

## Implementação de tecnologias sustentáveis na indústria da construção civil - uma análise bibliométrica

Implementation of sustainable technologies in the construction industry - a bibliometric analysis

Implementación de tecnologías sustentables en la industria de la construcción - un análisis bibliométrico

Recebido: 02/06/2022 | Revisado: 13/06/2022 | Aceito: 15/06/2022 | Publicado: 26/06/2022

**Daniel Bernardo Ribeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8341-5003>  
Universidade Nove de Julho, Brasil  
E-mail: [d.b.ribeiro@uni9.edu.br](mailto:d.b.ribeiro@uni9.edu.br)

**Walter Cardoso Satiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0201-222X>  
Universidade Nove de Julho, Brasil  
E-mail: [satyro.walter@uni9.edu.br](mailto:satyro.walter@uni9.edu.br)

**Osmildo Sobral dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3797-5971>  
Faculdade de Tecnologia, Brasil  
E-mail: [osmildosobral@gmail.com](mailto:osmildosobral@gmail.com)

**Douglas Leonardo de Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3868-1222>  
Faculdade de Tecnologia, Brasil  
E-mail: [douglas.lima20@fatec.sp.gov.br](mailto:douglas.lima20@fatec.sp.gov.br)

### Resumo

A indústria da construção civil (ICC) é um dos setores que mais sofrem pressão em se tratando do tema desenvolvimento sustentável. Entretanto, é um ramo muito importante para a economia mundial tendo em vista a sua produção global e participação no PIB dos países ao longo dos anos. Nos últimos a demanda por adoção de práticas mais sustentáveis, tanto nos países desenvolvidos como em desenvolvimento, nesse ramo tem aumentado devido a oportunidade desse segmento contribuir de uma maneira inteligente por meio do uso dos recursos naturais. Neste sentido, levando em conta que dentre os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), três apresentam impactos diretos para a ICC, por meio de revisão bibliométrica, esta pesquisa tem como objetivo avaliar as implementações de tecnologias sustentáveis nesse setor, utilizando os conceitos das ODSs. Para isso, foram feitas buscas por artigos científicos, em bases de dados como Web of Science, ProQuest, Scielo, Taylor & Francis, Scopus e Science Direct, com o objetivo de encontrar artigos que tratassem sobre práticas sustentáveis utilizadas na construção civil. Os resultados mostram que em relação as tecnologias, o tema Eficiência Energética e gestão de recursos hídricos, aparecem como temas com maior número de publicações nos últimos anos.

**Palavra-chave:** Construção civil; Tecnologia; Sustentabilidade; Objetivos do desenvolvimento sustentável; Eficiência.

### Abstract

The construction industry (ICC) is one of the sectors that suffer the most pressure when it comes to sustainable development. However, it is a very important branch for the world economy in view of its global production and participation in the GDP of countries over the years. In recent years, the demand for the adoption of more sustainable practices, both in developed and developing countries, in this field has increased due to the opportunity of this segment to contribute in an intelligent way through the use of natural resources. In this sense, taking into account that among the 17 sustainable development goals (SDGs), three have direct impacts for the ICC, through a bibliometric review, this research aims to evaluate the implementations of sustainable technologies in this sector, using the concepts of SDGs. For this, searches were made for scientific articles, in databases such as Web of Science, ProQuest, Scielo, Taylor & Francis, Scopus and Science Direct, in order to find articles that dealt with sustainable practices used in civil construction. The results show that in relation to technologies, the topic Energy Efficiency and water resources management appear as topics with the highest number of publications in recent years.

**Keyword:** Construction; Technology; Sustainability; Sustainable development goals; Efficiency.

### Resumen

La industria de la construcción (ICC) es uno de los sectores que más presión sufre en lo que respecta al desarrollo sostenible. Sin embargo, es una rama muy importante para la economía mundial en vista de su producción global y

participación en el PIB de los países a lo largo de los años. En los últimos años, la demanda por la adopción de prácticas más sustentables, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, en este campo se ha incrementado debido a la oportunidad de este segmento de contribuir de forma inteligente a través del uso de los recursos naturales. En ese sentido, teniendo en cuenta que entre los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), tres tienen impactos directos para el ICC, a través de una revisión bibliométrica, esta investigación tiene como objetivo evaluar las implementaciones de tecnologías sostenibles en este sector, utilizando los conceptos de los ODS. Para ello, se realizaron búsquedas de artículos científicos, en bases de datos como Web of Science, ProQuest, Scielo, Taylor & Francis, Scopus y Science Direct, con el fin de encontrar artículos que trataran sobre prácticas sustentables utilizadas en la construcción civil. Los resultados muestran que en relación a las tecnologías, el tema Eficiencia Energética y gestión de recursos hídricos aparecen como temas con mayor número de publicaciones en los últimos años.

**Palabras clave:** Construcción civil; Tecnología; Sustentabilidad; Metas de desarrollo sostenible; Eficiencia.

## 1. Introdução

O termo Desenvolvimento Sustentável (DS) foi utilizado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1972 na Conferência de Estocolmo - Suécia, e desde então deu-se início a uma grande mobilização em torno do tema, a fim de estabelecer metas e práticas a serem adotadas pelas nações. No ano de 2015 a cúpula da ONU criou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com 169 metas a serem atingidas até 2030, substituindo e complementando os temas da Cúpula do Milênio que aconteceu nos anos 2000 (ONU, 2015).

Neste cenário, a indústria da construção civil (ICC) é um dos setores que mais tem sofrido pressão no contexto dos ODSs, devido a sua relação com o meio ambiente, principalmente por ser responsável pela extração de 30% dos recursos naturais, além de gerar 25% dos resíduos sólidos em todo mundo (Benachio et al., 2020).

A ICC é um setor de suma importância para a economia mundial, só no ano de 2017 a sua produção global foi de US\$ 10,8 trilhões, podendo chegar ao valor de US \$ 12,9 trilhões em 2022 (Global Data, 2018).

Entretanto, o problema gerado pela pandemia do coronavírus em 2020, que afetou a economia mundial, fez com que a estimativa de contração da ICC de 4,8% do PIB mundial, fosse reduzida para apenas de 1,4% no setor. Apesar desse problema global relativo à COVID-19, outros problemas sistêmicos são identificados neste ramo, como por exemplo, o crescimento do número de empresas e o aumento da competitividade, além das constantes crises financeiras, o aumento da exigência de qualidade por parte dos clientes, o baixo nível de produtividade e os altos níveis de desperdícios de materiais e mão-de-obra pouco qualificada (Aureliano et al., 2019)

Também, a ICC é caracterizada como um ramo de baixo desenvolvimento e de implementação de inovações, quando comparado com outros setores da economia. Após muitos anos de críticas e crises, esse cenário está mudando, de modo que a adoção de tecnologias de ponta está sendo cada vez mais implementadas (Wei et al., 2017).

Estimativas apontam que até o ano de 2050 cerca de 90% dos edifícios que serão construídos para abrigar a população das cidades estarão completamente ocupados, mas as edificações atuais não possuem tecnologias para o gerenciamento do consumo energético, assim como não dispõem de dispositivos integrados para geração de energia limpa, que são tecnologias imprescindíveis para um crescimento sustentável desde o setor (Dadzie, et al., 2019). Atualmente, alguns conceitos estão sendo aplicados no setor, a fim de minimizar sua imagem negativa relacionada aos impactos ao meio ambiente. O conceito, construção sustentável, está se popularizando e contribuindo de forma drástica, pois que o tema, sustentabilidade vem ganhando espaço na sociedade (Barros et al., 2021).

Portanto, a ICC tem um papel importante no desenvolvimento mundial e, por isso, nos últimos anos vem crescendo a pressão para adoção de práticas sustentáveis, de modo que essa mudança é necessária, tanto nos países desenvolvidos como em desenvolvimento, no sentido de que a construção sustentável pode contribuir de uma maneira inteligente para a economia dos recursos naturais (Xu et al, 2019).

Feitas estas considerações, e levando em conta que dentre dos 17 ODS, três apresentam impactos diretos para a ICC, como assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos e todas, o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos e todas e tomar medidas urgentes para combate do clima e seus impactos, por meio de revisão bibliométrica o presente trabalho tem como objetivo avaliar as implementações de tecnologias sustentáveis na ICC, utilizando os conceitos de ODS da ONU.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Contribuições da tecnologia para o Objetivo 6

Os recursos hídricos possuem um papel importante para o desenvolvimento socioeconômico e para todas as formas de vida no planeta. O acelerado crescimento da população, assim como da produção industrial e da economia mundial, fomenta a demanda cada vez maior pelo consumo de água (Zeng et al., 2012).

Além disso, nos últimos anos vem se observando o aumento da temperatura em todas as regiões do mundo, de modo que esse fenômeno chama a atenção para alterações ocorridas na forma de deficiência hídrica em muitas regiões e a consequente escassez de água em um futuro próximo (Hao et al., 2013).

No ramo da ICC, o uso da ferramenta denominada BIM (Building Information Modeling) possui potencial para minimizar os impactos negativos do setor ao meio ambiente, sua implementação contribui as melhorias dos processos organizacionais das empresas (Silva; Fonseca; Silveira, 2021), mas também na criação de projetos. Sua contribuição nos projetos voltados a coleta e tratamento da rede de saneamento, além da simulação computacional voltada ao desempenho dos projetos, buscando a melhoria e maior eficiência do sistema tem ocupado papel de destaque (Marzouk & Othman, 2017).

Outros exemplos, também são encontrados na literatura vigente quando o tema é tratamento e conservação de recursos hídricos, como:

- sistema de tratamento de água baseado na Lógica Fuzzy, para avaliação da qualidade da água tratada em centrais de tratamentos de esgoto (Purushottam & Ravindra, 2017);
- a utilização de sistema de tratamento de águas residuais, para obtenção de calor e geração de energia, podendo recuperar 80% do calor disponível pelo sistema, auxiliando em três aspectos, o tratamento da água cinza, eficiência energética e diminuição de CO<sub>2</sub> (Hervas et al., 2020);
- a captação de água da chuva, com projetos que analisam e estabelecem via geolocalização os locais para maior captação de água da chuva (Sameer et. al., 2018).

### 2.2 Contribuições da tecnologia para o Objetivo 7 e 13

A evolução tecnológica influencia diretamente o comportamento e os costumes da população a nível mundial, atualmente, as necessidades humanas e os meios produtivos consomem uma grande quantidade de energia. Entretanto, esse ritmo vem cada vez mais impactando negativamente o meio ambiente, uma vez que, vem acelerando a extração de recursos naturais (Vieira et al., 2021). A indústria tem uma participação considerável, por exemplo, a ICC é responsável pelo elevado consumo de energia e outros recursos naturais, impactando de forma significativa o meio ambiente, a economia e a sociedade. Por exemplo, em 2010, ICC foi responsável por 32% do total consumo de energia global, que é equivalente a cerca de 19% das emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa), de modo que representa aproximadamente um terço do total das emissões globais de carbono, e em torno de um terço do gás fluorado (*fluorinated gas*) gerado por centrais de refrigeração e ar-condicionado em residências, e pelos maquinários nas construções (Zhang et al., 2017).

Neste contexto, é imprescindível a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que amenizem esse cenário, como o uso de sistemas fotovoltaicos integrados aos edifícios para geração de energia limpa, a utilização de fachadas fotovoltaicas que

revestem os edifícios e absorvem energia solar e gera energia elétrica e térmica; o uso de vidros duplos que provocam isolamento térmico mais eficiente ao ambiente (Lillo et al., 2015; Yang & Zou, 2016; Zeng et al., 2016); a simulação computacional voltada a melhoria da eficiência energética de instalações para aquecimento de água utilizando energia solar (Koščičan et al., 2020); utilização de telhados verdes para melhorias de conforto térmico em ambientes e ferramenta de incentivo a sustentabilidade (Tselekis, 2012; Rangel; Aranha; Silva, 2015); os sistemas de ventilação e uso de ar condicionado inteligente denominado HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) e que analisa o ambiente utilizando sensores para manutenção do conforto térmico estabelecido pelo usuário; assim como o uso de sistemas de ventilação natural e fachadas de isolamento térmico (Morrissey et al., 2011; Konstantinou & Knaack, 2013; Li et al., 2013; Pulkka et al., 2016).

Também, destaca-se a utilização de concreto com materiais reciclados, que a ICC emprega para a diminuição dos impactos gerados pela grande quantidade de resíduos gerados durante as construções e nas obras de demolição (Costa et al., 2014; Gomes et al., 2015).

### 3. Procedimentos Metodológicos

O presente estudo apresenta natureza empírica com abordagem quantitativa, com objetivo caracterizado como exploratório, e a técnica de coleta de dados realizada por meio de pesquisa bibliométrica. A pesquisa bibliométrica consiste em um método com o propósito de organização do material bibliográfico, sendo apresentado de forma estatística e relacionada a livros e/ou artigos científicos.

Ainda, a pesquisa bibliométrica ou pesquisa cienciométrica investiga e auxilia a análise de tendências da literatura sobre uma determinada área, e seu principal objetivo é fomentar dados para motivar e orientar futuros trabalhos de pesquisa. Também, a pesquisa bibliométrica consiste de um método baseado em técnicas estatísticas e quantitativas, que apresentam índices de produção e de disseminação do conhecimento científico, sendo que os estudos bibliométricos contemplam três leis básicas: Lei de Lotka, Lei de Bradford e a Lei de Zipf (Pritchard, 1969; Araújo, 2006; Silva et al., 2011).

A Lei de Lotka foi elaborada em 1926, pelo matemático Alfred J. Lotka, que está relacionada a produtividade de material por autores. Foi observado em um estudo sobre a frequência de produtividade de cientistas na revista Chemical Abstracts, entre 1909-1916, que havia um pequeno grupo de autores com muitas publicações e um outro grande grupo de autores e poucas publicações.

A Lei de Bradford, corresponde ao estudo sobre a produtividade de periódicos em um determinado tema. Os artigos pesquisados são divididos em três grupos, em ordem decrescentes; sendo o primeiro com maior número de artigos nos periódicos com maior relevância; o segundo e o terceiro são considerados grupos de “extensões”. A Lei de Zipf que consiste em uma análise entre determinadas palavras e suas ordens em série em um texto (Araújo, 2006).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho consistiu em investigar publicações relacionadas às implementações das tecnologias sustentáveis na ICC, sendo divididas em cinco aplicações, e baseadas em três das dezessete ODS estabelecida pela ONU: 1) saneamento e recursos hídricos (Objetivo 6 – água potável e saneamento); 2) energias renováveis (Objetivo 7 – energia acessível e limpa); e, 3) eficiência energética, gestão de resíduos e gestão de emissões de CO<sub>2</sub> (Objetivo 13 – ação contra a mudança global do clima) (Pacto Global, 2015).

Para isso, o desenvolvimento desta pesquisa foi dividido em seis etapas:

- a) escolha do tema: tecnologias sustentáveis na ICC;
- b) elaboração dos conjuntos de palavras-chave: "Construction Industry" AND "Sustainable Technology" AND Water; "Construction Industry" AND "Sustainable Technology" AND Sanitation; "Construction Industry" AND "Solar Energy"; "Construction Industry" AND "Photovoltaic Energy"; "Construction Industry" AND "Wind Energy";

"Construction Industry" AND "Thermal Energy"; "Construction industry" AND "sustainable technology" AND "Waste Management"; "Construction Industry" AND "Sustainable Technology" AND "CO2 Emission";

- c) escolha das bases de periódicos indexados: Web of Science, ProQuest, Scielo, Taylor & Francis, Scopus e Science Direct;
- d) determinação dos itens para pré-análise: títulos, resumos e palavras-chaves;
- e) Criação dos critérios de inclusão: publicações entre 2010-2020, tecnologias sustentáveis e aplicações na ICC. Critérios exclusão: artigos repetidos, artigos não cadastrados no sistema Qualis/Capes e artigos publicados em conferências, congressos e simpósios;
- f) sumarização dos dados: ano de publicação, países, periódicos, autores e tecnologias.

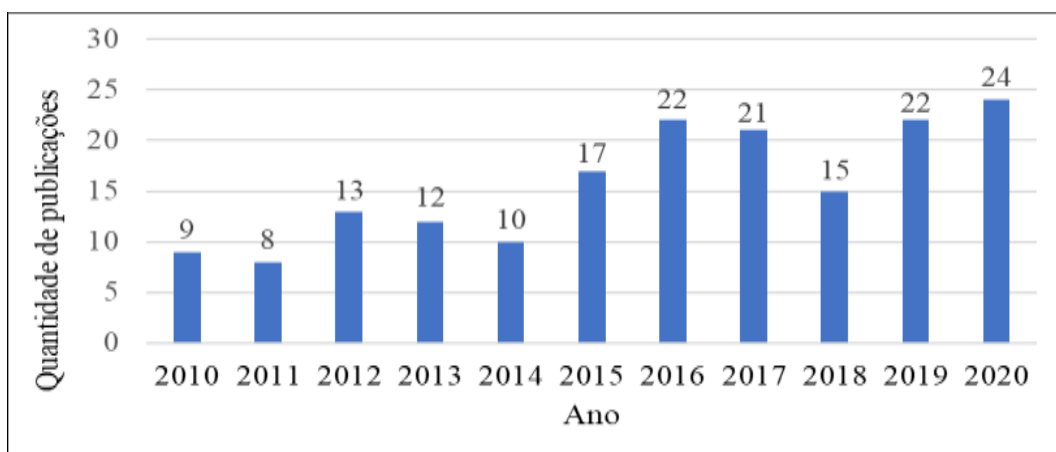
Após a coleta dos dados eles foram tratados com auxílio do software Excel®, a fim de identificar como ocorrem as implementações de tecnologias sustentáveis na ICC, utilizando os conceitos de ODS da ONU.

#### 4. Resultados e Análises

A busca inicial nas seis bases selecionadas, permitiu encontrar 4.324 artigos. Após a pré-análise foram feitos o download de 564 artigos e, após aplicação dos critérios e inclusão e exclusão foram selecionados 173 artigos. Para melhor identificação das tecnologias encontradas nos artigos relacionadas à cada objetivo sustentável da ONU, os mesmos foram distribuídos da seguinte forma: Objetivo 6: tecnologias para gerenciamento de recursos hídricos; objetivo 7: tecnologias para geração de energias renováveis; objetivo 13: divididos em três aplicações: tecnologias para eficiência energética, gestão de resíduos e gestão de emissão de CO2.

A Figura 1 mostra a distribuição e a periodicidade dos artigos publicados entre os anos de 2010-2020, com períodos de queda no número de publicações nos anos 2011, 2014 e 2018. Destaca-se que no ano de 2020 constam os resultados até o mês de maio.

**Figura 1:** Periodicidade de publicações entre os anos 2010-2020.



Fonte: Elaborado pelos autores.

##### 4.1 Número de publicações entre os periódicos

Os resultados mostraram o total de 82 periódicos diferentes que publicaram sobre o tema de pesquisa. A Tabela 1 mostra a distribuição segundo a Lei de Bradford, em que os periódicos foram divididos em três grupos, com os seguintes dados: Núcleo foi composto por 3 periódicos com 48 artigos; Zona 1 com 13 periódicos e 48 artigos; Zona 2 com 66 periódicos e com 77 artigos.

**Tabela 1:** Distribuição segundo Lei de Bradford.

<b>Grupo</b>	<b>N° periódicos (A)</b>	<b>N° de artigos (B)</b>	<b>N° periódicos acumulados</b>	<b>N° de artigos acumulados</b>	<b>A * B</b>
Núcleo	1	23	1	23	23
	1	17	2	40	17
	1	8	3	48	8
Zona 1	4	5	7	53	20
	1	4	8	57	4
	8	3	16	60	24
Zona 2	11	2	27	62	22
	55	1	82	63	55
<b>Total</b>	<b>82</b>				<b>173</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 2 mostra os 7 principais periódicos, em que se destaca Energy and Buildings com 13%; seguido pelo Journal of Cleaner Production com 10%; Renewable and Sustainable Energy Reviews com 5%; e os periódicos com 3% de artigos publicados: Applied Mechanics and Materials, Built Environment Project and Asset Management, Energies e Waste Management.

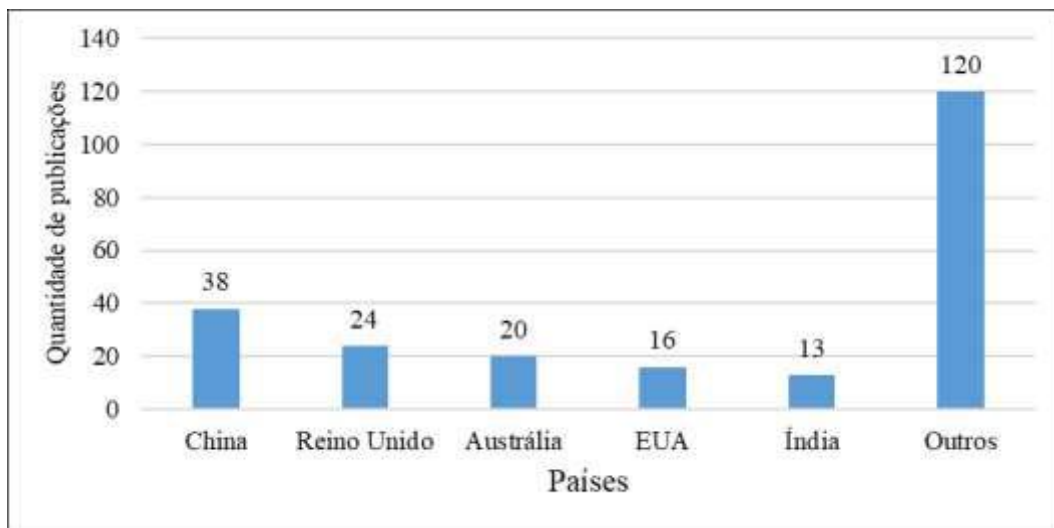
**Tabela 2:** Os cinco periódicos com maior número de publicações.

<b>Periódicos</b>	<b>Quantidade de publicações</b>	<b>%</b>
Energy and Buildings	23	13
Journal of Cleaner Production	17	10
Renewable and Sustainable Energy Reviews	8	5
Applied Mechanics and Materials	5	3
Built Environment Project and Asset Management	5	3
Energies	5	3
Waste Management	5	3
Outros	105	60
<b>Total</b>	<b>173</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação a localidade em que foram geradas as publicações, foram 54 países dos 5 continentes. A Figura 2 apresenta os cinco países com maior número de publicações, sendo medido em relação as nacionalidades dos autores e coautores dos artigos publicados. A China é o país com maior número de artigos publicados, sendo 38 com relação a autoria e coautoria, seguido por Reino Unido com 24, Austrália com 20, EUA com 16 e Índia com 13. O Brasil ficou entre os 10 primeiros países com maiores publicações, com o total de 5 publicações.

**Figura 2:** Frequência de publicações por países de autores e coautores.



Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.2 Número de autores segundo a Lei de Lotka

Foram identificados 587 autores e coautores nos 173 artigos selecionados. A Tabela 3 mostra a relação entre valores relacionados a produção ( $x$ ) dos autores, sendo valores observados ( $y$ ) e os valores esperados ( $\bar{y}$ ) segundo a Lei de Lotka.

Assim, observa-se que o percentual de autores que publicaram apenas um único artigo ficou distante do percentual esperado de 68,8% dos autores produzem pelo menos um artigo. Nessa pesquisa, o percentual de autores que produziram um artigo é de 96,42%. Segundo Filho et al. (2007), este alto percentual de autores com publicações de um artigo, indica a falta de continuidade em suas pesquisas.

Também, foram identificados autores que publicaram de um à cinco artigos, sendo que a figura 3 mostra o comportamento da linha de tendência entre os valores.

**Tabela 3:** Aplicação da Lei de Lotka.

Produziram ( $n = \sum n = x$ )	Número de autores ( $\sum y$ ) observado	Percentual observado	Número de autores ( $\sum \bar{y}$ ) Esperados	Percentual Esperados
1	566	96,42%	566	68,32%
2	13	2,21%	142	17,08%
3	1	0,17%	63	7,59%
4	5	0,85%	35	4,27%
5	2	0,34%	23	2,73%
Total	587	100%	828	100%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram identificados 587 autores e coautores, dentre eles 2 publicaram 5 artigos, 4 publicaram outros 4 artigos, 1 publicou 3 artigos e 13 publicaram 2 artigos. A Tabela 4 mostra os autores e coautores com maior destaque na pesquisa.

**Tabela 4:** Autores com maior destaque na pesquisa bibliométrica

<b>Autores</b>	<b>Quantidade de publicações</b>	<b>%</b>
Lukumon O.; Saheed O.	5	2,89%
Hafiz A.; Hakeem A.; Muhammad B.; Olugbenga O.	4	2,31%
Xiaoling Z.	3	1,73%
Farid G.; Heli N.; Hikmat A.; Cheng J.; Junaid Q.; Waidyasekara K.; Kamran M.; Silva L.; Shen L.; Li Q.; Alawneh R.; Bello S.; Miller W.	2	1,16%

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.3 Frequência de publicações por número de tecnologias sustentáveis

Utilizando a Lei de Zipf, foi encontrada a frequência de aparições das TS, dentre os 173 artigos selecionados (Tabela 5). Assim, baseando se em 3 dos 17 objetivos das ODS, foram divididas em 5 aplicações: para o Objetivo 6 - Energias Renováveis; para o Objetivo 7 - Saneamento e Recursos Hídricos; para o Objetivo 13 - Eficiência Energética, Gestão de Resíduos e Gestão de Emissão de CO<sup>2</sup>.

**Tabela 5:** Frequência das aplicações.

<b>Aplicações</b>	<b>Frequência nos artigos</b>	<b>Participação/ artigos (%)</b>
Eficiência Energética	85	36
Saneamento e Recursos Hídricos	60	25
Energias Renováveis	49	21
Gestão de Resíduos	37	16
Gestão de Emissão de CO <sub>2</sub>	5	2
<b>Total</b>	<b>236</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos 173 artigos analisados, foram encontrados 85 artigos com aplicações tecnológicas para Eficiência Energética; 60 artigos para Saneamento e Recursos Hídricos; 49 artigos para Energias Renováveis; 37 artigos para Gestão de Resíduos e 5 artigos para Gestão de Emissão de CO<sub>2</sub>. O levantamento mostra que aplicações para os recursos hídricos e energéticos são os mais relevantes segundo o estado da arte, somados, representam 82% dos artigos analisados.

A partir da análise das aplicações, foram analisadas a frequência de aparições por palavras, sendo focadas nas tecnologias das aplicações apresentadas na Tabela 6, sendo descartadas as tecnologias com apenas uma aparição.



**Tabela 6:** Frequência de publicações por número de tecnologia.

Aplicações	Tecnologias	Frequência nos artigos	%
<b>Eficiência Energética</b>	Simulação Computacional	19	10,98
	Matérias de baixa condutividade térmica	13	7,51
	Sistema HVAC	11	6,36
	<i>Heat pump</i> (bomba de calor)	11	6,36
	Telhado Verde	11	6,36
	Fachadas com (isolamento térmico, opacas, duplas)	10	5,78
	Dispositivo de sombreamento solar	8	4,62
	Projeto com sensores de iluminação natural	8	4,62
	Sistema de ventilação natural	7	4,05
	BIM	5	2,89
	Dispositivo para medição de eficiência energética	5	2,89
	Iluminação artificial baixo gasto energético	4	2,31
	Paredes verdes	4	2,31
	Armazenamento de energia	3	1,73
	<i>Trombe wall</i>	3	1,73
	Janelas eficientes	2	1,16
<b>Saneamento e Recursos Hídricos</b>	Sistema de tratamento de águas residuais	14	8,09
	Sistema de captação de água da chuva	10	5,78
	Chuveiros, torneiras e vasos eficientes	8	4,62
	Simulação computacional	6	3,47
	Central de tratamento de água	5	2,89
	Dispositivo para eficiência hídrica	3	1,73
Vaso sanitário a vácuo	2	1,16	
<b>Energias Renováveis</b>	Sistema de captação de energia fotovoltaica	41	23,70
	Sistema de captação de energia fototérmica	10	5,78
	Fachada fotovoltaica	6	3,47
	Biodigestores	4	2,31
	Turbina eólica integrada	4	2,31
	Simulação computacional	2	1,16
<b>Gestão de Resíduos</b>	Materiais de resíduos reutilizado	13	7,51
	Software para gestão de resíduos	9	5,20
	Concreto sustentável	9	5,20
	<i>Big Data Analytics</i>	2	1,16
<b>Gestão de Emissões de CO<sub>2</sub></b>	Sensor de monitoramento de qualidade do ar	3	1,73
	RFID	2	1,16
<b>Frequência total</b>		<b>277</b>	<b>Total de artigos: 173</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

O levantamento sobre aplicações das TS foi feito com relação as palavras, ou seja, em relação as tecnologias mencionadas em cada artigo, de modo que pode conter mais de uma tecnologia para o mesmo ODS, ou para mais de um ODS. Assim, a ODS 13 foi a aplicação com maior frequência, com 173 publicações no total; Eficiência Energética com 16 tecnologias e 124 identificações, foi a aplicação mais relevantes da pesquisa.

As outras duas aplicações foram a menos relevantes, Gestão de Resíduos com 4 tecnologias e 33 identificações; sendo Materiais de resíduos reutilizado com 13; Software para gestão de resíduos com 9; Concreto sustentável com 9 e Big Data Analytics com 2; Gestão de Emissões de CO<sub>2</sub> com 2 tecnologias sendo Sensor de monitoramento de qualidade do ar com 3; e RFID com 2, totalizando 5 identificações.

Também, foram identificadas 7 tecnologias relacionadas ao Objetivo 6, sendo as tecnologias para tratamento de água residuais com 14 publicações; sistema de captação de água de chuva com 10 e equipamentos eficientes (chuveiros, torneiras e vasos) com 8 publicações.

Com relação ao tema Energia, foram encontradas 6 tecnologias relacionadas as energias renováveis, referente ao Objetivo 7, sendo Sistemas de Captação de Energia Fotovoltaica a tecnologias com maior frequência da pesquisa, foi identificado

em 41 artigos; seguido pelo Sistemas de Captação de Energia Fototérmica com 10; e Fachada Fotovoltaica com 6, Biodigestores com 4; Turbina eólica integrada com 4, e Simulação computacional com maior 2 identificações.

## 5. Considerações Finais

A análise bibliométrica sobre a implementações de tecnologias sustentáveis na ICC, mostrou que houve um crescimento em número de artigos publicados no período 2010-2020, evidenciando a relevância do tema. Também, observa-se uma diversidade com relação ao grande número de periódicos que publicam sobre o tema, sendo 82 periódicos diferentes, com destaque para o periódico *Energy and Buildings* com 13% das publicações. Com relação as localidades, a China, Reino Unido e Austrália foram os países com mais artigos publicados.

Em relação as tecnologias, o tema Eficiência Energética obtiveram o maior número de tecnologias nas publicações analisadas, sendo Simulação Computacional a tecnologia com maior número de publicações, com 19 publicações. Outro destaque foi para o tema Gestão de Recursos Hídricos, que apresentou 7 tecnologias. Não obstante, verifica-se a baixa aplicações de tecnologias ao saneamento, tendo em vista a carência de infraestrutura nesse segmento, principalmente nos países em desenvolvimento.

Ainda, com relação aos recursos hídricos, foram localizadas 10 publicações sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. Também, foram encontradas 6 tecnologias para Geração de Energias Renováveis, sendo Sistema de Captação de Energia Fotovoltaica a tecnologia mais publicada, com 41 artigos publicados; seguida por Sistema de Captação de Energia Fototérmica e Fachada Fotovoltaica. Apesar da ICC ser um dos setores que mais geram resíduos, foram 4 tecnologias para essa aplicação, sendo Materiais de Resíduos Reciclados e Concreto Sustentável, as utilizações que apresentaram maior número de publicações. Por outro lado, o assunto que obteve menor número de publicações e de tecnologias utilizadas foi Gestão de Emissões GEE, apenas 2 tecnologias em 5 artigos.

Assim, a TS tem um papel importante na ICC, de modo que a conscientização sobre o DS vem crescendo com o passar dos anos, tornando uma marca positiva para as empresas na visão dos clientes. Também, o avanço tecnológico tem contribuído no processo de mudanças na ICC, visto a quantidade de edifícios e cidades inteligentes que utilizam as inovações tecnologias para obtenção de práticas sustentáveis. Contudo, o avanço desses dois temas está em início, sendo os países desenvolvidos os principais e os que mais investem em pesquisa e desenvolvimento. Em contrapartida, mesmo com bons resultados o custo de implementação e manutenção são barreiras que impedem o avanço das TS na ICC, principalmente nos países em desenvolvimento, de modo que reflete na quantidade reduzida das publicações científicas relacionadas ao tema.

Como sugestão para futuros trabalhos indica-se que os resultados desta pesquisa sirvam como base para levantamentos de empresas brasileiras, seja de construtoras e/ou prestadoras de serviços da ICC. Tal levantamento se mostra de grande contribuição ao estado-da-arte, pois, indicará o quanto das tecnologias sustentáveis mais atuais, são aplicadas no setor brasileira. A utilização de tecnologias é de suma importância para o desenvolvimento do setor, também, para o aumento da competitividade.

## Referências

- Araújo, C. (2006). *Bibliometria: Evolução histórica e questões atuais*. Em *Questão*. n.12. p. 11-32.
- Aureliano, F., Ariellen, A., Costa, I., & Rodrigues, R. (2019). Application of lean manufacturing in construction management, *Procedia Manufacturing*, 38, 241-247.
- Barros, E., Anjos, P., & Pereira, M. (2021). Sustainable building: case study of the children's homes in Canuanã in Formoso do Araguaia-TO. *Research, Society and Development*, 10, (14).
- Benachio, G., Duarte Freitas, M., & Tavares, S. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review, *Journal of Cleaner Production*, 260.

- Costa, R., Athayde G., & Oliveira, M. (2014). Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. *Ambiente Construído*, 14(1), 127-137.
- Dadzie, J., Runeson, G., & Ding, G. (2019) Assessing determinants of sustainable upgrade of existing buildings: The case of sustainable technologies for energy efficiency, *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18(1), 270-292.
- Filho, G., Júnior, P., & Siqueira, R. (2007) Revista Contabilidade & Finanças USP: uma análise bibliométrica de 1999 a 2006. In: *Congresso de Contabilidade e Finanças USP*, v1.102-119.
- Global Data, (2018). *Global Construction Outlook to 2022: Q3 2018 Update*, <https://store.globaldata.com/report/gdcn0010go--global-construction-outlook-to-2022-q3-2018-update>.
- Gomes, P., Alencar, T., Silva, N., Moraes, K., & Angulo, S. (2015). Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados. *Ambiente Construído*, 15(3), 31-46.
- Hao, Z., Aghakouchak, A., & Phillips, T. J. (2013). Changes in Concurrent Monthly Precipitation and Temperature Extremes, *Environmental Research Letters*, 8(3), p. 1402-141.
- Hervas, E., Navarro, E., & Corberan, J. (2020). Closing the residential energy loop: grey-water heat recovery system for Domestic Hot Water production based on heat pumps, *Energy and Buildings*, 216.
- Konstantinou, T., & Knaack, U. (2013). An approach to integrate energy efficiency upgrade into refurbishment design process, applied in two case-study buildings in Northern European climate, *Energy and Buildings*, 59, 301-309.
- Košičan, J., Pardo, M., & Vilcekova, S. (2020). A Multicriteria Methodology to Select the Best Installation of Solar Thermal Power in a Family House, *Energies*, 13(5), 1047.
- Leal, R., Almeida, V., & Bortolon, P. (2013). Produção científica brasileira em Finanças no período 2000-2010. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, 53(1), 46-55.
- Li, Q., Syal, M., Turner, N., & Arif, M. (2013). Constructors and innovation credits in green building projects. *Construction Innovation*, 13(3), 320-330.
- Lillo, P., Ferrer-Martí, L., Fernández-B., & Ramírez, B., (2015). A new integral management model and evaluation method to enhance sustainability of renewable energy projects for energy and sanitation services, *Energy for Sustainable Development*, 29, 1-12,
- Marzouk, M., & Othman, A. (2017). Modeling the performance of sustainable sanitation systems using building information modeling, *Journal of Cleaner Production*, 51, 1400-1410.
- Morrissey, J., Moore, T., & Horne, R. (2011) Affordable passive solar design in a temperate climate: An experiment in residential building orientation, *Renewable Energy*, 36(2), 568-577.
- ONU. Organização das nações unidas, (2015). *Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU*. <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>.
- Pacto Global, (2015). *Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)*. <https://www.pactoglobal.org.br/ods>.
- Pritchard, A. (1969). Statistical Bibliography or Bibliometrics? *Journal of Documentation*, 25, 348-349. [https://www.researchgate.net/publication/236031787\\_Statistical\\_Bibliography\\_or\\_Bibliometrics](https://www.researchgate.net/publication/236031787_Statistical_Bibliography_or_Bibliometrics)
- Pulkka, L., Ristimäki, M., Rajakallio, K., & Junnila, S. (2016). Applicability and benefits of the ecosystem concept in the construction industry. *Construction Management and Economics*, 34, 1-16,
- Purushottam, D., & Ravindra, L. (2017) A fuzzy rule-based system for an environmental acceptability of Sewage Treatment Plant, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 133(5), 532-540.
- Rangel, A., Aranha, K., & Silva M. (2015). Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 35, 397-409.
- Sameer, S., Tariq, J., & Mohammad, A. (2018) Developing a GIS-based water poverty and rainwater harvesting suitability maps for domestic use in the Dead Sea region (West Bank, Palestine). *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 23, 1581-1592.
- Silva, W, Fonseca, G, & Silveira, W. (2021). BIM: The technological challenges and professional innovation of civil engineering in the state of Maranhão. *Research, Society and Development*, 10, (17).
- Silva, M, Hayashi, C., & Hayashi, M. (2011). Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. InCID: *Revista de Ciência da Informação e Documentação*, 2(1), 110-129.
- Tseleki, K. (2012). Literature Review of the Potential Energy Savings and Retention Water from Green Roofs in Comparison with Conventional Ones. Scientific Journal of Riga Technical University. *Environmental and Climate Technologies*. 9. 40-45, 2012.
- Vieira, M., Lima Filho, A., Lopes, A., Silvestrim, E., & Silvestrim, F. (2021). The future of renewable energy and environmental agreements as mitigation of climate change and the possibility of compensation for avoided emissions. *Research, Society and Development*, 10, (14).
- Wei, H., Zheng, S., Zhao, L., & Huang, R. (2017). BIM-based method calculation of auxiliary materials required in housing construction, *Automation in Construction*, 78, 62-82.

- Xu, X., Wang, T., & Tao, L. (2019). Comprehensive evaluation of sustainable development of regional construction industry in China, *Journal of Cleaner Production*, 211, 1078-1087.
- Yang, J., & Zou, P. (2016). Building integrated photovoltaics (BIPV): Costs, benefits, risks, barriers and improvement strategy. *International Journal of Construction Management*, 16, 39-53.
- Zeng, R., Chini, A., Srinivasan, R., & Jiang, P. (2016). Energy efficiency of smart windows made of photonic Crystal, *International Journal of Construction Management*, 1(2), 100-112.
- Zeng, Z., Liu, J., Koeneman, P., Zarate, E., & Hoekstra, A. (2012). Assessing Water Footprint at River Basin Level: A Case Study for the Heihe River Basin in Northwest China, *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 16(8), 2771–2781.
- Zhang, Y., Wang, J., Hu, F., & Wang, Y. (2017). Comparison of evaluation standards for green building in China, Britain, United States, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 262-271.