



RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

THE RELATIONSHIP BETWEEN SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PRODUCTION IN BIOPOLYMER INNOVATIONS IN CIVIL CONSTRUCTION

RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y LA PRODUCCIÓN TECNOLÓGICA SOBRE INNOVACIONES BASADAS EN EL USO DE BIOPOLÍMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN CIVIL

Arilmara Abade Bandeira¹, Luiz Diego Vidal Santos¹, Wilsonita de Melo Ubirajara¹, José dos Santos Machado¹, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto², Francisco Sandro Rodrigues Holanda¹

e4104080

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i10.4080>

PUBLICADO: 10/2023

RESUMO

A demanda pelo uso de materiais não convencionais na construção civil avança a cada dia, em busca de minimizar os danos ambientais provocados pelo setor. Entre estes materiais, estão os biopolímeros, produzidos a partir de fontes renováveis de matéria prima. Já existem diversas pesquisas científicas e patentes publicadas relacionadas a essa inovação tecnológica, muitas vezes desenvolvidas em parceria, favorecendo a troca de conhecimentos e de recursos. O objetivo do presente estudo foi analisar a relação entre a produção científica e a produção tecnológica sobre as inovações baseadas na utilização de biopolímeros pela construção civil. Os dados, referentes ao período de 2010 a 2022, foram levantados nas bases de dados *Scopus* e *Espacenet*, e os resultados foram analisados por meio da análise de covariância (ANCOVA), do teste Qui-quadrado de *Pearson* e da correlação de *Spearman*. As taxas de crescimento das publicações científicas e tecnológicas foram significativas, e tanto a produção científica quanto a produção tecnológica cresceram a taxas estatisticamente iguais. O volume de documentos científicos e de patentes publicadas diferiu no caso de o trabalho ter sido desenvolvido ou não em parceria entre os países, os autores, os requerentes ou entre as organizações. O volume de artigos científicos não teve influência sobre o volume de patentes publicadas, e vice-versa. Ficou comprovado, estatisticamente também que, apesar do expressivo número de autores e inventores, apenas um pequeno número deles foi responsável pela maior parte das publicações relacionadas à utilização de biopolímeros na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia. Meio ambiente. Patente. Propriedade intelectual. Recursos naturais.

ABSTRACT

The construction industry increasingly recognizes the importance of sustainable materials to minimize their negative environmental impact. Biopolymers, derived from renewable sources, are emerging as a leading alternative. This innovation has been extensively explored through scientific research and published patents, often resulting from cooperation that enables the exchange of resources and knowledge. The aim of this study is to investigate the relationship between scientific and technological production on the innovations related to the application of biopolymers in civil construction. The data, which covers the period from 2010 to 2022, was obtained from the Scopus and Espacenet databases. The results were analyzed using Analysis of Covariance (ANCOVA), Pearson's Chi-square test, and Spearman's correlation. The study found that both scientific and technological production showed statistically equal growth rates. The amount of scientific literature and published patents differed based on factors such as collaborations between nations, authors, applicants, or organizations. It is worth noting that there was no correlation found between the number of scientific articles and published patents. Additionally, empirical evidence suggests that despite the large number of authors and inventors, only a small number of individuals were responsible for the vast majority of articles on the use of biopolymers in the construction industry.

KEYWORDS: Engineering. Environment. Patent. Intellectual property. Natural resources.

¹ Universidade Federal de Sergipe – UFS.

² Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos – CEBRASPE.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arlimara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Ikaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

RESUMEN

La demanda por el uso de materiales no convencionales en la construcción civil avanza día a día, con el fin de minimizar el daño ambiental causado por el sector. Entre estos materiales se encuentran los biopolímeros, producidos a partir de fuentes renovables de materia prima. Ya existen varias investigaciones científicas y patentes publicadas relacionadas con esta innovación tecnológica, a menudo desarrolladas en asociación, que favorecen el intercambio de conocimientos y recursos. El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre la producción científica y la producción tecnológica sobre innovaciones basadas en el uso de biopolímeros por la construcción civil. Los datos, referidos al periodo de 2010 a 2022, se recogieron en las bases de datos Scopus y Espacenet, y los resultados se analizaron mediante análisis de covarianza (ANCOVA), prueba de Chi-cuadrado de Pearson y correlación de Spearman. Las tasas de crecimiento de las publicaciones científicas y tecnológicas fueron significativas, y tanto la producción científica como la tecnológica crecieron a tasas estadísticamente iguales. El volumen de documentos científicos y de patentes publicados difería si el trabajo se desarrollaba o no en asociación entre países, autores, solicitantes u organizaciones. El volumen de artículos científicos no influyó en el volumen de patentes publicadas, y viceversa. También se demostró estadísticamente que a pesar del número significativo de autores e inventores, solo un pequeño número de ellos fueron responsables de la mayoría de las publicaciones relacionadas con el uso de biopolímeros en la construcción civil.

PALABRAS CLAVE: Ingeniería. Medio ambiente. Patentes. Propiedad intelectual. Recursos naturales.

INTRODUÇÃO

A crescente elevação dos níveis de poluição é um desafio comum enfrentado no mundo contemporâneo. Porém, a idiosincrasia humana continua a desenvolver atividades que repercutem em prejuízos ambientais. Deste modo, as economias enfrentam maiores pressões para um desenvolvimento econômico sustentado em medidas com menor impacto ecológico, especialmente com relação à fabricação e à aplicação de materiais plásticos (Lear *et al.*, 2022; Adeniran; Shakantu, 2022; Kasioumi; Stengos, 2022). A preocupação cada vez maior com o meio ambiente e a exaustão dos recursos naturais têm levado a uma necessidade crescente de gerar inovações tecnológicas que levem à produção de materiais ecologicamente corretos (Phiri *et al.*, 2023).

Rech *et al.* (2023) afirmam que a indústria da construção civil tem sido uma das grandes responsáveis pela poluição e pelo esgotamento de matéria prima, uma vez que se apresenta como consumidora de grandes quantidades de materiais de base mineral. Os autores destacam ainda que, em busca da redução do uso de recursos não renováveis, existe uma forte tendência em se desenvolver alternativas que busquem a substituição de materiais atualmente utilizados pelo setor por materiais que minimizem ou eliminem os danos ambientais. Com esta perspectiva, o setor da construção civil se debruça na busca por medidas não só com lastro em inovação tecnológica, mas também com viés sustentável e, com isso, muitos novos materiais e meios de manufatura foram introduzidos e estão sendo aplicados (Alqahtani *et al.*, 2022).

De acordo com Rashid (2017), a construção civil vem experimentando uma quantidade crescente de diferentes possibilidades de uso dos materiais não convencionais, e entre eles estão os biopolímeros, que possuem uma variedade de aplicações possíveis neste setor. Segundo reportes literários recentes (Chang *et al.*, 2020; Choi *et al.*, 2020; Bozyigit; Javadi; Altun, 2021; Ramachandran *et al.*, 2021; Ni *et al.*, 2021; Alqahtani *et al.*, 2022; Losini *et al.*, 2023; Nwankwo *et al.*, 2023; Panagiotidou



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arilmara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

et al., 2023), as inovações tecnológicas que envolvem o uso de biopolímeros se apresentam com grande potencial para estabilizar o solo, ser utilizado como aditivos para materiais de aterro, substituir agregados naturais no concreto, melhorar o conforto térmico, dentre outros.

Com efeito, é de fácil percepção que as inovações tecnológicas desempenham um papel vital para o progresso científico e tecnológico dos diferentes ramos industriais. Além disso, a ação conjunta para uma finalidade comum, ou seja, a cooperação científica e tecnológica, intensifica de modo sinérgico o florescimento da ciência e sua tradução em progresso nas diferentes regiões do mundo (Zhang *et al.*, 2021). A colaboração científica e tecnológica torna possível o compartilhamento de conhecimentos e recursos, promovendo a produção e o fluxo de informações, resolvendo problemas mais complexos e estimulando a inovação (Lubango, 2020).

Como exemplo de algumas produções colaborativas, podem ser citadas as pesquisas científicas sobre o uso de biopolímeros na construção civil desenvolvidas por Benzerara *et al.*, (2021), em uma parceria entre a *Univ. Bretagne-Sud* (França) e *Badji Mokhtar-Annaba University* (Argélia); os estudos de Gazzar, Estévez e Abdallah (2021), em parceria entre a *Universitat Internacional de Catalunya* (Espanha) e a *Helwan University* (Egito); o trabalho de Shanmugavel *et al.*, (2020), em parceria entre o *SRM Institute of Science & Technolog* (Itália), o *National Research Council* (Itália) e a *School of Civil and Chemical Engineering* (Índia), entre outros.

Da mesma forma, as parcerias na produção tecnológica sobre a inovação em estudo podem ser evidenciadas nos documentos das patentes publicadas. Entre eles, estão o de número WO2022013724A1, que diz respeito a um trocador de calor e massa feito com hidrogel biocompósito de alginato-bentonita para captura de vapor de água e seu processo de produção, para ser usado em sistemas de refrigeração, cujos requerentes são de países distintos – o Politecnico di Torino, da Itália, e a Princeton University, dos Estados Unidos da América –; o KR102292230B1, sobre uma mistura de biopolímero com fibra vegetal e um método de reforço de talude, usando o produto, requerido em parceria por diferentes instituições de pesquisa coreanas – *Korea Advanced Institute of Science and Technology*, *Gwangju Institute of Science and Technology* e *Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology* –; e o WO2019054969A2, referente a um método de biocalcificação bacteriana e materiais de construção obtidos por meio deste método, que tem como requerente a *Dokuz Eylul Universitesi Rektörlüğü* e *Ege Universitesi*, ambas da Turquia (Espacenet, 2023).

O exame da produção científica permite uma avaliação quantitativa do desenvolvimento e avanço das pesquisas relacionadas à inovação tecnológica em questão e possibilita que vários registros sejam extraídos das publicações, a exemplo de palavras-chave, informações do autor, afiliação institucional, periódicos e citações (Li *et al.*, 2021; Mao *et al.*, 2020). Ao mesmo tempo, as publicações tecnológicas possibilitam a análise dos documentos de patentes, tornando possível o acesso a informações relevantes sobre a inovação e sobre a existência de rede colaborativa formada por diferentes atores (Liu; Zhang; Zhang, 2020; Yu *et al.*, 2022).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arlimara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

Isto posto, a partir do levantamento dos dados contidos nas publicações científicas e de patentes, este estudo tem como objetivo analisar a relação entre a produção científica e a produção tecnológica sobre as inovações baseadas na utilização de biopolímeros na construção civil.

1 MÉTODO

A pesquisa se pautou em dados coletados em publicações científicas e documentos de patentes, tendo uma natureza descritiva, com abordagem quantitativa. A análise dos dados foi realizada por meio de estatística descritiva, com o uso do *software* R Core Team 2022 (Versão 4.2.0) como ferramenta de apoio. O nível de significância adotado neste estudo foi de 5%.

Os dados oriundos da produção científica foram obtidos na base de dados *Scopus*, com o emprego dos descritores “*biopolymer*”, “*building*”, “*construction*” e “*green polymer*”, e os conectores “*OR*” e “*AND*”, nos campos do título, resumo e palavras-chave das publicações, no período de estudo limitado entre 2010 e 2022. Foram considerados somente estudos primários, artigos e revisões referentes às áreas “*Engineering*” e “*Environmental Science*”, no idioma inglês. Esta base de dados foi escolhida por armazenar um grande número de documentos reconhecidos cientificamente nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais, artes e humanidades, e disponibiliza ferramentas inteligentes para monitorar, analisar e visualizar pesquisas, além de elementos para análise de citações, referências, entre outras (Elsevier, 2022).

Para a busca na base de dados *Scopus*, foi utilizada a *string* TITLE-ABS-KEY ((*biopolymer OR "green polymer"*) AND (*construction OR building*)) AND DOCTYPE (ar OR re) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2022 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENVI")), seguida da leitura de cada documento, excluindo-se aqueles que não tinham relação com o tema em estudo.

A busca por documentos de patentes foi realizada na base de dados *Espacenet*. Esta base de dados permite o acesso a 130 milhões de documentos de patentes do mundo todo (Espacenet, 2023). Na estratégia de busca foram utilizados os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP), ou *International Patent Classification* (IPC), referentes à Seção E (Construções Fixas), e as Classes de 01 a 06 (WIPO, 2022):

- E01 – Construções de estradas, ferrovias ou pontes;
- E02 – Engenharia Hidráulica; Fundações; Estabilização do solo;
- E03 – Abastecimento de água; Sistema de esgoto;
- E04 – Construção;
- E05 – Fechaduras; Acessórios para janela ou porta; Segurança;
- E06 – Portas, janelas, obturadores ou estores de rolo em geral; Escadas.

A busca, que foi realizada em todos os campos do texto ou nomes, incluiu o descritor "biopol*", com as patentes publicadas entre o período de 2010 e 2022, nos idiomas inglês e português. A *string* utilizada foi "biopol*" AND pd = "2010,2022" AND (cl any "E01" OR cl any "E02" OR cl any "E03" OR cl any "E04" OR cl any "E05" OR cl any "E06").

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arlimara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

Por meio da verificação dos documentos científicos e de patentes, foi possível identificar a existência de parcerias no desenvolvimento das pesquisas e inovações tecnológicas geradas. As informações pertinentes foram exportadas para planilhas do *Microsoft Excel*[®]. Procedeu-se, então, a análises por meio do uso de estatística descritiva, para uma melhor compreensão dos dados e para a avaliação da dependência entre as variáveis.

A estatística descritiva é usada para descrever as características básicas dos dados de um estudo, fornecendo resumos simples sobre a amostra e as medidas (Mishra *et al.*, 2019). Ela recomenda como resumir os dados da pesquisa de forma simples e clara em tabelas ou figuras, que visam fornecer informações oportunas sobre os resultados de uma investigação, mostrando tendências e reforçando conceitos ou fatos (Rendón-Macías; Villasís-Keever; Miranda-Novales, 2016). A estatística descritiva constitui uma importante parte da pesquisa científica, fornecendo uma visão geral das características dos dados levantados e comunicando informações de maneira direta (Turner; Houle, 2019).

Para análise dos dados, foram utilizadas a análise de covariância (ANCOVA), o teste do Qui-quadrado e a correlação de *Spearman*.

A análise de covariância (ANCOVA) é utilizada quando a análise de variância é realizada com uma ou mais covariáveis e inclui variáveis quantitativas que exercem influência sobre o desfecho de interesse. A utilização da ANCOVA permite que se reduza a variância dos erros para melhorar a precisão na análise dos resultados (Hair Jr *et al.*, 2009; Tavakoli, 2015).

O teste do Qui-quadrado é utilizado para verificar a dependência ou não entre as variáveis consideradas, verificando se a proporção de indivíduos com determinado atributo, em uma dada população, é estatisticamente diferente de proporção de indivíduos com o mesmo atributo, em outra população (Agresti, 2007; Fortuna, 2021).

O coeficiente de correlação de *Spearman* é utilizado para verificar se as variáveis estão associadas e qual o seu grau de associação (Miot, 2018). É um teste não-paramétrico que tem como finalidade determinar o grau de associação entre duas variáveis, apropriado quando as variáveis são medidas em uma escala que é pelo menos ordinal, dispostas em postos ordenados em duas séries X e Y. A correlação de determinação de *Spearman* indica a porcentagem de variação dos valores de Y em função do valor de X (Fortuna, 2021; Lira; Neto, 2006).

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A averiguação nas bases de dados *Scopus*, procedida de uma análise crítica detalhada de cada documento, resultou em 96 publicações científicas, e a pesquisa efetuada na base de dados *Espacenet* permitiu o acesso a 306 documentos de patentes publicadas, relacionados às inovações tecnológicas sobre o uso de biopolímeros pela indústria da construção civil.

Os dados referentes à produção científica e à produção tecnológica identificados nos documentos são apresentados na Tabela 1.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arlimara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

Tabela 1 – Produção científica e produção tecnológica

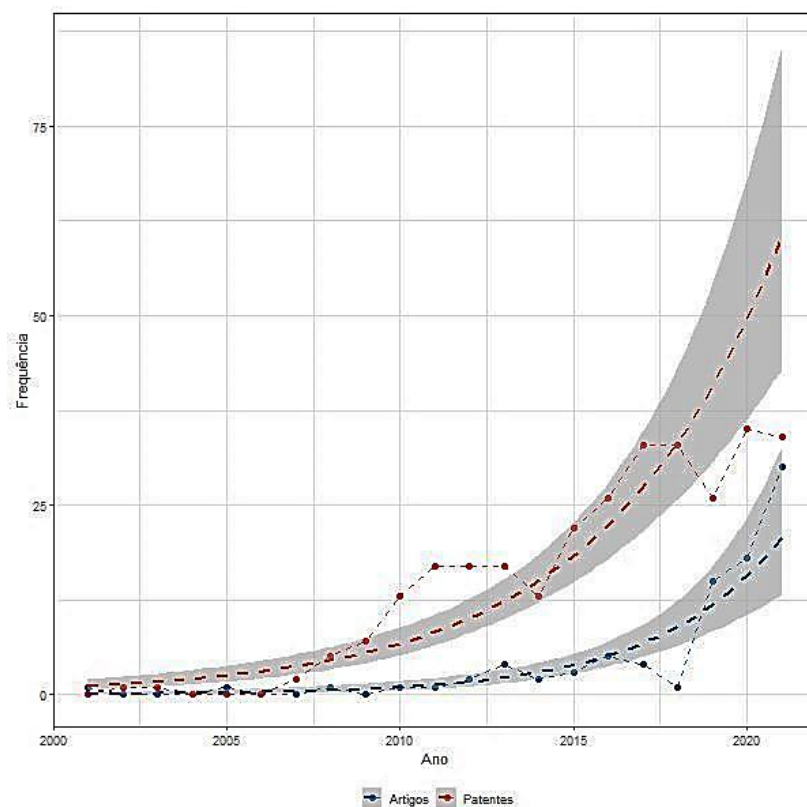
Base de dados	Nº de autores	Nº de inventores	Nº de requerentes	Nº de instituições/ organizações	Nº de países	Nº de publicações científicas	Nº de patentes
Scopus	299		-	120	35	96	-
Espacenet		665	288	-	34	-	306

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Os dados da Tabela 1 mostram que a quantidade de atores envolvidos na publicação de documentos científicos e tecnológicos relacionados às inovações tecnológicas sobre o uso de biopolímeros pela construção civil é bastante expressiva. Pode-se observar também que, no período em estudo, o volume de patentes publicadas foi bem maior que o de publicações científicas.

Na Figura 1, percebe-se a evolução anual das publicações científicas e patentes publicadas no período de 2000 a 2022.

Figura 1 – Evolução anual da produção científica e tecnológica



Fonte: Elaborado pelos autores, com dados do *Scopus* e do *Espacenet* (2022)

Observa-se um crescimento das publicações científicas e tecnológicas ao longo do período de estudo, apontando o interesse por essa tecnologia. A produção científica alcançou um aumento considerável no número de publicações a partir de 2019, provavelmente devido à crescente demanda pelo uso de materiais não convencionais pela indústria da construção civil, visando a um o

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arlimara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Ikaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

desenvolvimento econômico, sustentado em medidas com menor impacto ecológico. Semelhantemente, o aumento do número de patentes publicadas no período pesquisado confirmou a relevância da inovação tecnológica em estudo, com um crescimento da quantidade de publicações a partir de 2007. O número reduzido de publicações em 2022 deve-se ao fato de o estudo estar restrito aos primeiros meses deste ano.

Para avaliar diferenças na evolução temporal do volume de publicações científicas e de patentes, foi aplicada a análise de covariância (ANCOVA). A análise de covariância é utilizada para comparar médias de resposta entre grupos, variáveis categóricas, ajustadas para uma covariável, capaz de influenciar o resultado e reduzir o erro (Tavakoli, 2015).

O uso da covariância neste estudo serviu para revelar se está ocorrendo um aumento na produção de documentos científicos e/ou na publicação de patentes ao longo do tempo e, em caso positivo, qual o valor desta taxa de crescimento. A Tabela 2 exibe as taxas de crescimento anual tanto da produção científica como da produção tecnológica.

Tabela 2 - Evolução temporal do volume de publicações e patentes relacionadas ao uso de biopolímeros pela indústria da construção civil

	B (IC95%)	p-valor
Publicações científicas vs Ano	1,36 (1,28-1,46)	<0,001
Patentes publicadas vs Ano	1,22 (1,17-1,28)	<0,001
Publicações científicas vs Patentes publicadas por Ano	0,92 (0,84-1,00)	0,069

Legenda: B – Mudança média anual. IC95% – Intervalo com 95% de confiança.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Observou-se na Tabela 2 que as publicações científicas aumentaram em 36% ao ano, e a produção tecnológica em 22% ao ano. Considerando-se que o valor de crescimento significativo é menor que 0,05 (5%), tanto a taxa de crescimento da produção científica como a de produção tecnológica foram significativas, concordando estatisticamente, com as observações apresentadas anteriormente em relação a Figura 1, que abordam o crescimento das publicações científicas e tecnológicas sobre a utilização de biopolímeros na construção civil, e apontam a crescente importância que está sendo dada à inovação tecnológica em estudo.

No entanto, a razão entre a taxa de crescimento da produção científica com relação à taxa de crescimento da produção tecnológica, cujo valor é 0,69, não é significativa, isto é, ambas crescem a taxas estatisticamente iguais. Uma das causas para se ter chegado a este valor pode ter sido a pequena quantidade de anos observados, devido à ausência de produção científica e à baixa produção tecnológica antes de 2000.

Para avaliar se o volume de publicações científicas e patentes difere quanto à existência ou não de parcerias, foi aplicado o teste Qui-Quadrado de Pearson.

Primeiramente, levou-se em consideração a parceria entre diferentes países. A Tabela 3 apresenta os dados referentes à existência ou não de parceria entre os países.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arlmara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

Tabela 3 – Volume de publicações com e sem parceria entre os países

PUBLICAÇÕES	ARTIGOS PUBLICADOS	PATENTES PUBLICADAS	p-valor
Sem parceria entre os países	74 (77,1%)	301 (98,4%)	<0,001
Com parceria entre os países	22 (22,9%)	5 (1,6%)	
TOTAL	96 (23,9%)	306 (76,1%)	

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

O teste do Qui-quadrado é utilizado para verificar a dependência ou não entre as variáveis consideradas (Tavakoli, 2015), e, nesse estudo, ele foi utilizado para testar a seguinte hipótese nula: não há associação entre o volume da produção científica e tecnológica e o fato de os países trabalharem em parceria com outros países.

Considerando um nível de significância de 5%, a hipótese nula foi rejeitada, com um valor <0,001, como pode ser visto na Tabela 3. Logo, há evidências de que as variáveis estejam relacionadas e que o volume de documentos científicos e de patentes publicadas difere caso o trabalho tenha sido desenvolvido em parceria com outros países.

De acordo com Su (2017), com a crescente interdependência entre os países, devido à globalização, a colaboração internacional em pesquisa e desenvolvimento, facilitando a troca de informações e o compartilhamento de custos, tem sido identificada como responsável pelo aumento do fluxo de conhecimento entre os países. No entanto, foi observado, no presente estudo, que a maior quantidade de publicações científicas e tecnológicas sobre a utilização de biopolímeros na construção civil ocorreu sem a existência de parceria entre os países.

O teste Qui-Quadrado de Pearson também foi utilizado para verificar se o volume de artigos e de patentes publicadas difere quanto à existência ou não de parcerias entre os autores ou entre os inventores, conforme pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 – Volume de publicações com e sem parceria entre os autores e entre os inventores

PUBLICAÇÕES	ARTIGOS PUBLICADOS	PATENTES PUBLICADAS	p-valor
Sem parceria entre os autores/inventores	01 (1%)	90 (29,4%)	<0,001
Com parceria entre os autores/inventores	95 (99%)	216 (70,6%)	
TOTAL	96 (23,9%)	306 (76,1%)	

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Neste caso, a hipótese nula é: não há associação entre o volume da produção científica e tecnológica e o fato de os autores e os inventores trabalharem em parceria com outros autores e inventores.

Sendo o nível de significância de 5%, a hipótese nula foi rejeitada, uma vez que o valor apresentado na Tabela 4 é <0,001, o que indica que, estatisticamente, tanto as publicações científicas



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arilmara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

como as de patentes diferem caso o trabalho tenha sido desenvolvido em parceria entre os autores ou entre os inventores.

O resultado desta pesquisa mostra a existência de parceria entre autores em 99% das publicações científicas. Expõe também que ocorreu parceria entre o inventores para a maioria das patentes publicadas. A colaboração entre pesquisadores é importante na promoção do desenvolvimento da ciência e da tecnologia do mundo todo (Shi; Yang; Du, 2020). As atividades desenvolvidas em parceria têm sido reconhecidas pela sua relevância, considerando-se que a inovação é um processo interativo, no qual são particularmente importantes o fluxo de conhecimento e as informações geradas (Chen; Lin, 2017).

A Tabela 5 mostra os dados que permitem verificar se o volume de artigos e de patentes publicadas difere quanto à existência ou não de parcerias entre as organizações, de acordo com o teste Qui-Quadrado de Pearson.

Tabela 5 – Volume de publicações com e sem parceria entre as organizações

PUBLICAÇÕES	ARTIGOS PUBLICADOS	PATENTES PUBLICADAS	p-valor
Sem parceria entre as organizações	37 (38,5%)	246 (80,4%)	<0,001
Com parceria entre as organizações	59 (61,5%)	60 (19,6%)	
TOTAL	96 (23,9%)	306 (76,1%)	

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Foi considerada a hipótese nula: não há associação entre o volume da produção científica e tecnológica e o fato de as organizações desenvolverem os estudos em parceria com outras organizações ou requererem as patentes em conjunto com outras organizações.

Neste caso, a hipótese nula também foi rejeitada, uma vez que o valor apresentado na Tabela 5 é <0,001, e o nível de significância considerado é de 5%. Em vista disso, estatisticamente, a quantidade de documentos científicos e de patentes publicadas difere se o trabalho foi desenvolvido ou não em parceria com outras organizações.

A geração do conhecimento depende, cada vez mais, da transposição dos limites entre as organizações (Li; Tang, 2021). Esforços colaborativos de pesquisa e desenvolvimento voltados para novas tecnologias são relevantes e frequentes, e o estabelecimento de parcerias visa potencializar a inovação e o desenvolvimento tecnológico (Pereira *et al.*, 2018). Neste trabalho, foi possível identificar que a maioria das publicações científicas foram realizadas com parceria entre as organizações. Em contrapartida, a maior parte das inovações tecnológicas foram desenvolvidas sem parceria entre as organizações.

Para avaliar a existência de correlação entre o volume de artigos e patentes, existindo ou não parceria entre os países, foi aplicada a correlação de *Spearman* (Tabela 6).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arlimara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Ikaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

Tabela 6 - Correlação de *Spearman*: países com e sem parceria

Publicações	R	p-valor
Artigos	0,251	0,146
Patentes	-0,050	0,778

Legenda: R – Correlação de *Spearman*.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Uma das opções mais utilizadas na investigação da correlação entre variáveis quantitativas que não apresentam distribuição normal é a correlação da ordem de postos de *Spearman* (Miot, 2018). Por isso, a correlação de *Spearman* foi utilizada para avaliar se os países que produzem mais artigos também produzem mais patentes, e vice-versa.

De acordo com a Tabela 6, os valores maiores que 0,05 indicam que não é significativa a relação entre a quantidade de artigos e a quantidade de patentes publicadas. Isto é, o volume de artigos científicos não tem influência sobre o volume de patentes publicadas, e vice-versa.

Portanto, a análise estatística mostrou que, apesar de a taxa de crescimento da produção científica e da produção tecnológica serem significativas, a quantidade de artigos publicados sobre a utilização de biopolímeros na construção civil não interferiu na quantidade de patentes publicadas sobre a inovação tecnológica em questão.

Para avaliar estatisticamente diferenças na Lei de *Lotka*, foi aplicado a análise de covariância (ANCOVA), cujos resultados são expostos na Tabela 7.

Tabela 7 - Lei de *Lotka*

	B (IC95%)	p-valor
Nº de Autores/Inventores vs Nº de Publicações/Patentes	30,14 (-32,00;149,09)	0,382

Legenda: B – Coeficiente de regressão. IC95% – Intervalo com 95% de confiança.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A Lei de *Lotka* visa apontar os pesquisadores que mais contribuem em determinada área do conhecimento (Café; Bräscher, 2008). De acordo com Lotka (1926), em várias áreas do conhecimento existem poucos pesquisadores com muita produção científica e muitos pesquisadores com baixa produção científica.

Os valores encontrados na Tabela 7 indicam que ambos os grupos possuem o mesmo coeficiente de regressão, cujo valor é 30,14, o que indica que, estatisticamente, não há diferença entre eles. Além disso, o valor 0,382 é maior que o valor considerado significativo, que é 0,05, indicando que a Lei de *Lotka* não difere entre o grupo de autores e de inventores, comprovando estatisticamente que foram poucos os autores e inventores responsáveis pela maior parte da produção científica e tecnológica que envolve a utilização de biopolímeros na construção civil. A maioria dos autores e inventores geraram pouca produção sobre esta inovação tecnológica.

A leitura detalhada dos documentos mostrou que, de um total de duzentos e noventa e nove autores, somente Ilhan Chang, Gye-Chun Cho e Jooyoung Im são responsáveis pela quantidade mais expressiva das publicações científicas. Da mesma maneira, dos seiscentos e sessenta e cinco

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arilmara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

inventores, apenas Kim In Jung, Chang Il Han, Cho Gye Chun, Im Jooyoung, Kim Youngkang e Yoon Jihyun aparecem como inventores em grande parte das patentes requeridas.

3 CONSIDERAÇÕES

O presente trabalho permitiu observar que, no período em estudo, ocorreu um aumento tanto da produção científica quanto na produção tecnológica sobre as inovações que têm como base o uso de biopolímeros na construção civil, mostrando um número expressivo de atores envolvidos e apontando o interesse crescente por essa inovação tecnológica. Estes resultados foram ratificados pela análise estatística, que revelou que as taxas de crescimento das publicações científicas e das publicações tecnológicas foram significativas.

Pode ser comprovado, estatisticamente, que o volume de documentos científicos e de patentes publicadas difere caso o trabalho tenha sido desenvolvido em parceria entre os países, os autores, os requerentes ou entre as organizações.

O número de publicações científicas foi maior quando existiu parceria entre os autores e entre as organizações. Porém, observou-se poucas parcerias entre os países nas pesquisas realizadas. Por outro lado, o número de publicações tecnológicas foi mais expressivo quando ocorreu parceria entre os inventores. Entretanto, a maioria das inovações tecnológicas foram desenvolvidas sem a colaboração entre as organizações ou entre os países.

Foi possível verificar que o volume de artigos científicos não teve influência sobre o volume de patentes publicadas, e vice-versa, e que, tanto na produção científica como na produção tecnológica sobre a inovação em estudo, apesar do grande número de autores e inventores envolvidos, foi uma minoria deles que gerou a maior parte das publicações.

Vale ressaltar que considerando o período observado (2000 a 2022), não foi verificada produção científica sobre a utilização de biopolímeros na construção civil antes de 2000, e que a produção tecnológica sobre a inovação em questão foi baixa antes deste ano.

REFERÊNCIAS

- ADENIRAN, A. A.; SHAKANTU, W. The health and environmental impact of plastic waste disposal in South African townships: a review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19020779>.
- AGRESTI, A. **An introduction to categorical data analysis**. 2. ed. Flórida: John Wiley & Sons, 2007.
- ALQAHTANI, F. K. Development of composite PET plastic-based aggregate and its utilization in green lightweight concrete. **Arabian Journal for Science and Engineering**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-022-06852-z>.
- BENZERARA, M. *et al.* Combined and synergic effect of algerian natural fibres and biopolymers on the reinforcement of extruded raw earth. **Construction and Building Materials**, v. 289, p. 123211, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123211>.
- BOZYIGIT, I.; JAVADI, A.; ALTUN, S. Strength properties of xanthan gum and guar gum treated kaolin



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arlimara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Ikaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

at different water contents. **Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering**, v. 13, n. 5, p. 1160–1172, 2021. DOI: [10.1016/j.jrmge.2021.06.007](https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.06.007).

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. DOI: <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2008v13nesp1p54>.

CHANG, I. *et al.* Review on biopolymer-based soil treatment (BPST) technology in geotechnical engineering practices. **Transportation Geotechnics**, v. 24, n. June, p. 100385, 2020. DOI: [10.1016/j.trgeo.2020.100385](https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100385)

CHEN, S. H.; LIN, W. T. The dynamic role of universities in developing an emerging sector: a case study of the biotechnology sector. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 123, p. 283–297, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.06.006>.

CHOI, S. G. *et al.* Review on geotechnical engineering properties of by microbially induced calcium carbonate precipitation (MICP) and biopolymers. **Construction and Building Materials**, v. 246, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118415>.

ELSEVIER. **Sobre a solução Scopus**. [S. l.]: Elsevier, 2022. Disponível em: <https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>. Acesso em: 31 jan. 2022.

ESPAENET. 2023. [versão eletrônica]. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em 21 jul 2023.

FORTUNA, J. L. **Noções básicas de bioestatística e análises**. Apostila (Ciências Biológicas). Teixeira de Freitas - BA: Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Educação – Campus X, 2021.

GAZZAR, N. T. E.; ESTÉVEZ, A. T.; ABDALLAH, Y. K. Bacterial cellulose as a base material in biogedital architecture (between bio-material development and structural customization). **Journal of Green Building**, v. 16, n. 2, p. 173–199, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3992/jgb.16.2.173>.

HAIR JR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

KASIOUMI, M.; STENGOS, T. A circular model of economic growth and waste recycling. **Circular Economy and Sustainability**, n. 0123456789, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00177-7>.

LEAR, G. *et al.* Microbial abilities to degrade global environmental plastic polymer waste are overstated. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac59a7>.

LI, L.; TANG, C. How does inter-organizational cooperation impact organizations' scientific knowledge generation? Evidence from the biomass energy field. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 1, p. 1–18, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/su13010191>.

LI, Y. *et al.* Structural characteristics and determinants of an international green technological collaboration network. **Journal of Cleaner Production**, v. 324, p. 129258, oct. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129258>.

LIRA, S. A.; NETO, A. C. Coeficientes de correlação para variáveis ordinais e dicotômicas derivados do coeficiente linear de Pearson. **Ciencia y Engenharia/ Science and Engineering Journal**, v. 15, n. 1/2. p. 45–53, 2006.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
 Arilmara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Ikaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

LIU, G.; ZHANG, P.; ZHANG, F. University-industry knowledge collaboration in Chinese water pollution abatement technology innovation system. **Nature Environment and Pollution Technology**, v. 19, n. 3, p. 1179–1185, 2020. DOI: <https://doi.org/10.46488/NEPT.2020.v19i03.031>.

LOSINI, A. E. *et al.* Biopolymers impact on hygrothermal properties of rammed earth: from material to building scale. **Building and Environment**, v. 233, p. 1-14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110087>

LOTKA, A. J. The frequency distribution of scientific productivity. **Journal of the Washington academy of sciences**, v. 16, n. 12, p. 317-323, 1926.

LUBANGO, L. M. Effects of international co-inventor networks on green inventions in Brazil, India and South Africa. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 118791, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118791>.

MAO, G. *et al.* A bibliometric analysis of industrial wastewater treatments from 1998 to 2019. **Environmental Pollution**, v. 275, p. 115785, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115785>.

MIOT, H. A. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 17, n. 4, p. 275–279, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1677-5449.174118>.

MISHRA, P. *et al.* Descriptive statistics and normality tests for statistical data. **Annals of Cardiac Anaesthesia**, v. 22, n. 1, p. 67–72, 2019. DOI: 10.4103/aca.ACA_157_18.

NI, J. *et al.* The optimisation analysis of sand-clay mixtures stabilised with xanthan gum polymers. **Sustainability**, v. 13, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13073732>.

NWANKWO, C. O. *et al.* Natural fibres and biopolymers in FRP composites for strengthening concrete structures: A mixed review. **Construction and Building Materials**, v. 363, p. 1-20, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129661>.

PANAGIOTIDOU, V. *et al.* 3D extrusion of multi-biomaterial lattices using an environmentally informed workflow. **Frontiers of Architectural Research**, v. 11, p. 691-708, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2022.06.010>.

PEREIRA, C. G. *et al.* Technological cooperation network in biotechnology: Analysis of patents with Brazil as the priority country. **Innovation and Management Review**, v. 15, n. 4, p. 416–434, 2018. DOI: 10.1108/INMR-07-2018-0050.

PHIRI, R. *et al.* Development of sustainable biopolymer-based composites for lightweight applications from agricultural waste biomass: A review. **Advanced Industrial and Engineering Polymer Research**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.04.004>

RAMACHANDRAN, A. L. *et al.* Multiscale study of soil stabilization using bacterial biopolymers. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 147, n. 8, 2021. DOI:10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002575.

RASHID, A. S. A. *et al.* Sustainable improvement of tropical residual soil using an environmentally friendly additive. **Geotechnical and Geological Engineering**, v. 35, n. 6, p. 2613–2623, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10706-017-0265-1>.

RECH, A. *et al.* Waste-based biopolymer slurry for 3D printing targeting construction elements. **Materials Today Communications**, n. 33, p. 1-10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104963>.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE AS INOVAÇÕES BASEADAS NA UTILIZAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
Arilmara Abade Bandeira, Luiz Diego Vidal Santos, Wilsonita de Melo Ubirajara, José dos Santos Machado, Íkaro Daniel de Carvalho Barreto, Francisco Sandro Rodrigues Holanda

RENDÓN-MACÍAS, M. E.; VILLASÍS-KEEVER, M.Á.; MIRANDA-NOVALES, M. G. Estatística descritiva. **Rev Alerg Mex.** v. 63, n. 4, p. 397-407, 2016.

SHANMUGAVEL, D. *et al.* Interaction of a viscous biopolymer from cactus extract with cement paste to produce sustainable concrete. **Construction and Building Materials**, v. 257, p. 119585, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119585>.

SHI, W.; YANG, W.; DU, D. The scientific cooperation network of chinese scientists and its proximity mechanism. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 2, p. 1–18, 2020. DOI: 10.3390/su12020660.

SU, H. N. Global interdependence of collaborative R&D-typology and association of international co-patenting. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 4, 2017. DOI: 10.3390/su9040541.

TAVAKOLI, A. S. Overview of Analysis of Covariance (ANCOVA) Using GLM in SAS ®. Conference Paper. **The SouthEast SAS Users Group (SESUG) Conference 2014**. Oct. 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.4481.5528.

TURNER, D. P.; HOULE, T. T. Conducting and reporting descriptive statistics. **Headache**, v. 59, n. 3, p. 300–305, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/head.13489>

WIPO. World Intellectual Property Organization. **Patentscope**. 2022. [versão eletrônica].. Disponível em: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>. Acesso em 01 sept. 2022.

YU, X. *et al.* The drivers of collaborative innovation of the comprehensive utilization technologies of coal fly ash in China: a network analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19816-5>.

ZHANG, M. *et al.* Examining the antecedents and consequences of green product innovation. **Industrial Marketing Management**, v. 93, p. 413–427, 1 feb. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.03.028>.