a tecnologia de registro *Blockchain* (ou sua sigla em inglês BT, *Blockchain tecnology*) surge, por volta do ano 2009, como uma solução tecnológica com potencial para impulsionar iniciativas econômicas circulares, pois proporciona decentralização, segurança, imutabilidade, auditabilidade, confiabilidade, transparência, desintermediação e veracidade no processamento de dados [8]. Blockchain pode ser definido como um banco de dados distribuído em rede que é usado para replicar, compartilhar e sincronizar dados espalhados por diferentes locais [8]. Mais que uma TIC, composta por protocolo de *software* baseado em criptografia, a BT vem sendo compreendida como uma tecnologia institucional ou social para gestão de dados [9].

Os estudos sobre BT evidenciam que se trata de um conceito recente, cuja as características únicas inspiraram um uso mais amplo e em mercados distintos [10] [11] [12]. Sendo aplicada principalmente na área de finanças [13], mas também no contexto de outras indústrias, como energia [1], agricultura [1] [6] [10], mineração [1] e manufatura [14]. Com isso, a BT pode ser identificada como uma inovação disruptiva da era da Internet que pode transformar fundamentalmente os modelos operacionais existentes [11] [13] [15].

A associação da BT à EC vem sendo adotada pelo setor produtivo buscando uma maior automatização dos processos e confiabilidade das informações. Autores indicam que *tokens* em *blockchains* podem promover estratégias de cooperação e competição para o desenvolvimento de ecossistemas economicamente circulares [16]. Existe a proposta de um sistema que integra *Blockchain* com internet das coisas, Big Data e visualização para apoiar a realização de análises de ciclo de vida para

fomento da sustentabilidade na cadeia de suprimentos [17]. O uso da BT para gerenciamento de certificados de autenticação na cadeia de abastecimento também vem sendo reportado na literatura [18]. Na União Europeia, o projeto WSX visa regulamentar o mercado de gestão de resíduos, através do rastreamento ao longo do ciclo de vida da edificação por um sistema de posicionamento global (GPS) [7].

Apesar disso, no setor da construção civil, os estudos e aplicações da BT para fomento da EC são recentes e vagarosos, mesmo se tratando de uma tecnologia emergente que pode suportar o paradigma da EC. Ratifica-se aqui a necessidade de avanço nessa fronteira do conhecimento para consolidar tal tecnologia/estratégia de produção na indústria da construção, visto que a tecnologia potencialmente adiciona transparência e imutabilidade, trazendo mais confiabilidade para os processos desta indústria [12] [19].

Assim, o objetivo deste artigo é analisar a produção científica atual sobre o uso da BT para gestão de resíduos e fomento da EC na construção civil. Foram utilizados indicadores bibliométricos e cientométricos e foi realizada uma análise de conteúdo para identificar tendência e lacunas do conhecimento. Este estudo visa contribuir para o progresso e direcionamento de novos estudos sobre o tema.

METODOLOGIA

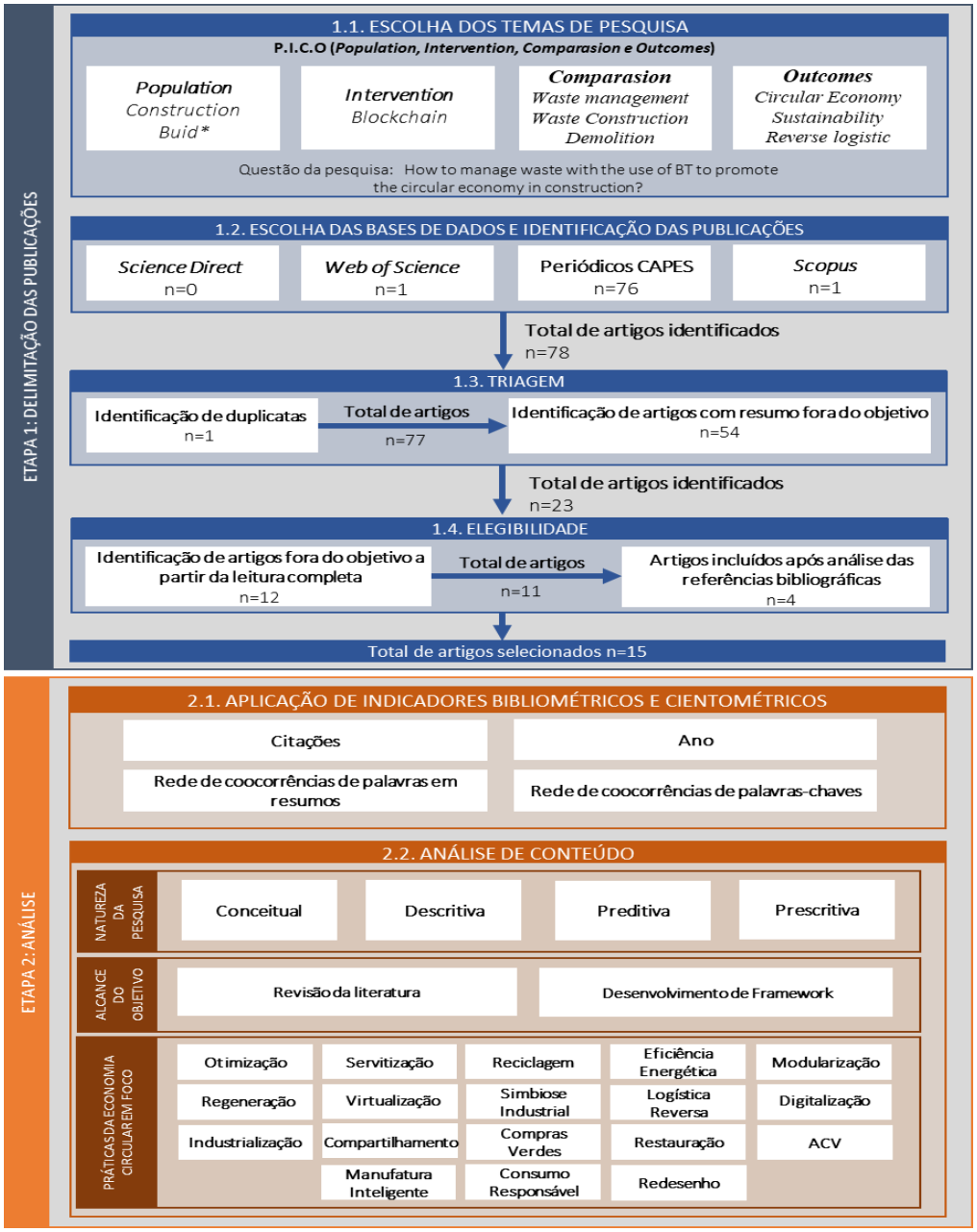
Esta pesquisa, de caráter exploratório, compreende uma pesquisa bibliográfica utilizando indicadores bibliométricos e cientómetricos para construção de um mapeamento sistemático da literatura (MSL). Assume-se aqui a definição de MSL como uma revisão ampla dos estudos primários existentes sobre um tópico de pesquisa específico, buscando identificar e classificar o corpo de conhecimento existente nesse tópico [20].

O estudo divide-se em duas macro etapas (Figura 1).

Na Etapa 1 (Delimitação das publicações) definiu-se a questão norteadora e termos (*strings*) de pesquisa, com base na adaptação feita por Agostinho e Granja [21] do método PICO (*Population, Intervention, Comparasion e Outcomes*). A questão e os termos de pesquisa foram definidos segundo assunto (*population*), intervenção (*intervention*), comparações (*comparasion*) e efeitos (*outcomes*) [22]. Na busca das publicações, foram escolhidos bancos de dados que possuem relevância e representatividade na produção científica para o setor da construção. As bases escolhidas foram: Science Direct, Web of Science, Periódicos CAPES e Scopus.

Para seleção das publicações, identificou-se os artigos de maior relevância para o tema. Realizaram-se dois processos de seleção. O primeiro filtro (triagem) foi realizado a partir da leitura do título e do resumo de cada publicação, buscando-se confirmar a relação do tema tratado no artigo com a questão da pesquisa. O segundo filtro (elegibilidade) analisa através de leitura completa se efetivamente o artigo tem relação direta com a questão da pesquisa.

Figura 1: Diagrama de fluxo das etapas e atividades da pesquisa



Fonte: os autores.

Na Etapa 2 (Análise dos dados), aplicaram-se os indicadores bibliométricos e cientómetricos na amostra final de 15 artigos.

Durante a análise bibliométrica e cientómetrica, as publicações selecionadas foram categorizadas de acordo com o ano, quantidade de citações, e coocorrências de termos em palavras-chave e resumo. Indicadores bibliométricos foram adotados como instrumentos estatísticos básicos para organização e gestão das publicações [23], enquanto os indicadores cientómetricos trazem uma abordagem de estudos quantitativos que evidencia a estrutura das atividades científicas e a conexão entre elas [24]. Utilizou-se o *software* de construção e visualização de redes bibliométricas VOSviewer® para compilação, análise e elaboração dos mapas de análise.

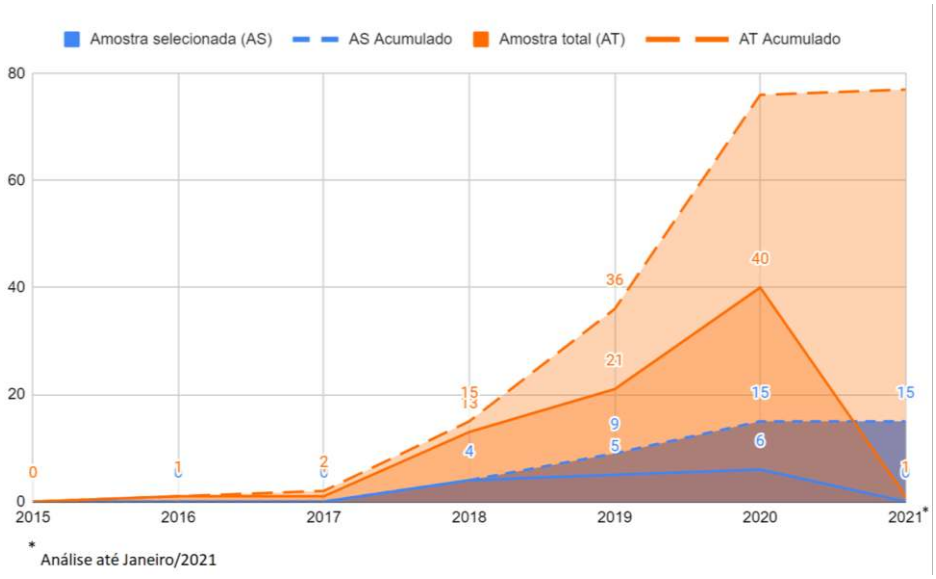
Tendo em vista os indicadores obtidos e a análise do conteúdo dos artigos, realizou-se o mapeamento da literatura selecionada, onde buscou-se analisar a natureza da pesquisa, o alcance do objetivo e quais práticas da EC eram tratadas.

RESULTADOS

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E CIENTOMÉTRICA

Somente a partir de 2016, é que foram identificados artigos que citavam ambos BT e EC, embora as primeiras publicações acerca BT sejam de 2008 [25]. Artigos que efetivamente relacionam os dois campos foram identificados apenas a partir de 2018. Desde então, há uma curva crescente de publicações, embora ainda há poucas informações e um período curto de tempo para tecer conclusões. Apenas um artigo foi identificado em 2021 pois só foram identificadas publicações até janeiro do referido ano (Figura 2).

Figura 2: Artigos identificados por ano

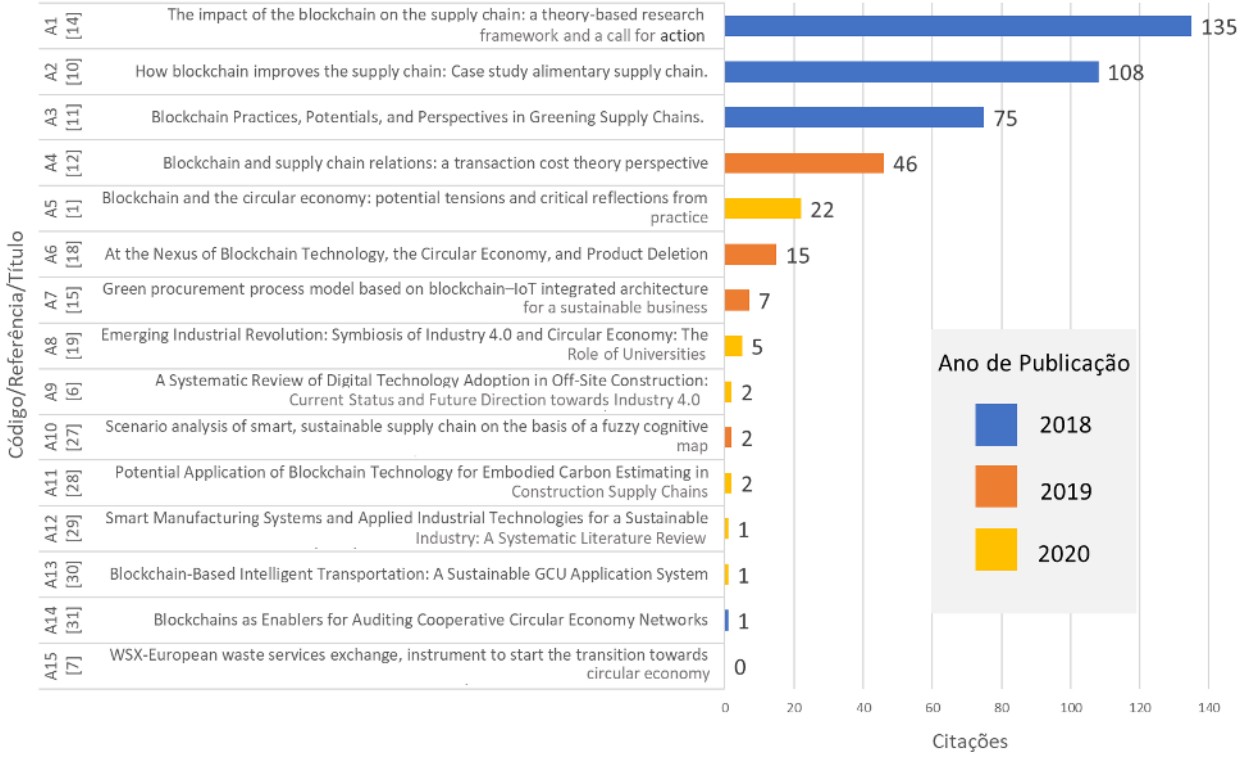


Fonte: os autores.

A figura 3 apresenta o número de citações da amostra selecionada. O número de citações foi baseado nos maiores valores disponibilizados nas bases de dados e sites de acesso, entre CrossRef, Google Scholar e Web of Science, para evitar repetições.

Os três artigos mais citados (A1, A2 e A3) possuem cerca de 75% do total de citações identificadas. O caráter geral das temáticas abordadas nestes artigos pode ser o responsável pela quantidade destacada de citações. O artigo com mais citações (A1), em especial, intitula-se "*The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action*", e tem por objetivo analisar as questões de uso de BT na cadeia de suprimentos, propondo um marco baseado em teorias econômicas.

Figura 3: Citações por publicação – amostra selecionada



Fonte: os autores.

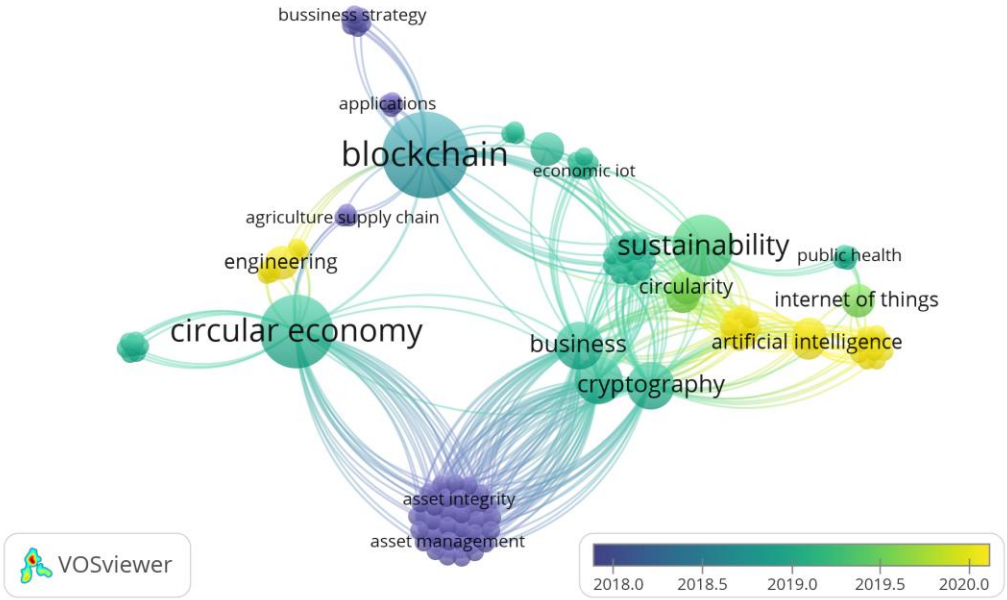
A figura 4 apresenta a rede de coocorrência de palavras-chave dentre os artigos selecionados. Foram identificadas 122 palavras-chave no total. A rede escolhida apresenta a conexão entre as palavras-chave que aparecem em, ao menos, um artigo e considera o mesmo peso para cada termo. Visualizam-se os termos segundo a média de ano das publicações (somatório de todos os anos de publicações em que a palavra aparece, dividido pelo número de artigos), mostrada pela variação de cores entre o azul e amarelo, conforme apresentação em *overlay* do *software* VOSviewer®.

"*Blockchain*", "*circular economy*" e "*sustainability*" são os termos evidenciados com maior frequência ao longo do tempo. Se destacam pelo tamanho dos nós relacionados e por possuírem ano médio de 2019, apresentando, assim, um valor intermediário entre o intervalo de anos identificado. Termos como "*artificial intelligence*" e "*internet of things*" também foram mapeados pelo VOSviewer com menor incidência, possuindo, nesses casos, anos médios mais recentes. Tal registro indica tendência a estudos e aplicações que integrem a BT com tais tecnologias.

Em outra pespectiva, se tratando das conexões entre os nós, nota-se que o número de ocorrências independe do número de ligações. Observa-se o surgimento de palavras chaves cujo número de ocorrência é significativo, mas a quantidade de ligações é irrisória. Nesse contexto, destaca-se o termo "*circular economy*", que mesmo possuindo importante quantidade de ocorrências, carece de número relevante de ligações. Tal termo, por exemplo, não se conecta de forma expressiva com palavras chaves como: "*artificial intelligence*", "*internet of things*" e "*economic iot*". Essa evidência indica, deste modo, que o panorama atual de pesquisas e

práticas relacionadas a temática deste artigo carece de avanços na integração mais direta do uso de BT e tecnologias relacionadas com a aplicação prática dos principios da EC na indústria.

Figura 4: Rede de coocorrência de palavras-chave



Fonte: os autores.

Em 2018, as pesquisas buscavam o uso de BT para gestão de negócios e ativos (A1 e A14), e possuíam um foco maior na integração com a cadeia de suprimentos (A1, A2 e A3), não trazendo necessariamente a busca de integração com a EC, embora já se discutisse sobre o tema (A2 e A14). Vale mencionar também que o A14 também relaciona economia com criptografia, este último sendo um importante componente da BT. Estas palavras-chave se repetiram nos anos seguintes, sendo A14 o primeiro artigo a utilizá-los como palavras-chave, embora seja um dos artigos com menos citações.

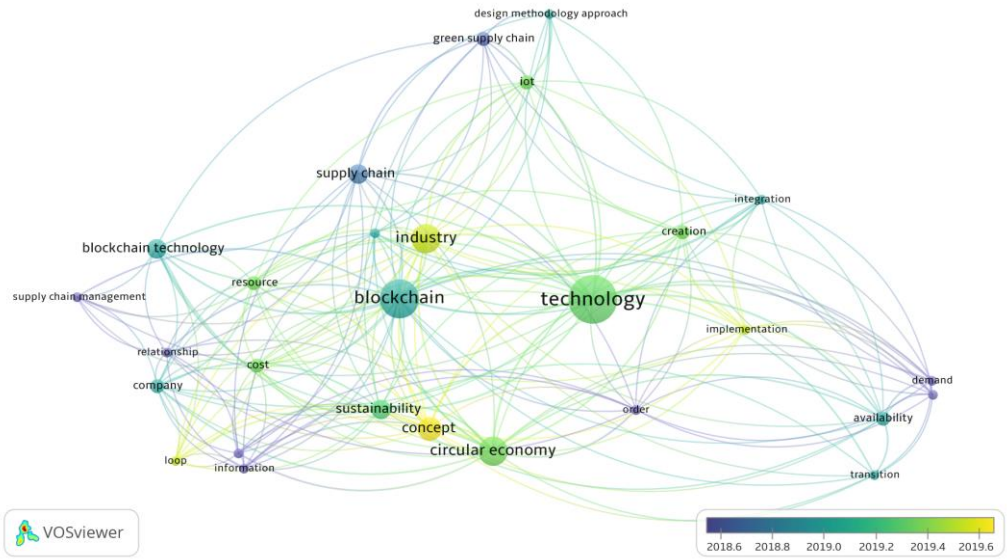
Em 2019, percebe-se uma maior integração da BT com sustentabilidade (A6 e A7). Assim como no ano anterior, ainda se buscou muito a gestão de cadeias de suprimento (A4, A6 e A10), sem grande foco na EC (A15), embora tenha sido introduzido o termo "circularidade" às discussões sobre o tema (A6). Também se começou a usar outras tecnologias integradas à BT, como "*machine learning*" (A15) e principalmente a Internet das coisas (IoT) (A7 e A10). Em 2019, também foram encontrados artigos relacionados à busca por soluções para negócios (A10), economia (A6 e A10) e criptografia (A6).

Em 2020, destacam-se artigos que mencionaram EC (A5 e A8) ou circularidade (A12). A principal característica desse ano foi o aumento da diversidade de tecnologias utilizadas para auxiliar o desenvolvimento da EC, como a inteligência artificial (A9 e A12), radiofrequência (RFID), fotogrametria, robótica, GPS (A9) e dispositivos eletrônicos (A12). Também são citadas as tecnologias da indústria 4.0, em geral, e inovação (A8). Neste contexto, termos como "*internet of things*" e "*artificial*

intelligence" se destacam como termos que possuem ano médio mais recente de 2020.

A figura 5 apresenta a rede de coocorrência de termos presentes no resumo dos artigos selecionados. A rede escolhida apresenta termos que foram identificados em, pelo menos, dois artigos. De um total de 423 termos identificados, apenas 37 termos de relevância aparecem em, pelo menos, 2 artigos. Palavras de caráter generalista, como "*paper", "academic"* e *"research*", foram removidas da análise.

Figura 5: Rede de coocorrência de termos do resumo



Fonte: os autores.

"*Technology*" apresenta-se em destaque, sendo bastante utilizado em artigos mais recentes (A5, A9, A11). O termo "*blockchain*" também se destaca, sendo citado de forma constante ao longo do tempo (A1, A2, A4, A5, A7, A11, A13, A14, A15), enquanto o termo "*circular economy"* apresenta-se em artigos um pouco mais recentes (A5, A6, A8, A12 e A15). Observa-se a proximidade entre os termos *"circular economy"* e *"sustainability"*. Nota-se que este último também possuiu uma tendência a aparecer em artigos mais novos (A8, A12), apresentando ano médio mais recente.

Os termos relacionados à cadeia de suprimentos ("*supply chain", "green supply chain"* e *"supply chain management"*), por sua vez, no geral, são relacionados às publicações de 2018 (A1, A2, A3).

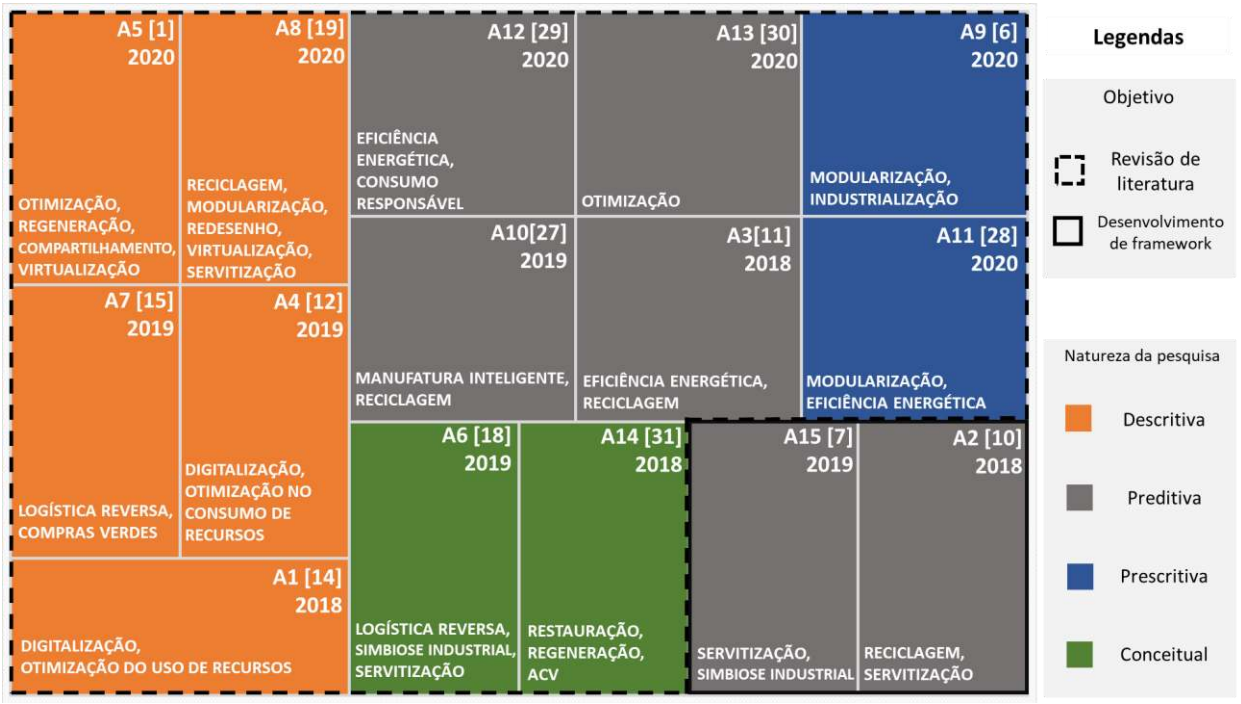
Ambas as redes de coocorrência (figura 4 e 5) apontam para uma tendência a estudos mais focados à análise conjunta das áreas de sustentabilidade e tecnologia. A evidência destacada dos termos "*blockchain*" e "*circular economy*" nas figuras 4 e 5 indica que parte da *string* de pesquisa adotada (figura 1) possuiu uma abrangência adequada ao que se pretendia como resultado final, ou seja, uma amostra representativa da literatura sobre o tema objeto deste artigo. Termos como "*waste management*" e "*waste construction"* e *"demolition*", por sua vez, não foram

evidenciados, indicando que uma *string* de pesquisa mais ampla poderia ter sido adotada.

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

A Figura 6 esquematiza a categorização do conteúdo das publicações selecionadas por natureza da pesquisa, alcance do objetivo, práticas da EC tratadas e ano de publicação.

Figura 6: Mapeamento segundo natureza e objetivo da pesquisa e práticas da EC



Fonte: os autores.

Com relação à natureza da pesquisa, seis pesquisas tratam o assunto de forma preditiva, ou seja, o estudo permite prever resultados e tendências futuras [26], enquanto que cinco estudos possuem caráter descritivo, ou seja, o estudo descreve de forma analítica as informações e o panorama atual [26]. Apenas dois estudos foram categorizados como conceituais (estudo que observa e analisa as informações existentes sobre o tema [26]), enquanto outros dois foram considerados estudos prescritivos (estudos que permite analisar as consequências futuras de ações tomadas [26]).

Quanto ao alcance do objetivo, a maioria dos artigos (13) realiza uma revisão da literatura, ainda que com distintos enfoques. Cinco artigos de revisão bibliográfica possuem caráter descritivo (A1, A4, A5, A7 e A8). As práticas da EC abordadas por eles são diversas. Os artigos A1 e A4 abordam a digitalização e otimização do uso de recursos na cadeia de abastecimento, enquanto o artigo A7 se propõe a investigar a BT como um artefato tecnológico importante para a mesma cadeia. A5 e A8, por sua vez, apresentam uma abordagem diferente. O primeiro consiste em uma análise e avaliação do nível de aplicação da BT em práticas de diferentes negócios enquanto o segundo traz um panorama da abordagem da EC, tendo em vista as tecnologias emergentes, no âmbito das instituições de ensino.

Outros quatro artigos de revisão bibliográfica possuem caráter preditivo (A3, A10, A12 e A13). As práticas da EC abordadas enfocam eficiência energética, reciclagem, manufatura inteligente, otimização e consumo responsável. Deste grupo, destaca-se o A3 com maior número de citações e um enfoque sobre as dimensões da BT e sua relação com a cadeia de suprimentos verde. Em um cenário similar, o A10 retrata a associação da BT à IoT visando a automatização do processo de abastecimento da cadeia produtiva. Em contrapartida, o A12 aborda a "manufatura digital" com foco na economia circular, introduzindo novos modelos de negócio focados no uso inteligente de recursos. Já o artigo A13 analisa a incorporação da BT no gerenciamento do sistema de transporte, buscando um desenvolvimento sustentável para esse setor.

Os dois artigos de caráter conceitual realizam revisões da literatura (A6 e A14). O artigo A14 objetiva definir a relação entre BT e EC na perspectiva da exclusão de produto, abordando práticas de restauração / regeneração e ACV. O artigo A6, por sua vez, objetiva propor uma aplicação efetiva de uma rede colaborativa de EC, através da BT, abordando conceitos de logística reversa, simbiose industrial e servitização, visando direcionar as funcionalidades da BT em prol do fomento da circularidade.

Finalmente, os dois artigos de caráter prescritivo que realizam revisões da literatura possuem foco em modularização / industrialização (A9 e A11). O Artigo A9 aborda uma análise crítica da difusão da BT no âmbito da EC enquanto o Artigo A11 mostra como a operacionalização e otimização através de tokens na blockchain pode atuar como suporte na transição para um modelo de valorização dos recursos.

Apenas dois artigos se propõem a desenvolver frameworks (A2 e A15). Ambos possuem caráter preditivo. Neste universo, destaca-se o artigo A2 (o segundo artigo mais citado), que analisa a influência da BT na cadeia de suprimentos, através da teoria de custo de transação, numa perspectiva governamental, e enfoca o desenvolvimento de sua proposta em ações de reciclagem e servitização. Já o artigo A15 emprega BT em prol do desenvolvimento de um novo modelo de negócio capaz de catalizar a recuperação da economia circular, focalizando em uma gestão de resíduos mais transparente e menos onerosa.

Com relação às práticas da EC colocadas em foco, é possível ver uma tendência a pesquisas na área de otimização, servitização e reciclagem (4 artigos) e eficiência energética e modularização (3 artigos). Nota-se uma busca por uma melhor utilização de recursos já existentes na cadeia de suprimentos.

CONCLUSÕES

Observa-se um interesse crescente na pesquisa das relações entre BT e EC, assim como em outras tecnologias para suporte, como internet das coisas e inteligência artificial, evidenciado a partir do tamanho dos nós das redes de coocorrência de termos, geradas através do VOSviewer. Percebe-se também uma tendência futura a estudos que integram sustentabilidade e tecnologia. Como lacunas existentes, há pouca aplicação prática de uso da BT para gestão de resíduos e fomento da EC no

setor, além de uma baixa quantidade de artigos que efetivamente buscam integrar esses temas. Palavras chaves diretamente relacionadas à gestão de resíduos não foram evidenciadas de forma relevante.

Como principais contribuições observadas na amostra da literatura analisada, destacam-se as revisões bibliográficas sobre tecnologias para modelos circulares de negócios; conceitualização da relação entre BT e EC; análise do potencial de aplicação da BT no setor da construção civil; potencialidades, lacunas e práticas da aplicação da BT para o gerenciamento da cadeia de suprimentos; tendências da indústria 4.0 para promoção da circularidade; e incorporação da digitalização permitindo o compartilhamento de dados para monitoramento de etapas referentes ao transporte.

Quanto às lacunas observadas pela literatura, destacam-se a superficialidade das análises sobre as preocupações teóricas e filosóficas mais amplas da aplicação da BT com fins sustentáveis; inexistência de projeções de soluções da BT que beneficiem o setor de logistica; número limitado de estudos; falta de direcionamento à otimização/controle de processos, e falta de programação e simulação de sistemas para a aplicabilidade da BT.

Analisando-se tal panorama, considera-se importante o avanço de estudos sobre o uso da BT para fomento da EC no âmbito de gestão de resíduos da construção, visto que se trata de uma indústria com grande potencial para incorporação de novas tecnologias no processo.

Cabe destacar que esse estudo se restringe aos resultados obtidos a partir da *string* de busca e das bases de dados adotadas. A amostra analisada não nescessariamente contempla todo o estado do conhecimento existente relacionado ao tema, mas analisa uma amostra representativa de artigos sobre o assunto.

Como sugestões futuras, recomenda-se o avanço da pesquisa no contexto aplicado, a fim de estimular o uso da BT para o desenvolvimento de ecossistemas inteligentes e sustentáveis para a Construção Civil.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) / UFBA.

REFERÊNCIAS

[1] KOUHIZADEH, M.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice. **Production Planning & Control**. v. 31. 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695925.

[2] ROQUE, R. A. L.; PIERRI, A. C. Intelligent use of natural resources and sustainability in civil construction. **Research, Society And Development**;. v. 8, n. 2, p. 3482703, 1 jan. 2019. Research, Society and Development. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v8i2.703.

[3] RIBEIRO, F. M.; KRUGLIANSKAS, I. **A Economia Circular no contexto europeu: conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos.** Disponível em: https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/473.pdf. Acesso em: 4 de fevereiro de 2021.

[4] 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**. v. 114, p. 11-32, fev. 2016. Elsevier BV. DOI: http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007.

[5] LIEDER, M.; RASHID A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production.** v. 115, p. 36-51. 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042

[6] WANG M.; WANG, C. C.; SEPASGOZAR S.; ZLATANOVA, S. A Systematic Review of Digital Technology Adoption in Off-Site Construction: Current Status and Future Direction towards Industry 4.0. **Buildings.** v. 10, n. 11. 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings10110204

[7] CONFORTO, R. WSX-European waste services exchange, instrument to start the transition towards circular economy. **Procedia Environmental Science, Engineering and Management, National Society of Environmental Science and Engineering (SNSIM).** v. 6, p. 61-71, 2019

[8] PERERA, S.; NANAYAKKARAA, S.; RODRIGO, M.; SENARATNEA, S.; WEINANDB, R. Blockchain technology: Is it hype or real in the construction industry?. **Journal of Industrial Information Integration.** v. 17. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100125

[9] SWAN, M. Blockchain: Blueprint for a New Economy. **O'Reilly Media Inc**. United States of Americ, 2015.

[10] CASADO-VARA, R. ; PRIETRO, J.;PRIETRA, D. L. F.; CORCHADO, J. M.. How blockchain improves the supply chain: case study alimentary supply chain. **Procedia Computer Science.** v. 134, p. 393-398, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.193

[11] KOUHIZADEH, M.; SARKIS, J. Blockchain Practices, Potentials, and Perspectives in Greening Supply Chains. **Sustainability**. 2018. DOI: https://doi.org/10.3652.10.3390/su10103652.

[12] CHRISTOPH, G.; SCHMIDT, S. M. W. Blockchain and supply chain relations: A transaction cost theory perspective. **Journal of Purchasing and Supply Management.** v. 25, n. 4, 2019. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2019.100552

[13] GUO, Y., LIANG, C. Blockchain application and outlook in the banking industry. **Financ Innov.** v. 2, n. 24. 2016. DOI: https://doi.org/10.1186/s40854-016-0034-9

[14] TREIBLMAIER, H. The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. **Supply Chain Management**. v. 23, n. 6, p. 545-559. 2018. DOI: https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029.

[15] RANE, S.B.;THAKKER, S.V. Green procurement process model based on blockchain–IoT integrated architecture for a sustainable business. **Management of Environmental Quality**. v. 31, n. 3, p. 741-763. 2019. DOI: https://doi.org/10.1108/MEQ-06-2019-0136

[16] NARAYAN, R.; TIDSTRÖM, A. Tokenizing coopetition in a blockchain for a transition to circular economy. **Journal of Cleaner Production**. v. 263. 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121437

[17] ZHANG, A.; ZHONG, R. Y.; FAROOQUE, M.; KANG, K.; VENKATESH, V. G. Blockchain-based life cycle assessment: An implementation framework and system architecture. **Resources, Conservation and Recycling.** v. 152. 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104512

[18] KOUHIZADEH, M.; SARKIS, J.; ZHU, Q. At the Nexus of Blockchain Technology, the Circular Economy, and Product Deletion. **Applied Sciences.** v. 9, n. 8. 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/app9081712

[19] RAMAKRISHNA, S.; NGOWI, A.; JAGER, H.; AWUZIE, B.O. Emerging Industrial Revolution: Symbiosis of Industry 4.0 and Circular Economy: The Role of Universities. **Science, Technology and Society**. v. 25, n. 3, p. 505-525. 2020. DOI: https://doi.org/10.1177/0971721820912918.

[20] DERMEVAL, D.; COELHO, J. A. P. M.; BITTENCOURT, I. I. Mapeamento Sistemático e Revisão Sistemática da Literatura em Informática na Educação. In: JAQUES, P. A.; SIQUEIRA; S.; BITTENCOURT, I.; PIMENTEL, M**. Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa.** Porto Alegre: SBC, 2020.

[21] AGOSTINHO, H. l.; GRANJA, A.D. Comparação de modelos contratuais na construção civil: Um mapeamento sistemático de literatura. **Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção.** São Paulo, 2016.

[22] PAI, M.; MCCULLOCH, M.; GORMAN, J. D.; PAI, N.; ENANORIA, W.; KENNEDY, G.; THARYAN, P.; COLFORD JR, J. M. Clinical Research Methods Systematic reviews and meta-analyses: An illustrated, step-by-step guide. **National Medical Journal Of India.** v. 17, n. 2, 2004.

[23] GUEDES, V. L. S. A bibliometria e a gestão da informação e do conhecimento científico e tecnológico: uma revisão da literatura. **Revista do Instituto de Ciência da Informação da UFBA.** Salvador, v. 6, n. 2 , p. 74-109 ago 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.9771/1981-6766rpa.v6i2.5695

[24] MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C.; SCHEER, S. Análise da produção científica brasileira sobre a modelagem da Informação da Construção. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 359-384, out./dez. 2017 DOI: http://doi.org/10.1590/s1678-86212017000400202

[25] NAKAMOTO, S**.** Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Disponível em: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf. Acesso em: 15 de fevereiro de 2021.

[26] WANG, Y., HAN, J.H. and BEYNON-DAVIES, P. Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. **Supply Chain Management.** v. 24 n. 1, p. 62-84, 2019. DOI: https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0148

[27] SHOKOUHYAR, S.; PAHLEVANI, N.; SADEGHI, M. M. F. Scenario analysis of smart, sustainable supply chain on the basis of a fuzzy cognitive map. **Management Research Review**. v. 43, n. 4, p. 463-496. 2019. DOI: https://doi.org/10.1108/MRR-01-2019-0002

[28] RODRIGO, M. N. N.; PERERA, S.; SENARATNE, S.; JIN, X. Potential Application of Blockchain Technology for Embodied Carbon Estimating in Construction Supply Chains. **Buildings**. v. 10, n. 8. 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings10080140.

[29] CIOFFI, R.; TRAVAGLIONI, M.; PISCITELLI, G.; PETRILLO, A.; PARMENTOLA, A. Smart Manufacturing Systems and Applied Industrial Technologies for a Sustainable Industry: A Systematic Literature Review. **Applied Sciences**. v. 10, n. 8. 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/app10082897.

[30] DU, X.; et al. Blockchain-Based Intelligent Transportation: A Sustainable GCU Application System. **Journal of Advanced Transportation.** v. 2020, p. 1-14, 2020. DOI: https://doi.org/10.1155/2020/5036792

[31] ALEXANDRIS, G.; KATOS, V.; ALEXAKI, S.; HATZIVASILIS, G. Blockchains as Enablers for Auditing Cooperative Circular Economy Networks. **IEEE 23rd International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)**. 2018, p. 1-7. DOI: https://doi.org/10.1109/CAMAD.2018.8514985.