

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA PARA ACOMPANHAMENTO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL A PARTIR DOS PRINCÍPIOS DE QUÍMICA VERDE

Arilmara Abade Bandeira¹; Wilsonita de Melo Ubirajara²; Carlos Eduardo Celestino de Andrade³; Luiz Diego Vidal Santos⁴; Francisco Sandro Rodrigues Holanda⁵

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
arilmara2015@gmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
will_ubirajara@yahoo.com.br

³Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
eng2carlos.eduardo@gmail.com

⁴Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
vidal.center@hotmail.com

⁵Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
fholanda@infonet.com.br

Resumo

Nas últimas décadas ocorreu um crescente aumento do uso de polímeros pela indústria da construção civil. Porém, a maior parte dos polímeros convencionais é produzida a partir de derivados do petróleo, que é uma fonte de matéria prima não renovável. Por outro lado, em decorrência do contexto ambiental atual, as empresas têm sido pressionadas a mudarem seus hábitos, promovendo a inovação na produção e no desenvolvimento de produtos. Isso faz com que tanto as instituições de pesquisa como as indústrias procurem alternativas para os materiais utilizados até então. Um exemplo é a indústria da construção civil, que passou a utilizar produtos desenvolvidos a partir dos princípios da “química verde”, à base de “polímeros verdes”, os biopolímeros, inovando seus processos construtivos e substituindo o emprego de materiais convencionais. Esse artigo teve como objetivo identificar e caracterizar, através de um levantamento bibliométrico, a produtividade científica de periódicos e autores e os principais termos chave utilizados para localização de publicações sobre a aplicação de biopolímeros na construção civil. Através deste estudo foi possível analisar a produção científica sobre o tema no período de 2000 a 2019, a partir de uma amostra de 42 artigos e 3 revisões publicados em 35 periódicos. O Estudo apontou para uma produção incipiente no período de 2000 a 2018, porém, com um aumento brusco no ano de

2019, o que sugere que sejam feitas análises futuras que permitam acompanhar melhor a evolução das produções científicas sobre o tema.

Palavras-chave: biopolímeros; indústria; matéria-prima; produtos.

1 Introdução

A utilização de polímeros tem tido um papel cada vez mais importante na construção civil, com um vasto leque de aplicações. A eficiência desses materiais tem feito com que projetistas busquem substituir materiais considerados de maior nobreza, como o aço, a madeira, o barro e o concreto. Porém, como a origem dos polímeros sintéticos ou artificiais, em geral, está no petróleo, uma fonte não renovável de matéria prima, existe uma preocupação com relação à sustentabilidade do ambiente construtivo (HIPOLITO; HIPOLITO; LOPES, 2013).

As alterações climáticas e ambientais estão afetando de forma crescente o modo como as empresas estabelecem seus planejamentos estratégicos, não se podendo mais ignorar completamente a questão ambiental e ensejando a mudança de práticas em vários setores da economia. Como exemplo dessas mudanças temos a indústria química com a tendência da utilização dos princípios da química verde para o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos, e a indústria da construção civil, com a utilização das práticas de *green buildings* que possibilita a aplicação dos princípios da química verde para o desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos destinados à indústria da construção (MEIRELLES, 2014). A química verde está inserida neste cenário prevenindo a poluição causada por atividades na área de química e visa o desenvolvimento de processos que usem e gerem uma menor quantidade de materiais tóxicos (ANASTAS; WARNER, 2000). Neste caso, os riscos serão minimizados e, uma vez que o processo seja implantado, os gastos com tratamento de resíduos serão bem menores (SILVA; LACERDA; JONES JUNIOR, 2005).

Para Almeida e Moraes (2011, p.135), “as tecnologias emergentes baseadas nos avanços da biotecnologia, nanotecnologia, tecnologias de informação e comunicação e da química verde moldarão o futuro de alguns setores e irão transformar muitos outros”. Com relação ao setor de construção, são previstos impactos positivos decorrentes do desenvolvimento de novas tecnologias construtivas e materiais, como a química verde, com o uso de matérias-primas verdes na construção civil, os biopolímeros.

Os biopolímeros são materiais poliméricos, cuja matéria-prima principal para sua manufatura é uma fonte de carbono renovável, geralmente um carboidrato derivado de plantios comerciais de larga escala como cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba; ou um óleo vegetal extraído de soja, girassol, palma ou outra planta oleaginosa (PRADELLA, 2006). De acordo com a NBR 15448-1 (2008), os biopolímeros são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis. As fontes renováveis possuem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis que levam milhares de anos para se formar. Alguns fatores relacionados ao crescente interesse pelos biopolímeros são: os grandes impactos ambientais causados pelos processos de extração e refino utilizados para produção dos polímeros provenientes do petróleo, a escassez do petróleo e o aumento do seu preço. Além disso, a não biodegradabilidade dos polímeros produzidos a partir do petróleo contribui para o acúmulo de lixo plástico sem destino apropriado que levará de dezenas a centenas de anos para ser novamente assimilado pela natureza (BRITO et al., 2011).

Pesquisas buscam continuamente a substituição dos polímeros convencionais por biopolímeros que atendam às exigências das indústrias. A ampla utilização de polímeros convencionais, cuja decomposição varia de 100 a 500 anos, em uma grande diversidade de

produto aumenta o nível de resíduos que agridem o meio ambiente, enquanto os biopolímeros possuem degradação mais rápida. Portanto, os biopolímeros vêm ganhando espaço por serem facilmente degradados na natureza e também por serem produzidos a partir de fontes renováveis (SILVA; RABELO, 2017).

Portanto, é necessário que todos os conhecimentos produzidos pela ciência acerca do tema sejam tornados públicos, dando retorno para a comunidade científica sobre as atividades realizadas durante a pesquisa e quais os resultados alcançados (FERREIRA, 2010). Para isso, a bibliometria é uma das formas de medição voltadas para avaliar a ciência e os fluxos de informação (VANTI, 2002). Guedes e Borschiver (2005) conceituam bibliometria como “um conjunto de leis e princípios empíricos que contribuem para estabelecer os fundamentos teóricos da Ciência da Informação” e destacam sua aplicação como ferramenta estatística básica para a gestão da informação e do conhecimento científico e tecnológico.

Levando-se em consideração a importância de se conhecer o acervo científico sobre a utilização dos biopolímeros na construção civil, este artigo teve como objetivo identificar e caracterizar, através de um levantamento bibliométrico, a produtividade científica de periódicos e autores e os principais termos chave utilizados para localização de publicações sobre o assunto.

2 Metodologia

Uma pesquisa bibliográfica abrangente foi feita em uma das bases de dados on-line, levando-se em consideração as principais leis bibliométricas: Lei de Bradford, (produtividade de periódicos), Lei de Lotka (produtividade científica de autores) e Leis de Zipf (frequência de palavras).

2.1 Seleção dos documentos

Inicialmente, foi realizada uma busca ao banco de dados Scopus, produzido pela Editora Elsevier, de resumos e citações da literatura com revisão por pares: revistas científicas, livros, processos de congressos e publicações do setor, e oferece um panorama abrangente da produção de pesquisas do mundo nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais, artes e humanidades (ELSEVIER, 2020).

Para isso foram utilizados os descritores “*biopolymer*”, “*building*”, “*construction*” e “*green polymer*”, e os conectores “*OR*” e “*AND*”, tendo como limites o período de 2000 a 2019, documentos do tipo artigos e revisões e o idioma inglês. Foram excluídos da amostra os periódicos de disciplinas específicas e mantidos aqueles das áreas “*Engineering*” e “*Environmental Science*”, que tinham a presença dos descritores primários nos seguintes campos: título, resumo e palavras-chave. A busca inicial retornou um total de 270 artigos que foram submetidos à leitura do resumo, garantindo, assim, a exclusão de artigos que não apresentaram relação entre os temas selecionados.

Esta busca permitiu a obtenção de 42 artigos e 3 revisões publicados em 35 periódicos indexados entre os anos 2000 e 2019.

2.2 Análise dos dados

Para análise dos dados foi utilizado o aplicativo *Biblioshiny*, pacote desenvolvido para a linguagem R e que fornece um conjunto de ferramentas para pesquisas relacionadas à bibliometria e à cientometria (ARIA; CUCCURULLO, 2017). A ferramenta permite avaliar três grandes grupos: a) autores, incluindo análises relacionadas à autoria, à afiliação e aos

países; b) fontes de publicações, permitindo a avaliação do impacto das fontes e verificação da produtividade; e c) documentos, englobando referências e palavras mais citadas.

Foi também utilizado o *software VOSviewer* que é uma ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas, que podem incluir periódicos, pesquisadores ou publicações individuais, construídas com base em citações, acoplamentos bibliográficos, co-citações ou relações de co-autoria. Esta ferramenta também oferece funcionalidade de mineração de texto que pode ser usada para construir e visualizar redes de ocorrência simultânea de termos importantes extraídos de um corpo de literatura científica (VOSviewer, 2020).

3 Resultados e discussão

Segundo Bordons e Zulueta (1999), o número de publicações de uma instituição de pesquisa, determinada área ou país é um indicador útil para quantificar a atividade científica. Porém, para uma melhor análise é necessário que se faça comparações com os dados de outras instituições de pesquisa, áreas ou países. É importante também que se faça o monitoramento da produção científica ao longo do tempo.

A presente análise se inicia com a caracterização da amostra (Tabela 1), em que é apresentada a descrição das informações obtidas através da busca ao banco de dados da base Scopus.

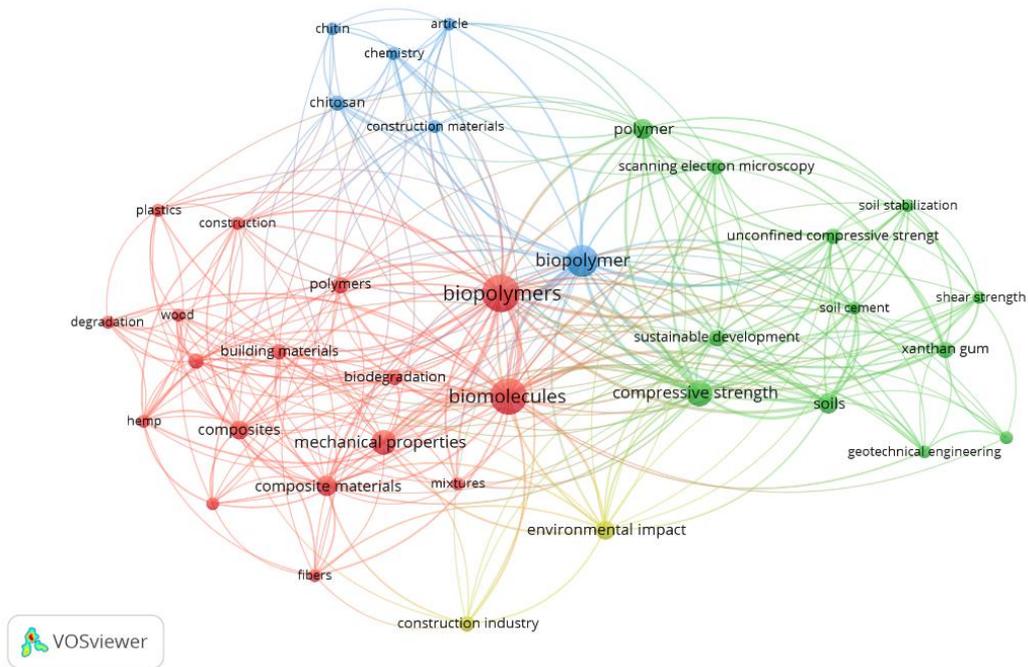
Tabela 1 - Caracterização da amostra

Descrição	Quantidade
Artigos	42
Revisões	3
Periódicos	35
Período	2000 – 2019
Taxa de crescimento anual (%)	26,6
Referências	2031
Média de citações por artigo	14,24
Autores	164
Citações do autor	184
Artigos por autor	0,274
Autores por artigo	3,64
Coautoria por artigo	4,09
Índice de colaboração	3,7

Fonte: Autoria própria (2020)

Essa busca foi submetida à análise através do *software VOSviewer*, para verificação da co-ocorrência de palavras (Figura 1) e da relação entre os artigos analisados.

Figura 1 – Co-ocorrência da palavras

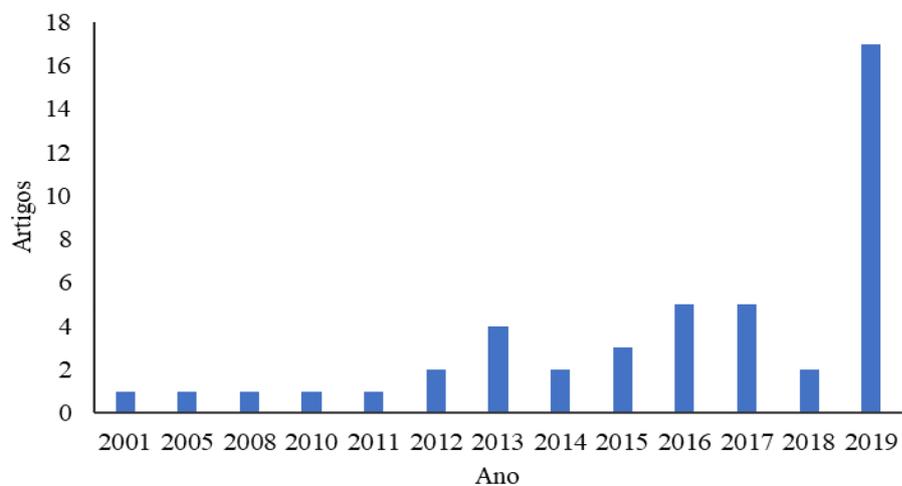


Fonte: Aatoria própria (2020)

Através deste *software* foi possível identificar também quais os termos que estiveram mais presentes nos artigos levantados. Analisando o tamanho dos nódulos apresentados na Figura 1, é possível identificar que o termo mais utilizado na amostra foi *biopolymers* e sua variação linguística para o singular.

Através da Figura 2 é possível verificar a produção científica anual sobre o uso de biopolímeros na construção civil, no período de 2000 a 2019, onde observa-se uma taxa de crescimento anual de 26,6%.

Figura 2 – Produção científica anual



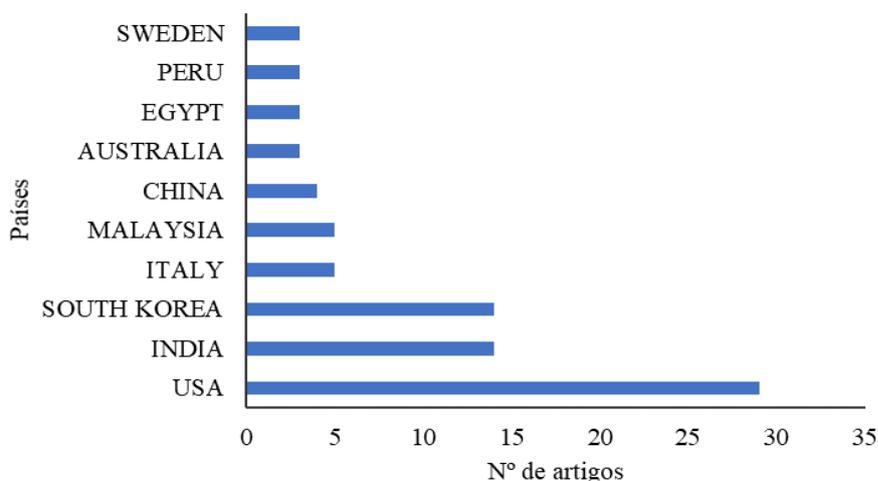
Fonte: Aatoria própria (2020)

Esta produção, desde o início do período de estudo até o ano de 2018 ainda é bastante incipiente com publicação de menos de cinco artigos por ano, excetuando-se apenas os anos

de 2016 e 2017 em que foram publicados exatos cinco artigos em cada um dos períodos. Porém, observa-se um aumento significativo no número de artigos publicados em 2019, o que demonstra que o interesse da comunidade científica pelo tema em questão ganhou bastante ênfase neste ano, tendo um acréscimo de 385,7 % em relação à média do período de 2000 a 2018, demonstrando a grande importância que a comunidade científica passou a dar ao assunto, provavelmente devido ao surgimento de novas demandas que levem em conta a questão ambiental.

A Figura 3 indica a frequência de participação de cada país na produção científica mundial sobre o tema em questão. Destaca-se a participação dos Estados Unidos (28,7%), seguido da Índia (13,9%) e Coreia do Sul (13,9%).

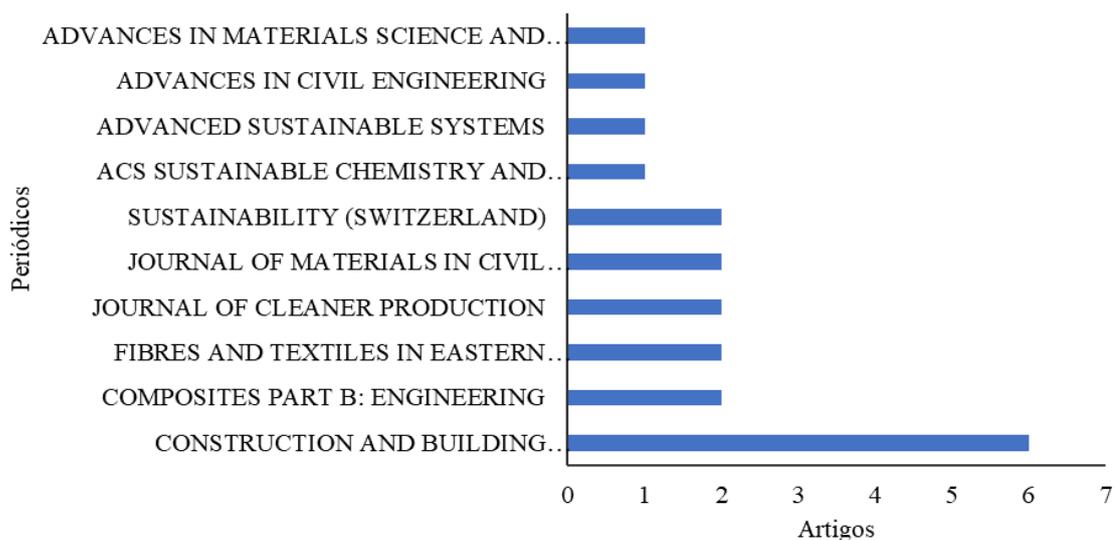
Figura 3 – Frequência de participação na produção científica por país



Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 4 indica os dez periódicos científicos que mais publicaram sobre o tema e a respectiva quantidade de artigos publicados.

Figura 4 - Periódicos e quantidade de artigos publicados

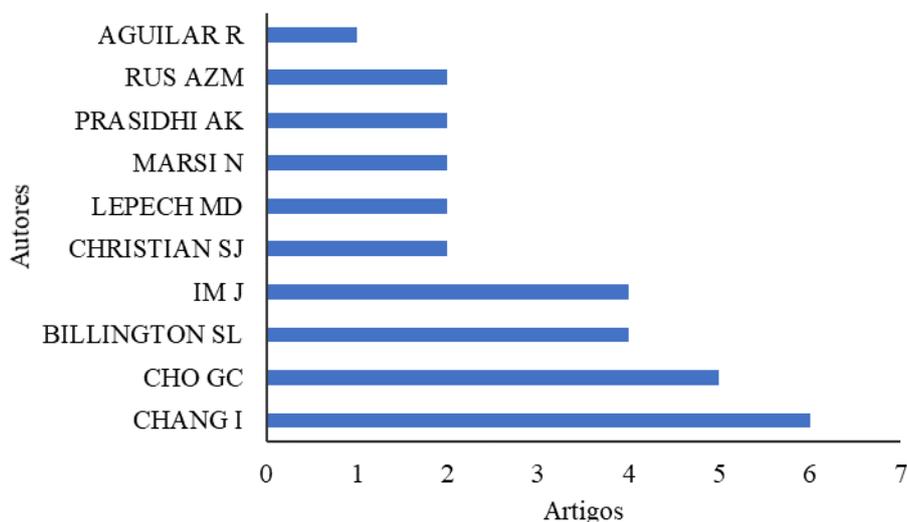


Fonte: Autoria própria (2020)

Esses periódicos são responsáveis pela publicação de 44,4% dos artigos levantados na amostra. Este indicador atende à Lei de Bradford que, segundo Araújo (2006), permite identificar o grupo de periódicos que publicam o maior número de artigos sobre o tema, formando um núcleo de periódicos de maior relevância para determinada área, que neste estudo é composto pelos periódicos: *Construction and Building Materials*, *Composites Part B: Engineering, Fibres And Textiles in Eastern Europe*, *Journal of Cleaner Production*, *Journal of Materials in Civil Engineerin e Sustainability (Switzerland)*. Observa-se que as publicações sobre o tema se concentram não só em periódicos relacionados especificamente à construção civil, mas também naqueles relacionados à sustentabilidade ambiental.

Dos 164 autores identificados na amostra, aqueles que tiveram maior participação na produção científica aparecem na Figura 5, tendo colaborado em 66,7% de toda produção sobre o tema. O restante dos autores, com apenas um artigo publicado sobre o assunto, foi contabilizado, mas não aparece no gráfico. Este indicador atende à Lei de Lotka que, segundo Café e Bräscher (2008), visa identificar os pesquisadores que mais contribuem em determinada área do conhecimento.

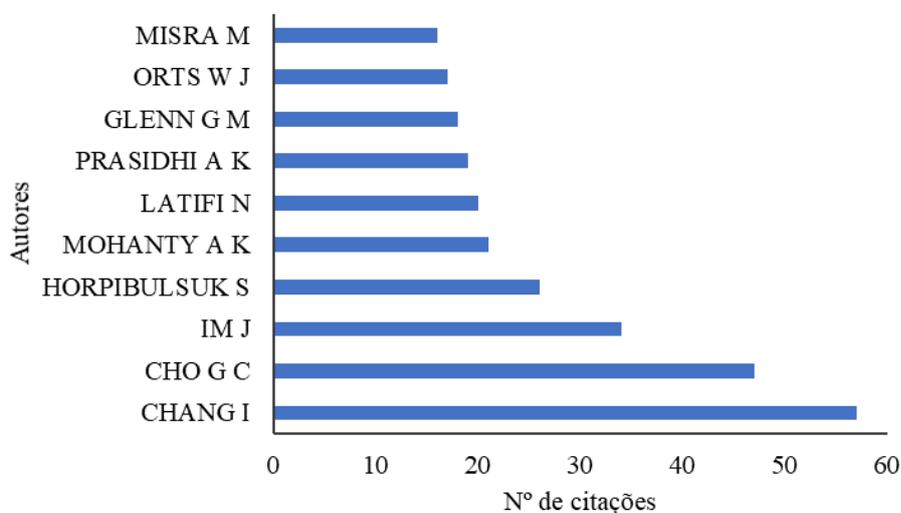
Figura 5 – Participação dos autores na produção científica



Fonte: Autoria própria (2020)

Outro indicador utilizado na bibliometria é o número de citações referentes a determinado autor que, para Bordons e Zulueta (1999), mede a influência dos autores sobre a comunidade científica de determinada área, que irão referenciá-los em trabalhos subsequentes. Os autores mais citados estão indicados na Figura 6. Não surpreende o destaque para *Ilhan Chang*, *Gye-Chun Cho* e *Jooyoung Im*, uma vez que estes estão dentre os pesquisadores que mais publicaram.

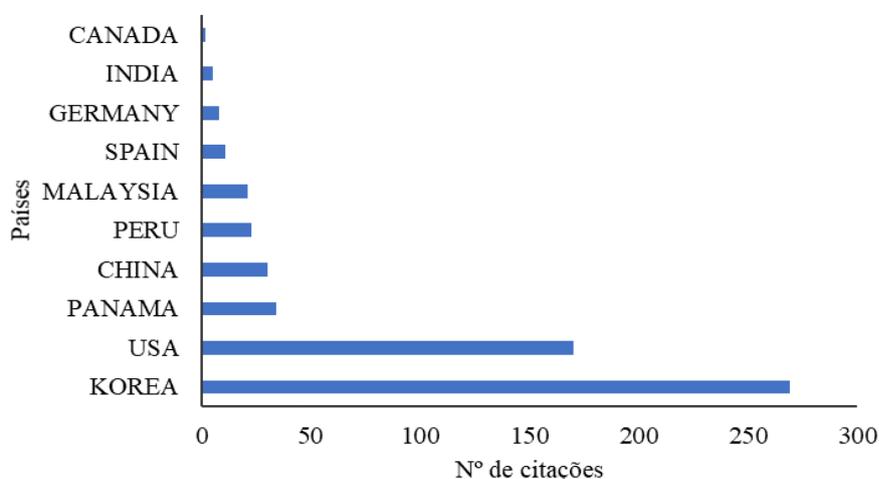
Figura 6 – Autores mais citados



Fonte: Autoria própria (2020)

Na Figura 7, referente aos dez países com maior número de citações, a Coreia aparece como o país com o maior número de citações, equivalente a 46,8% do total de citações levantadas, seguida dos Estados Unidos, com 29,6%, e Panamá, com 5,9%.

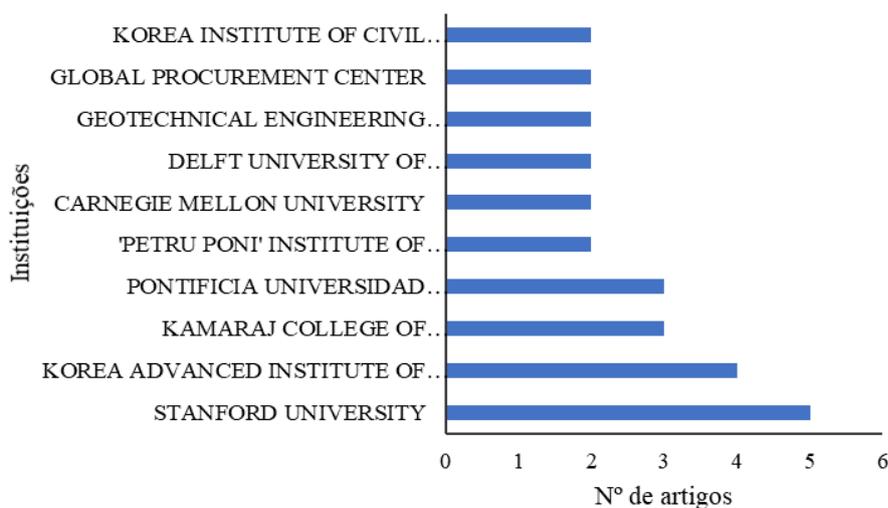
Figura 7 – Países com maior número de citações



Fonte: Autoria própria (2020)

Segundo Meseguer-Sánchez et al (2020), as instituições de pesquisa têm impacto na sociedade e no desenvolvimento econômico, ambiental e social por meio do ensino superior, pesquisa e transferência de conhecimento e tecnologia, bem como educação para a sustentabilidade. A Figura 8 mostra a participação na produção científica das dez instituições de pesquisa que mais tem contribuído com o tema, o que correspondem a 27,6% da participação de todas as instituições levantadas.

Figura 8 – Produção das instituições de pesquisa



Fonte: Autoria própria (2020)

A *Stanford University* (EUA) responde por 5,1% do total das instituições, *Korea Advanced Institute of Science and Technology – KAIST* (Coréia do Sul) por 4,1%, *Kamaraj College of Engineering and Technology* (Índia) e *Pontificia Universidad Catlica del Peru - Pucp* (Peru) por 3,1%. Apesar da Índia aparecer em nono lugar e o Peru em quinto lugar quando se refere aos dez países com maior número de citações, a *Kamaraj College of Engineering and Technology* aparece como a terceira instituição que mais tem contribuído juntamente com a *Pontificia Universidad Catolica Del Peru - Pucp*.

4 Considerações finais

Atualmente, a maior contribuição científica sobre o uso de biopolímeros na construção civil tem sido dos Estados Unidos, seguido por Índia e Coréia do Sul, sendo que as publicações feitas estão distribuídas em periódicos das áreas de Engenharia e também daquelas relacionadas à Sustentabilidade Ambiental, concentrando-se nos periódicos “*Construction and Building Materials*”, “*Composites Part B: Engineering*”, “*Fibres And Textiles in Eastern Europe*”, “*Journal of Cleaner Production*”, “*Journal of Materials in Civil Engineerin*” e “*Sustainability (Switzerland)*”. Os autores mais citados, *Ilhan Chang*, *Gye-Chun Cho* e *Jooyoung Im*, foram também os que mais produziram.

Considera-se positiva a distribuição das publicações sobre o tema entre os diversos países e instituições de pesquisa, demonstrando o interesse por esta área nos diversos continentes. Apesar do termo biopolímero aparecer como o mais citado dentro do contexto em estudo, os resultados relatados apontam para uma incipiente produção científica sobre o assunto. Por outro lado, observa-se também um aumento brusco desta produção no último ano do período de estudo, o que mostra a importância que começou a ser dada ao tema em 2019.

Indica-se, portanto, que se façam avaliações bibliométricas futuras e também patentometrias, tornando possível verificar como a produção científica sobre o tema estudado se comportará a partir de 2019 e também identificar as inovações e o desenvolvimento tecnológico nas diversas instituições e países.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. F. L. ; MORAES, C. A. C. Indústrias do futuro e tecnologias emergentes: visão de um futuro sustentável. **Parcerias Estratégicas**, v. 16, n. 33, p. 135–162, 2011.
- ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry: Theory and Practice**. Oxford University Press, Great Britain, 2000.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v. 12, n. 1, p. 11–32, 2006.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15448-1: Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis Parte 1: Terminologia**. Rio de Janeiro, 2008.
- BORDONS, M.; ZULUETA, M. Á. Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. **Revista Española de Cardiología**, v. 52, n. 10, p. 790–800, 1999.
- BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127–139, 2011.
- CAFÉ, L.; BRÄSCHER, M. Organização da Informação e Bibliometria. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. (Esp), p. 54–75, 2008.
- CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. **Revista Eletrônica de Negócios Internacionais**, v. 10, n. 2, p. 1–5, 2015.
- ELSEVIER. **Sobre a solução Scopus**. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>>.
- FERREIRA, A. G. C. Bibliometria na avaliação de periódicos científicos. **Revista de Ciência da Informação**, v. 11, n. 3, 2010.
- GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. *In: CIFORM - Encontro Nacional de Ciência da Informação. Anais...2005*.
- HIPOLITO, I. DA S.; HIPOLITO, R. DA S.; LOPES, G. DE ALMEIDA. Polímeros na construção civil. *In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Anais...2013*
- MEIRELLES, S. Química verde: a indústria química e seus impactos na indústria da construção. *In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Anais...2014*
- MESEGUER-SANCHEZ, V.; ABAD-SEGURA, E.; BELMONTE-URENA, L. J.; MOLINA-MORENO, V. Examining the research evolution on the socio-economic and environmental dimensions on university social responsibility. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 13, 2020.
- PRADELLA, J. G. DA C. **Biopolímeros e Intermediários Químicos**. São Paulo: [s.n.].
- SILVA, F. A. DA; RABELO, D. O Uso Sustentável de Polímeros. **Revista Processos Químicos**, n. Jan/jun de 2017, p. 9–16, 2017.
- SILVA, F. M. DA; LACERDA, P. S. B. DE; JONES JUNIOR, J. Desenvolvimento sustentável e química verde. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 103–110, 2005.
- VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, p. 369–379, 2002.
- VOSviewer, 2020. **Visualizing scientific landscapes**. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em 06 jun. 2020.