

## **CIDADES INTELIGENTES E MEIO AMBIENTE: UMA ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA**

*SMART CITIES AND THE ENVIRONMENT: SCIENTOMETRIC ANALYSIS*

**ANDERSON SACCOL FERREIRA**

UNOESC - UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARIINA

**DIONATHAN WILLIAN LUJAN**

UTFPR - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**NÉDIA DE CASTILHOS GHISI**

**GILSON DITZEL SANTOS**

Agradecimento à órgão de fomento:

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação Araucária e da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

## **CIDADES INTELIGENTES E MEIO AMBIENTE: UMA ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA**

### **Objetivo do estudo**

Este artigo tem como objetivo realizar um estudo cientométrico da evolução da produção científica dos últimos 13 anos acerca do meio ambiente nas cidades inteligentes.

### **Relevância/originalidade**

O trabalho mostra como estão distribuídas as pesquisas em termos de países, instituições e periódicos científicos.

### **Metodologia/abordagem**

A base de dados da Scopus Elsevier foi minuciosamente investigada, resultando em uma bibliometria robusta composta por 126 estudos selecionados criteriosamente.

### **Principais resultados**

Os achados revelam um aumento significativo na abordagem da temática entre 2017 e 2023. Observou-se dois clusters, um com foco em tecnologia e outro em desenvolvimento sustentável.

### **Contribuições teóricas/metodológicas**

Conforme o estudo aponta, os hotspot focaram em pesquisas que fazem uma abordagem no desenvolvimento sustentável, na eficiência energética, na sustentabilidade, no desenvolvimento urbano e no uso de tecnologias como IoT para melhorar o desempenho das cidades.

### **Contribuições sociais/para a gestão**

Este estudo contribui para prover um panorama dos últimos treze anos e traz à tona que a questão ambiental permeia as cidades inteligentes, mas é tratada superficialmente sem expressividade.

**Palavras-chave:** Ambiental, Smart City, Bibliometria, Cienciometria, Revisão da literatura

## *SMART CITIES AND THE ENVIRONMENT: SCIENTOMETRIC ANALYSIS*

### **Study purpose**

This article aims to conduct a scientometric study of the evolution of scientific production in the last 13 years regarding the environment in smart cities.

### **Relevance / originality**

The work demonstrates how research is distributed in terms of countries, institutions, and scientific journals.

### **Methodology / approach**

The Scopus Elsevier database was thoroughly investigated, resulting in a robust bibliometric analysis comprising 126 carefully selected studies.

### **Main results**

The findings reveal a significant increase in the approach to the theme between 2017 and 2023. Two clusters were observed, one with a focus on technology and the other on sustainable development.

### **Theoretical / methodological contributions**

As the study indicates, the hotspots focused on research that addresses sustainable development, energy efficiency, sustainability, urban development, and the use of technologies such as IoT to enhance city performance.

### **Social / management contributions**

This study contributes to providing an overview of the past thirteen years and brings to light that the environmental issue permeates smart cities but is superficially addressed without significance.

**Keywords:** Environmental, Smart territory, Bibliometrics, Scientometrics, Literature review

## **CIDADES INTELIGENTES E MEIO AMBIENTE: UMA ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA**

### **1 Introdução**

As discussões ambientais tem sido um tema relevante e constante na literatura científica sobre cidades. Essa abordagem ganhou maior destaque durante a década de 1960 devido às intensificações da produção industrial e da exploração dos recursos naturais. Em busca de tentativas de minimizar os impactos gerados, em 1972 foi realizada a "Conferência de Estocolmo" na qual foram examinados pontos fundamentais, tais como a preservação da fauna e flora, a redução do uso de resíduos tóxicos e suporte financeiro para ações ambientais. O termo desenvolvimento sustentável surge em 1987 no relatório de *Brundtland*, Nosso Futuro Comum. Na sequência a ECO-92, a Conferência das Partes - CP2 que resultou o Protocolo de Kyoto, a Rio +10, Rio + 20 e Agenda 2030 com os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

A questão ambiental passa a permear diversas relações de processos, produtos, serviços e principalmente sendo discutidos nas cidades. Primeiro nas cidades sustentáveis como objetivo voltado para o desenvolvimento urbano (Nam & Pardo, 2011). Posteriormente estando como um dos eixos que caracterizam as cidades inteligentes, ou seja, com bom desempenho voltado para o futuro em economia, pessoas, governança e meio ambiente (Giffinger et al., 2007), melhora a qualidade de vida, inclusive ecológica (Zhao, 2011), de forma criteriosa dos recursos naturais (Caragliu et al., 2011), e com equilíbrio e visão sustentável (Yigitcanlar, 2016).

A interconexão entre cidades inteligentes e o meio ambiente tem sido objeto de estudo ao longo do tempo, sendo explorada em diversas abordagens, como evidenciado nos trabalhos de Giffinger et al. (2007), Meijer et al. (2013), Nam e Pardo (2011), González e Rossi (2011), Schaffers et al. (2012), Bibri e Krogstie (2017) e Yigitcanlar et al. (2018). Esse tema tem atraído cada vez mais o interesse de pesquisadores que buscam refletir sobre os estudos das cidades inteligentes.

Uma das dimensões essenciais desse conceito é a sua relação com o meio ambiente. Diante dessa realidade, torna-se importante examinar o histórico de pesquisas com uma perspectiva pensada para compreender os futuros das cidades em relação à sustentabilidade ambiental. Dessa forma, uma revisão sistemática de estudos por pares com alta qualidade pode fornecer subsídios para identificar a distribuição da pesquisa acerca de determinado assunto (Jiang et al., 2023). Assim, torna-se relevante compreender quais são as contribuições da produção do conhecimento coletivo sobre o meio ambiente e as cidades inteligentes.

Este artigo tem como objetivo realizar um estudo cienciométrico da evolução da produção científica dos últimos 13 anos acerca do meio ambiente nas cidades inteligentes. Este estudo justifica-se dado que a preocupação com o meio ambiente na academia tem crescido e ao longo dos anos o conhecimento científico produzido e publicado semanalmente tem aumentado sobre a temática, de forma a dificultar a análise e o acompanhemos de todos estes conhecimentos disponíveis. Neste estudo, pretende-se compilar e apresentar as tendências e lacunas na literatura sobre essa temática, a fim de facilitar a visualização e fornecer orientações sobre os caminhos que as pesquisas estão tomando em relação aos desafios enfrentados nas cidades contemporâneas.

### **2 Materiais e métodos**

O propósito neste estudo é a compreensão acerca das contribuições provenientes da produção de conhecimento coletivo voltadas às cidades inteligentes e ao meio ambiente, tendo

como base questões de pesquisa específicas a saber: a) Como está distribuída a pesquisa qualitativa e quantitativa nos últimos 20 anos? b) Quais são os periódicos que estes estudos se concentram? c) De que forma estão distribuídas estas pesquisas em países e universidades? d) Quais são os *hotspots* de pesquisas e sua tendência para o futuro?

Para esta revisão bibliométrica utilizou-se a base de dados da Scopus que reúne mais de 25.000 títulos ativos e 7.000 editores (Elsevier, 2023). É um dos maiores e mais confiáveis bancos de dados com pesquisa e alta qualidade (Elsevier, 2023). A Scopus fornece uma cobertura em vários campos da ciência, o banco de dados mostra vieses semelhantes aos da Web of Science (WOS) (Mongeon & Paul-hus, 2016). A base de dados da Scopus possui um grande número de artigos de citações e conclui que os dados fornecidos são adequados para análise bibliométrica (Archambault *et al.*, 2009). Mongeon e Paul-Hus (2016), indicam que a Scopus traz viés favorável para pesquisas na área da Engenharia e Ciências Sociais. Esta base de dados apresenta “[...] menores inconsistências quando verificado o conteúdo e a qualidade do conteúdo [...]” (Adriaanse & Rensleigh, p.742, 2013).

Desta forma, foi construído um conjunto de palavras-chave a partir de três grupos usando a base de dados da Scopus. O primeiro grupo refere-se à relação com a evolução, indicadores e eficiência, já o segundo às questões de meio ambiente, os quais ambos os dois grupos fazem relação com as cidades inteligentes. Os termos de buscas definidas em língua inglesa foram: ((*evaluation OR behavior OR performance OR efficiency OR indicators*) AND (*fungicides OR environment OR nature OR ambiance OR ecosystem OR ecology OR biosystem OR biogeocenosis OR holocenosis OR agriculture OR ods OR objectives OR development OR sustainable*) AND (*smart AND cit\* OR territor\**)).

Para a pesquisa utilizou-se os parênteses para definir os grupos. Optou-se pelos operadores booleanos como *AND* e *OR* como estratégias para busca entre as palavras-chaves e o asterisco como operador para plural. O termo booleano *AND*, foi utilizado para união dos conjuntos de termos sendo que o termo *OR* para ligar as palavras-chaves. A busca foi realizada no dia 13 de abril de 2023 limitando a literatura científica no período de 13 anos de 2011 a 2023. Dessa forma, é possível mapear a tendência da produção científica do meio ambiente nas cidades inteligentes. Além do período, outros filtros foram utilizados na base de dados da Scopus como tipo de documento selecionando artigos e conferência.

Na Scopus obtemos 11.629 sem filtros, quando limitado o período de 2003 a 2023 o resultado foi de 9.928. No uso do último filtro denominado tipo de documento, selecionado artigos e conferências obtemos um total de 9.901 artigos científicos. Para limitar a quantidade de artigos optou-se por uma linha de corte com 20 citações. Os artigos escolhidos para leitura compreendem cerca de 97,35% das citações, sendo que 2,65% das citações correspondem a demais artigos excluídos.

Dessa forma, foram 1.415 artigos com até 20 citações e 826 artigos recentes publicados entre o fim de 2022 e 2023 sem nenhuma citação. No total selecionamos 2.241 artigos para leitura de títulos e resumos. A leitura se deu primeiro pelo número de citações, depois pelo alinhamento dos títulos com o tema e por fim à leitura dos resumos. Dos 2.241 artigos foram selecionados 126 artigos alinhados com a temática pesquisada. A Figura 1 descreve brevemente o processo de busca realizado para a pesquisa.

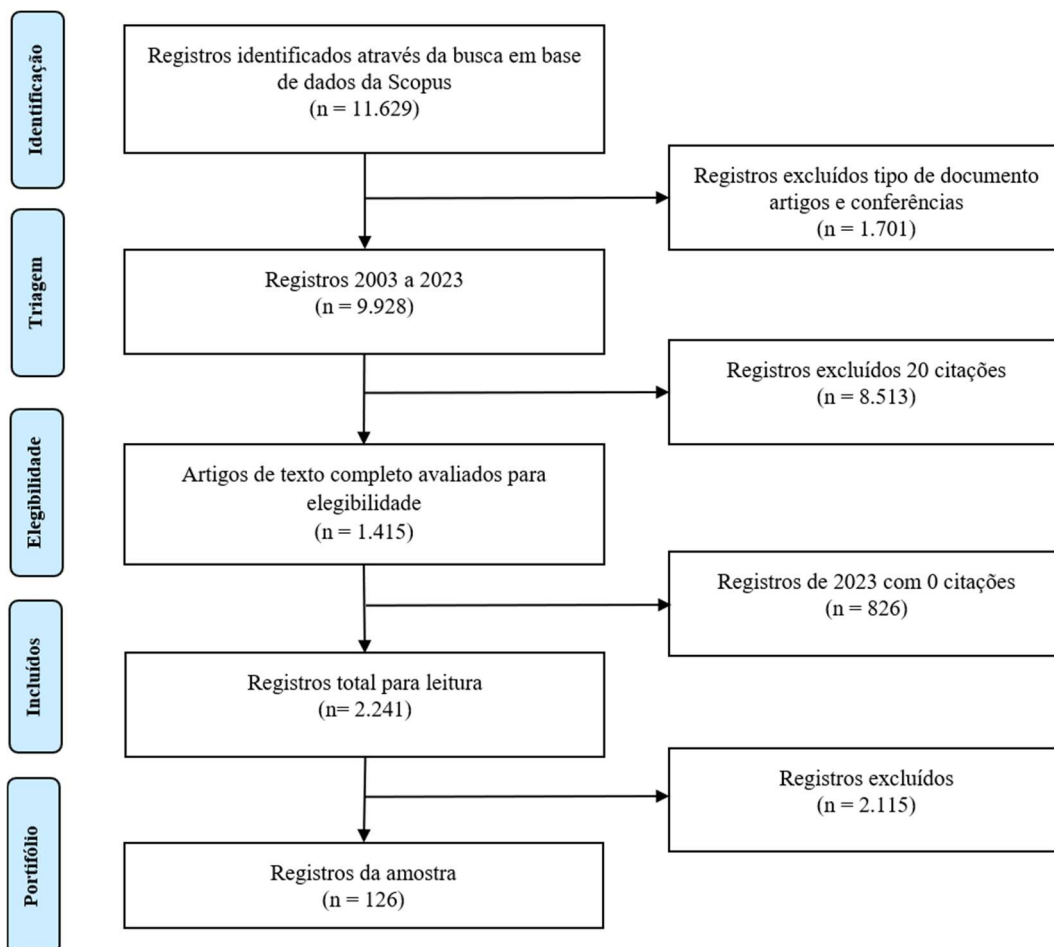


Figura 1 - Flowchart do PRISMA  
 Fonte: adaptado de Page et al. (2020).

### 3 Análise Cienciométrica da Pesquisa

#### 3.1 Cronologia das publicações, citações e a relação entre as publicações e citações

O espaço temporal realizado na busca vai de 2003 a 2023, ou seja, vinte anos de pesquisa. Porém, na busca relacionada foram encontrados artigos a partir de 2011 até 2023. Foram obtidos artigos em língua inglesa e espanhol, neles foram relacionados 433 autores, com uma média de citações por ano de 195. De todo o portfólio são 80,16% são artigos e 19,8% são *conference paper*. Os trabalhos apresentaram uma taxa de crescimento anual de 18,92% entre 2011 a 2023. Dessa forma, é notável que a maioria das publicações se concentra em artigos.

Esta amostra expõe uma atenção maior entre as cidades inteligentes e o meio ambiente. O primeiro aspecto que percebemos foi na produção científica anual em 0,79% em 2011, 3,17% em 2012 caindo para 2,38% em 2013 e 1,58% em 2014. É a partir de 2015 que ocorre um aumento das pesquisas, sendo 4,76% para 2015, 9,52% em 2016, 11,90% em 2017 e 2018, 12,70% para 2019. Em 2020 a uma redução para 9,52% aumentando novamente em 2021 para 11,90% e 2023 para 13,49%. 2023 aparece com 6,35% de publicações.

Dos 126 artigos selecionados, 106 possuem no total 12.934 citações. Sendo que o maior período foi nos anos de 2011 com 1.930 citações em um único artigo, em 2012 com uma média de 491,25 citações em quatro artigos, em 2015 com uma média de 423, 33 citações em seis artigos. Conforme a Tabela 1, o menor número está em 2022 e 2023 sem nenhuma citação, seguido de 2021 com 70,67 por artigo.

Tabela 1- Média total de citações por artigo e por ano

Ano	Média T citações Artigo	Número de artigos	Média T citações ano	Idade
2011	1930	1	148,46	13
2012	491,25	4	40,94	12
2013	113	3	10,27	11
2014	75	2	7,50	10
2015	423,33	6	47,04	9
2016	77,75	12	9,72	8
2017	106,87	15	15,27	7
2018	56,27	15	9,38	6
2019	69,06	16	13,81	5
2020	70,67	12	17,67	4
2021	38,2	15	12,73	3
2022	6,12	17	3,06	2
2023	0	8	0,00	1

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 2 apresenta-se os dez artigos com maior número de citações. É evidente que o número de citações da amostra dos dez artigos mais citados representa quantitativamente 53,92% das citações. O maior número de citações encontra-se entre nos anos de 2011, 2015 e 2012 que corresponde a 71,01% dos dez artigos mais citados. O artigo com maior número de citações “*Smart Cities in Europe*” aponta atributos que são medidos ao longo de seis dimensões, dentre elas o meio ambiente. Na abordagem acerca da questão ambiental demonstra a mensuração da qualidade da gestão dos sólidos urbanos resíduos, a quantidade de espaço verde público e a intensidade da poluição (Caragliu et al., 2011). O segundo artigo mais citado tenta esclarecer o significado de um conceito de cidade inteligente, na revisão vários autores destacam a relação e a preocupação com as questões ambientais (Albino et al., 2015).

Outro texto que traz uma significativa contribuição é o da Ahvenniemi et al. (2017) que mostra uma lacuna entre cidades inteligentes e estruturas de cidades sustentáveis, e apresenta uma preocupação crescente com as questões de preservar os recursos naturais e econômicos. Nižetić et al. (2020) traz importantes contribuições destacando que as tecnologias *Internet of Things (IoT)* poderiam ser usadas para proteção ambiental. Para Khatoun e Zeadally (2016), as cidades desempenham um papel fundamental como principais agentes contribuintes para os desafios climáticos, sendo imperativo buscar soluções inovadoras que aprimorem a abordagem dos efeitos sociais, ecológicos e ambientais associados a essas áreas urbanas. Apesar dos textos possuírem uma ligação com as questões ambientais e dessas discussões incluem o meio ambiente como um viés para tornar uma cidade inteligente ainda há lacunas para serem exploradas

Tabela 2 – As dez principais referências mais citadas

Ano	Autores	Título	Revista	Total citações	Média de Citações por ano
2011	Caragliu, Del Bo; Nijkamp	Smart Cities in Europe	Journal of Urban Technology	1930	148,46
2015	Albino, Berardi, Dangelico	Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives	Journal of Urban Technology	1748	194,22
2012	Batty, <i>et al.</i>	Smart cities of the future	The European Physical Journal Special Topics	1274	106,17
2017	Ahvenniemi, <i>et al.</i>	What are the differences between sustainable and smart cities?	Cities	679	97
2015	Angelidou	Smart cities: A conjuncture of four forces	Cities	474	52,67
2012	Lazaroiu, Roscia	Definition methodology for the smart cities model	Energy	397	33,08
2020	Nižetić, <i>et al.</i>	Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future	Journal of Cleaner Production	238	59,5
2017	Klopp, Petretta	The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities	Cities	234	33,43
2018	Lytras, Visvizi	Who Uses Smart City Services and What to Make of It: Toward Interdisciplinary Smart Cities Research	Sustainability	232	38,67
2016	Khatoun, Zeadally	Smart cities: concepts, architectures, research opportunities	Comunicações da ACM	225	28,13

Fonte: Dados da pesquisa

Quando analisamos as informações com base nos países e as afiliações dos autores percebemos uma relação entre os países que realizam estudos acerca do contexto da pesquisa. A Figura 2 (A) mostra a relação entre os países e as colaborações com maior intensidade estão em azul escuro. No total são 74 colaborações sendo que Itália e Espanha possuem 5,41%, Austrália e Arabia Saudita, Itália e Canadá, Arabia Saudita e Malásia, Espanha e Reino Unido com 4,05% das colaborações entre países. O Brasil aparece colaborando com Austrália, Índia, Japão, Arabia Saudita e Senegal. Do total de artigos do portfólio, a Itália aparece com 14 artigos, seguidos de China (13 artigos), Espanha (12 artigos), Reino Unido (9 artigos), Austrália (6 artigos), Canadá e Portugal (5 artigos) e Brasil (4 artigos).



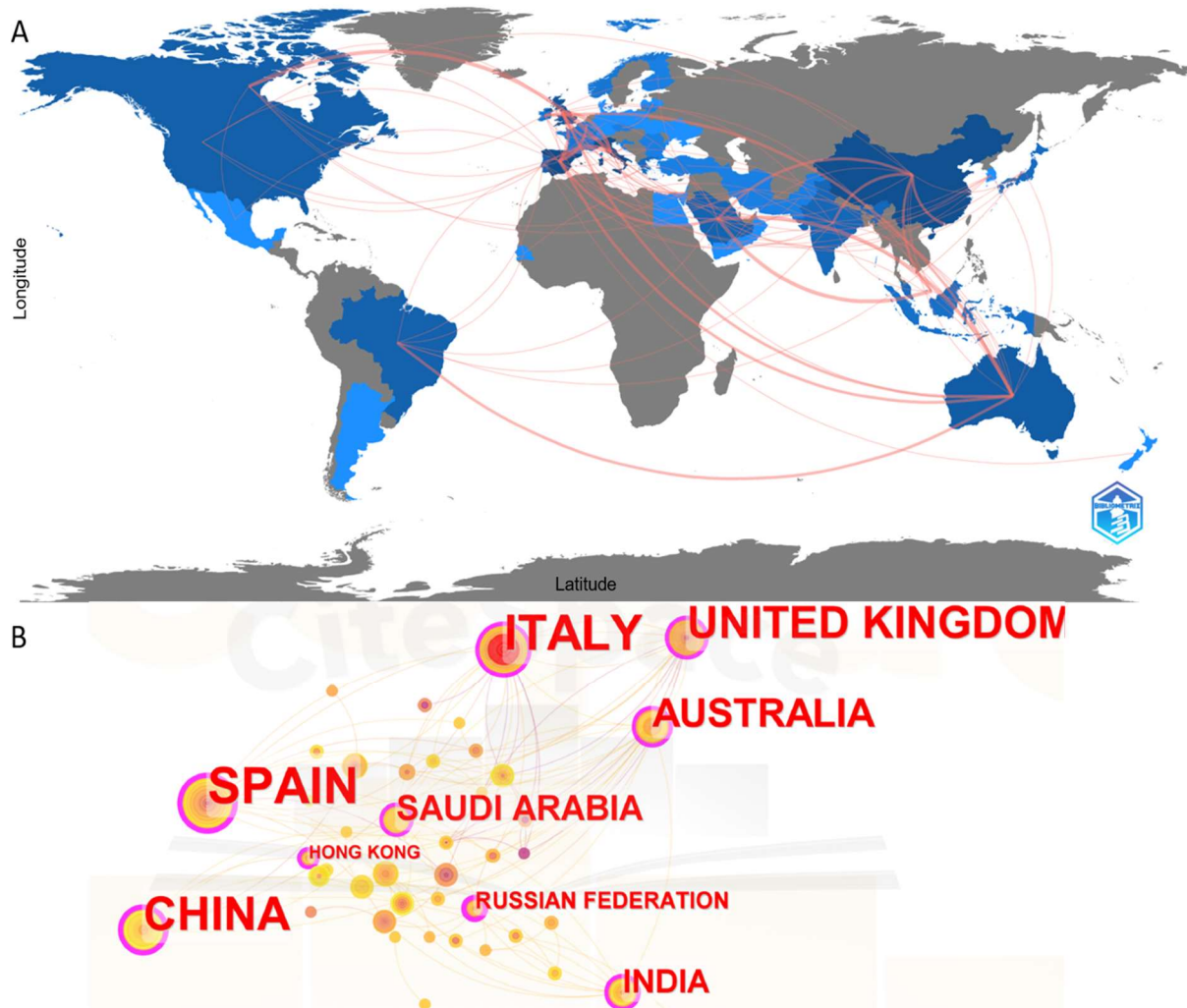


Figura 2 - Mapa de Colaboração dos Países

Fonte: Dados da Pesquisa gerados pelo Bibliometrix e CiteSpace

Nota: (A) Distribuição geográfica de publicações sobre a temática. (B) Rede de publicação entre países que publicaram estudos sobre Smart Cities e meio ambiente.

No mapeamento das redes de concentração entre os principais países que publicaram estudos sobre meio ambiente e a relação com as cidades inteligentes temos expressado na Figura 2 (B) a frequência só país sobre o tema abordado. Na cor roxa no anel do nó, é possível verificar sua centralidade. Quanto mais largo for o anel maior será a influência daquele país (Liu et al., 2020). A centralidade revela a influência do país sobre o tema (Ghisi et al., 2020). Para os autores “um nó de alta centralidade de intermediação é geralmente aquele que conecta dois ou mais grandes grupos de nós com o próprio nó intermediário [...]” (Ghisi et al., 2020, p.4). A Figura 2 (B) demonstra que a China lidera com escores de 0,25 seguida de Espanha (0,23), Itália (0,17), Reino Unido, Arabia Saudita (0,16) e Austrália (0,13).

Em relação aos países mais citados USA aparece com 2.226 citações, seguidos de Canadá (1.898 citações), Reino Unido (1.662 citações), Itália (975 citações), Grécia (803 citações), Finlândia (719 citações), Espanha (604 citações), China (542 citações), Austrália (542 citações) e Romênia (428 citações). A uma representatividade do número de citações que corresponde a 19,45% dos USA seguido de Canadá (16,585) e Reino Unido (14,52%). A Figura 3 demonstra na imagem (A) o percentual entre os países com mais citações, enquanto na imagem (B) o destaque fica para a média de citações de artigos.

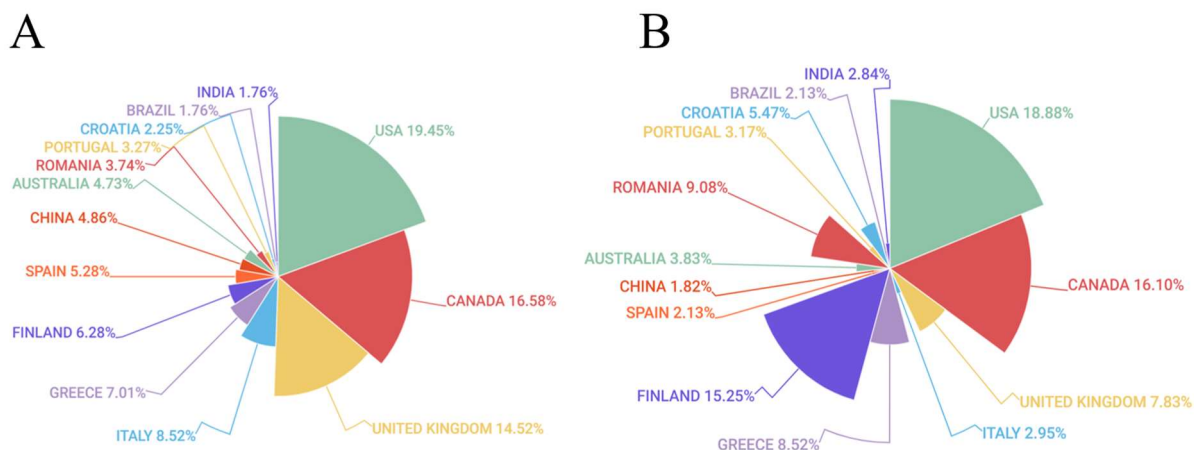


Figura 3 - Percentual entre os países com mais citações e média de citações de artigos  
 Fonte: Dados da Pesquisa gerados pelo Bibliometrix  
 Nota: (A) percentual entre os países com mais citações. (B) Média de citações de artigos.

O mesmo ocorre para a média de citações de artigos onde USA (19,88%) permanece com o maior número, seguido de Canadá (16,10%) e Finlândia (15,25%). É notável que nas Figuras 3 (A) e (B) os demais países não ultrapassam os 10% do total de citações por país e da média de citações de artigos. As produções de países como USA, Canadá e Reino Unido totalizam 50,55% com mais citações e USA, Canadá e Finlândia 50,23% com a maior média de citações.

### 3.2 Mapeamento, análise dos autores e instituições

A amostra dos 126 artigos analisados revela 433 autores, sendo entre eles observa-se os dez autores que mais publicaram na área da temática. Yigitcanlar aparece com 3,2% (4 artigos), seguido de Bibri e Dincer com 2,4% (3 artigos). Os demais autores Abu-Rayash, Caragliu, Corchado, de Torre, Deakin, García-Fuentes, Macke aparecem com 1,6% (2 artigos) do total de publicações.

Identificamos dois *clusters* entre os principais autores conforme a Figura 4. O primeiro em rosa com uma cuja concentração está no autor Yigitcanlar e que se relaciona com Bibri com maior intensidade. Análise de correspondência desenha uma estrutura conceitual do campo e o agrupamento de *smart cities*, *environment sustainable* alinhado com os autores enquanto no segundo *clusters* com uma ligação mais tendenciada a tecnologia.

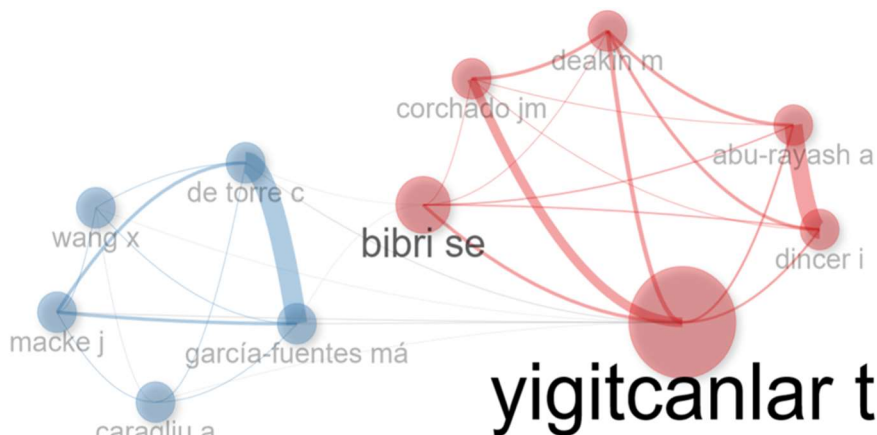


Figura 4 – Mapa com o agrupamento por acoplamento  
Fonte: Dados da Pesquisa gerados pelo Bibliometrix

O *clusters* 1 em rosa aponta uma aproximação para as soluções inteligentes relacionadas ao meio ambiente com um viés tecnológico. Segundo Abu-Rayash e Dincer (2021), para a cidade ser caracterizada como inteligente ela deve dominar oito princípios como economia, meio ambiente, sociedade, governança, energia, infraestrutura, transporte e resiliência pandêmica. O estudo mostra a preocupação com o uso de energia e a emissão de gases do efeito estufa tornando a questão ambiental preocupante.

Já os estudos de Bibri e Krogstie (2020) investigam este potencial como o papel das soluções baseadas em dados de forma a promover a sustentabilidade ambiental no contexto das cidades inteligentes. Todavia, esta relação aparece e é explorada por Yigitcanlar e Cugurullo, (2020), que demonstram a preocupação ambiental, eles exploram e questiona as cidades inteligentes do ponto de vista tecnológico com a inserção da inteligência artificial (IA) urbanas emergentes e a possível simbiose entre a IA e um urbanismo inteligente e sustentável. Eles defendem a necessidade de uma abordagem acerca da IA consolidada, isto é, IA verde, para apoiar ainda mais a transformação da cidade inteligente (Yigitcanlar et al., 2021).

Já no *clusters* 2 Macke et al. (2019) demonstram que o bem-estar material, serviços e equipamentos públicos, bem-estar ambiental representam uma grande fatia da satisfação dos moradores com a cidade. Já o estudo de Caragliu e Del Bo, (2016) aponta como resultado uma relação entre políticas públicas com as cidades inteligentes onde elas são mais propensas a serem projetadas e implementadas com características que se relaciona com capital humano, social, infraestrutura de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), qualidade do meio ambiente e participação cidadã.

Outro estudo faz um direcionamento semelhante destacando o efeito da política da cidade inteligente na produtividade de fator urbano verde (Wang *et al.*, 2022). Outro estudo abordou o consumo energético e ambiental das atividades cotidianas, e vê como perspectiva a regeneração urbana sustentável de forma a potencializar as áreas de convergência da energia, mobilidade e TIC setores de forma a acelerar a implantação de tecnologias inovadoras e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (García-Fuentes; De Torre, 2017).

Quando mapeamos as instituições temos um total de 205 afiliações. Verifica-se que a *Universiti Teknologi Malaysia* foi a instituição que mais publicou (2,93%), seguida da *Universitas Sebelas Maret Surakarta – Indonésia* com (2,44%). Já *Cartif Technology Centre Boecillo – Espanha*, *Northeast Forestry University, Dalian University Of Technology – China*, *Department Of Architecture Built Environment Italia*, *The University Of Texas Health Science Centre At Houston – USA*, *Department Of Management Studies Indian Institute Of Technology - India*, *Dept Of Electronics And Home Automation Tech Centre OF Furniture And Wood (CETEM) Espanha*, *Federal University Of Santa Catarina e Federal University Of Technology Paraná – Brazil*, todas a instituições com um percentual individual de 1,95%. É notável que há colaboração entre as instituições, pois há um percentual muito distante entre as dez principais.

### 3.3 Análise de periódicos, fator de impacto e áreas temáticas mais publicadas

Os periódicos mais citados foram listados com os respectivos Fatores de impacto no *Journal Citation Reports – JCR* do ano de referência 2022. Dessa forma, o *Journal of Urban Technology* (4.8), *Cities* (6.7), *Energy* (9.0), *Sustainability* (3.9), *Journal of Cleaner Production* (11.1), *Communications of the ACM* (22.7), *Journal of the American Planning Association* (5.6), *Social Science Computer Review* (4.1), *Sustainable Cities and Society* (11.7), *ACS Nano* (17.1), *Technological Forecasting and Social Change* (12.0) e *Sensors* (3.9).

Demonstra-se o percentual de artigos com base na amostra onde obtivemos cerca de 126 publicações nas quais compõem uma lista de 74 periódicos. O periódico *Sustainability* obteve o maior número na amostra com 21,6%, seguido do *Journal of Cleaner Production* (13,5%), *Sustainable Cities and Society* (13,5%), *Cities* (6,8%), e o *Journal of Urban Technology* (4,1%). O periódico *Sensors, Technological Forecasting and Social Change e Social Science Computer Review* aparecem com um percentual de 2,7%. Os demais periódicos da amostra possuem 1,4% cada e juntos correspondem a 55,4% de todos os artigos. Mostra-se na Figura 5, a lista dos 16 periódicos mais citados da amostra.

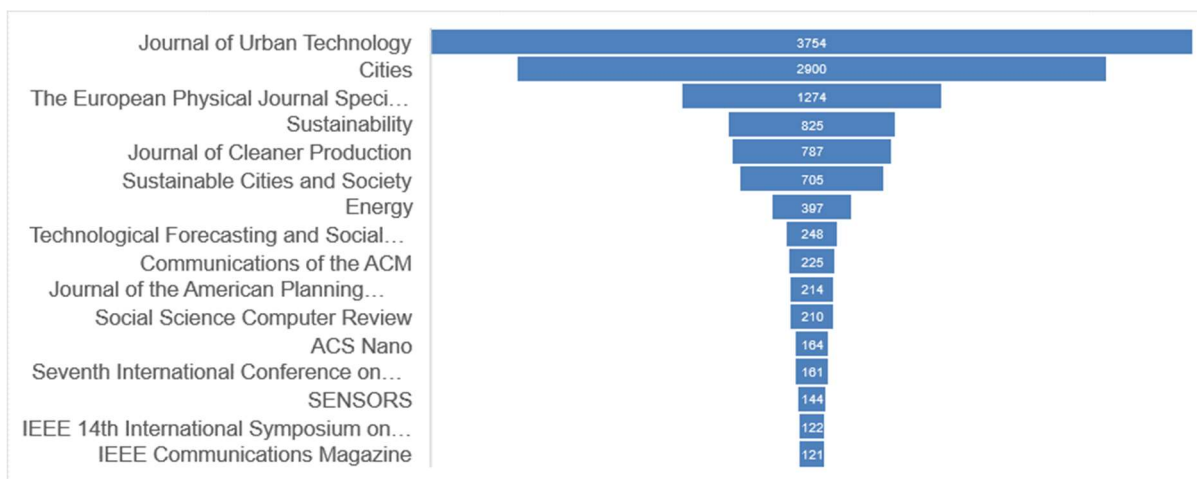


Figura 5 – Periódicos mais citados da amostra  
 Fonte: Dados da Pesquisa

A Figura 5 mostra a somatória de todas as citações que compõem os periódicos, com destaque para o *Journal of Urban Technology*, *Cities* e o *The European Physical Journal Special Topics* que somados correspondem a 55, 82% de todas as citações da amostra. As áreas temáticas mais publicadas apontam para três grupos predominantes, uma das engenharias (43,2%), ambiental (31,5%) e urbano (13,5%). Isso mostra que a categoria engenharia concentra a maior quantidade de publicações sobre cidades inteligentes e o meio ambiente, porém, a maior quantidade de citações concentra-se na temática urbana com um percentual de 48,36%.

### 3.4 Análise das palavras-chaves

As palavras chaves representam o ponto central da pesquisa acadêmica e desta forma, a análise de ocorrência de palavras-chaves demonstra eficácia na análise cientométrica (Jiang et al., 2023). Este sistema de análise pode ser chamado de *hotspot*, o qual trata-se de um método usado para revisões cientométricas e mostra tendências e as lacunas no estado da arte em um determinado campo (Furtado et al., 2022). Os autores destacam que este método busca analisar a força das ligações entre palavras-chaves em uma determinada amostra de estudos publicados de maneira a possibilitar as relações internas em um campo acadêmico (Furtado et al., 2022).

Foram encontradas um total de 1.558 palavras-chaves nas amostras selecionadas. Destes 20 as palavras aparecem com maior frequência. Pode-se destacar que as palavras *smart city* (25%), *sustainable development* (17%), *energy efficiency* (7%), *sustainability* (5%), *urban development* (5%), *decision making* (4%), *urban planning* (4%), *internet of things* (3%), *urban growth* (3%), *urban policy* (3%) representam um percentual de 76% de citações entre as vinte palavras e 15,6% de todas as palavras chaves encontradas. A análise das palavras-chaves revela que o termo “*smart city*” é a palavra com maior frequência de centralidade seguida de

“*sustainable development*” e “*energy efficiency*”. A Figura 6 demonstra as vinte palavras-chaves mais citadas nos artigos.

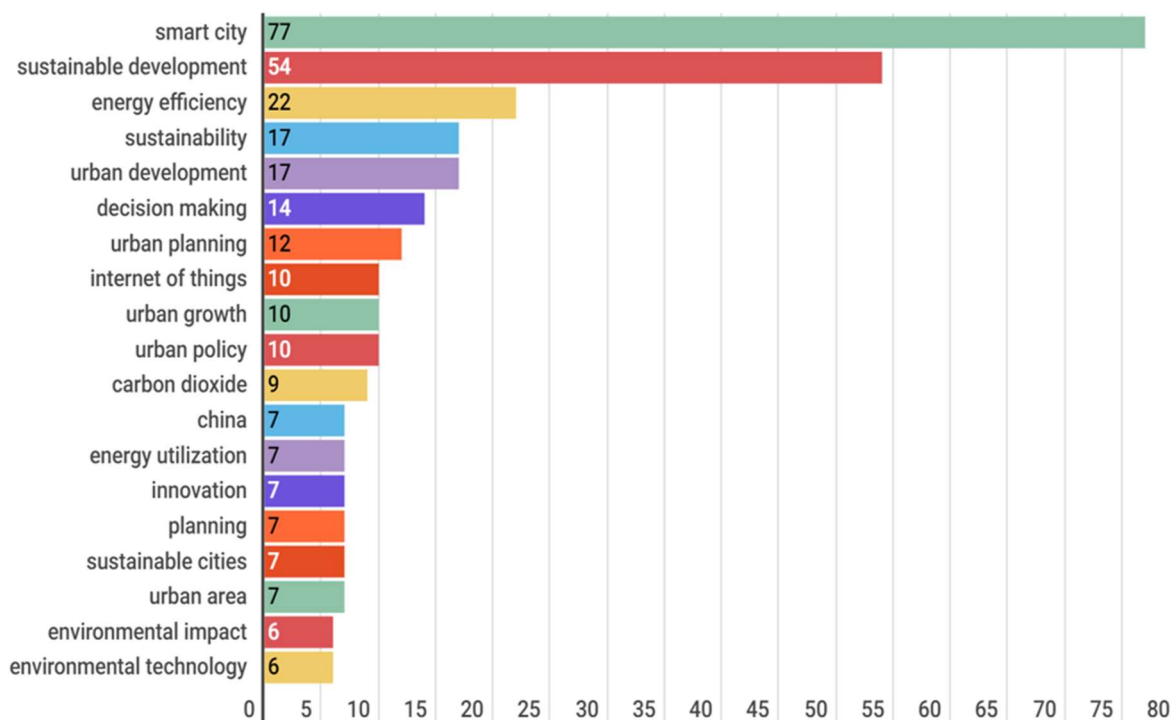


Figura 6 – Demonstrativo de ocorrência das palavras-chaves mais citadas.

Fonte: Dados da Pesquisa gerados pelo Bibliometrix

Nota: O número dentro da barra corresponde a quantidade de vezes que a palavras-chave aparece nos resumos.

Entre 2011 a 2015 há uma maior centralidade da palavra *smart city*, enquanto que *sustainable development*, *energy efficiency* e *sustainability* aparece em 2012. Esta relação está representada na Figura 7 (A). Já no mapa temático da Figura 7 (B), é possível perceber a forte relação entre as palavras chaves *smart city*, *sustainable development*, que estão em um nó com maior ênfase enquanto *energy efficiency*, e *sustainability* aparecem menores, mas correlacionado com as demais palavras.

No mapa temático da Figura 7 (C) apresenta uma forte relação entre as palavras-chave *smart city*, *sustainable development*, que estão em um nó com maior ênfase enquanto *energy efficiency*, e *sustainability* aparecem menores, mas correlacionado com as demais palavras. A alta centralidade está entre as palavras *Smart City* e *sustainable development*. Elas apresentam uma ligação entre dois grandes grupos de nós. A espessura da ligação em roxo entre as duas palavras revela a forte relação e sua centralidade de intermediação. Quanto mais espessa for mais forte é esta relação (Chen, 2020). Isto é, o anel concêntrico da Figura 7 (C) representa a quantidade de citações que foram feitas das palavras *Smart City* e *sustainable development*. As palavras-chave com maior centralidade são: *smart city* (0,97) e *sustainable development* (0,47), *sustainability*, (0,11) e *energy efficiency* (0,05).

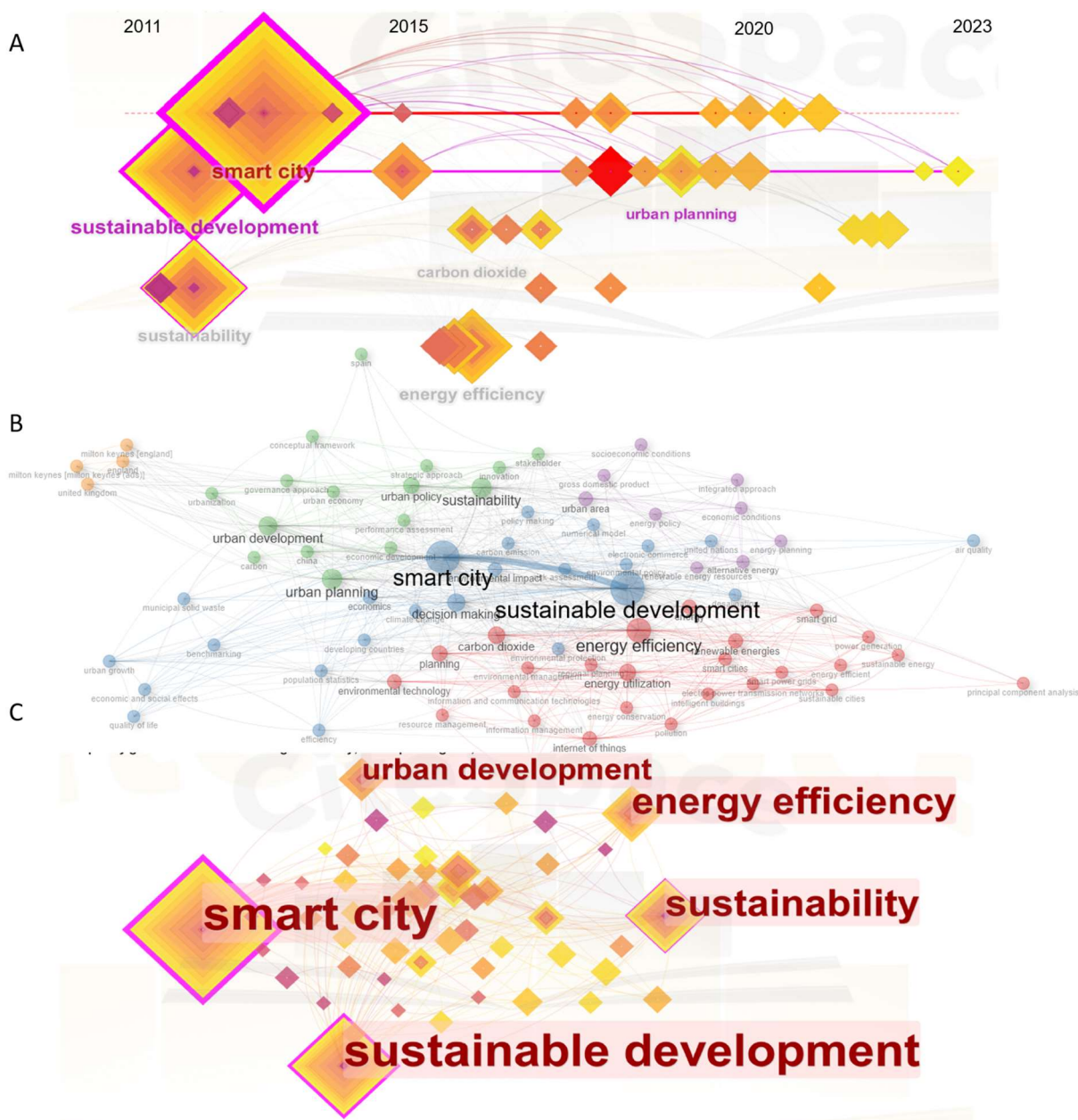


Figura 7 – Mapa temático de palavras-chaves classificadas com base na frequência de citação.

Fonte: Dados da Pesquisa gerado pelo Citespace e Bibliometrix

Nota: Figura (A e C) geradas pelo CiteSpace e Figura (B) gerada pelo Bibliometrix

Outro fator que norteia a pesquisa está na palavra-chave *environment*. Ela aparece no estudo vinte e três vezes, mas como palavra composta como: *environmental impact* (6), *environmental technology* (6), *environmental management* (6), *environmental protection* (3), *environmental sustainability* (2). Este conjunto de palavras apresenta um *hotspot* com o direcionamento dos estudos relacionados as cidades inteligentes.

A centralidade dessas palavras-chave indica uma forte ligação entre o desenvolvimento de cidades inteligentes e a busca por práticas ecológicas, refletindo o crescente interesse da comunidade acadêmica em explorar soluções inovadoras para lidar com os desafios sociais, ecológicos e ambientais associados ao ambiente urbano. A presença recorrente da palavra-chave "*environment*" e suas variações ressaltam a importância e o papel crucial da abordagem ambiental nas cidades inteligentes, principalmente por práticas urbanas mais atraentes.

No entanto, a análise revela várias lacunas e áreas a serem exploradas, sugerindo a necessidade contínua de pesquisas que abordem de maneira mais abrangente as confortáveis entre cidades inteligentes e o meio ambiente. Esta mesma incidência é apontada no gráfico de três campos gerado pelo Bibliometrix. Ele demonstra uma visão panorâmica que associa a palavra-chave com os autores e os países. Do lado esquerdo temos a coluna das palavras-chave e a ligação com os autores e os países. Esta mesma incidência é apontada no gráfico de três campos gerado pelo Bibliometrix demonstrado na Figura 7.

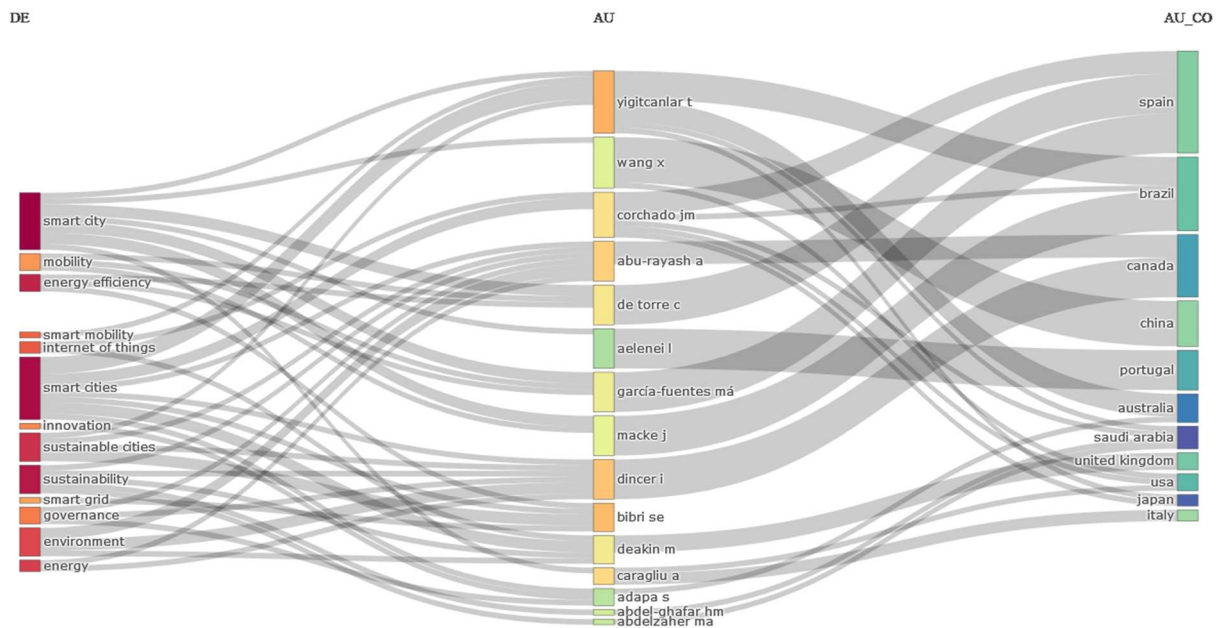


Figura 7 - Gráfico de três campos mostrando a relação entre os países com os quinze principais autores e palavras-chave.

Fonte: Dados da Pesquisa gerado pelo Bibliometrix

O gráfico três campos mostra a relação do trabalho de Yigitcanlar (2018) com *smart city* e *sustainable cities* que mostra conexão com os estudos de Caragliu (2011), Wang (2016), De Torre (2017), García-Fuentes (2017), Macke (2019). Essa conexão mostra outra ligação entre Bibri (2020) e Dincer (2020). O estudo nos mostra um direcionamento relacionado às cidades inteligentes a questão ambiental, e torna-se perceptível que apesar de recente o conceito de cidade inteligente ainda há lacunas a serem exploradas.

O foco deste modelo de cidade está principalmente nas pessoas, economia, governança, na mobilidade, meio ambiente e qualidade de vida. Desta forma, passa a ser construída com base na sabedoria coletiva de indivíduos autodeterminados, independentes e conscientes (Giffinger et al., 2007). Assim, questões como o impacto ambiental, tecnologia ambiental, gestão ambiental, proteção ambiental e sustentabilidade ambiental estão presentes nos estudos relacionando-se com as *smart cities*, *sustainable development* e *energy efficiency*.

Esta pesquisa aponta evidências que as cidades inteligentes estão se tornando um ponto central de interesse na pesquisa acadêmica, principalmente quando consideramos seu impacto no meio ambiente. Através da análise de palavras-chave, fica claro que a busca por soluções inovadoras que integram desenvolvimento urbano e sustentabilidade ambiental é uma prioridade crescente. Esses estudos têm o potencial de influenciar políticas públicas, práticas urbanas e iniciativas privadas, promovendo um futuro mais resiliente e equilibrado para as cidades, onde as necessidades humanas são atendidas sem comprometer o bem-estar do meio ambiente.

## Considerações finais

Este estudo cienciométrico apresenta uma visão de quais estudos contribuem para as cidades inteligentes rumo ao desenvolvimento ambiental. Como achados de pesquisa percebe-se que a questão ambiental faz parte de uma das dimensões que compõem uma cidade inteligente. Mas sua abordagem é superficial e os estudos fazem uma relação estando eles relacionados ao impacto ambiental, tecnologia ambiental, política ambiental, gestão ambiental, proteção ambiental e sustentabilidade ambiental. No entanto, esta área necessita urgentemente de estudos mais focados no meio ambiente de forma a avaliar e comparar o seu desempenho ou a sua eficiência dentro das cidades inteligentes.

Conforme o estudo aponta, os *hotspot* focaram em pesquisas que fazem uma abordagem no desenvolvimento sustentável, na eficiência energética, na sustentabilidade, no desenvolvimento urbano e no uso de tecnologias como IoT para melhorar o desempenho das cidades. Este estudo contribui para prover um panorama dos últimos treze anos e traz à tona que a questão ambiental permeia as cidades inteligentes, mas é tratada superficialmente sem expressividade. A palavra-chave "*smart city*" e "*sustainable development*" demonstram uma forte ligação e relação entre os estudos.

A pesquisa limita-se a uma base de dados e estudos futuros podem ampliar sua abrangência indicando resultados que evidenciam uma relação mais profunda entre as cidades inteligentes e o meio ambiente. Futuros estudos podem preencher as lacunas desempenhando uma relação maior entre a questão ambiental e as cidades inteligentes, visto os estudos trazem esta abordagem, mas tratam a cidade como uma forma de melhorar a qualidade do ambiente e geram alta qualidade de vida, mas podem ter um foco maior nas questões ambientais. Os achados do estudo ilustram a promessa intrínseca desta abordagem, que parece destinada a florescer como uma verdadeira tendência para o futuro.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação Araucária e da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

## Referências

- Abu-Rayash, A., & Dincer, I. (2021). Development of integrated sustainability performance indicators for better management of smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 67(102704), 102704. doi:[10.1016/j.scs.2020.102704](https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102704)
- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities (London, England)*, 60, 234–245. doi:[10.1016/j.cities.2016.09.009](https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009)
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21. doi:[10.1080/10630732.2014.942092](https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092)
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. doi:[10.1016/j.joi.2017.08.007](https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007)
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal. Special Topics*, 214(1), 481–518. doi:[10.1140/epjst/e2012-01703-3](https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3)
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2020). Environmentally data-driven smart sustainable cities: applied innovative solutions for energy efficiency, pollution reduction, and urban metabolism. *Energy Informatics*, 3(1). doi:[10.1186/s42162-020-00130-8](https://doi.org/10.1186/s42162-020-00130-8)



- Caragliu, A., & Del Bo, C. F. (2016). Do Smart Cities invest in smarter policies? Learning from the past, planning for the future. *Social Science Computer Review*, 34(6), 657–672. doi:[10.1177/0894439315610843](https://doi.org/10.1177/0894439315610843)
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. doi:[10.1080/10630732.2011.601117](https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117)
- Chen, C. (2014). The CiteSpace Manual. Recuperado 12 de abril de 2023, de Drexel.edu website: <http://cluster.ischool.drexel.edu/~cchen/citespace/CiteSpaceManual.pdf>
- Castilhos, G. N., Zuanazzi, N. R., Fabrin, T. M. C., & Oliveira, E. C. (2020). Glyphosate and its toxicology: A scientometric review. *The Science of the Total Environment*, 733(139359), 139359. doi:[10.1016/j.scitotenv.2020.139359](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139359)
- Domingue, J., Galis, A., Gavras, A., Zahariadis, T., Lambert, D., Cleary, F., ... Nilsson, M. (Orgs.). (2011). *The future internet: Future internet assembly 2011: Achievements and technological promises*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Echenique, M. H., Hargreaves, A. J., Mitchell, G., & Namdeo, A. (2012). Growing cities sustainably: Does urban form really matter? *Journal of the American Planning Association*. *American Planning Association*, 78(2), 121–137. doi:[10.1080/01944363.2012.666731](https://doi.org/10.1080/01944363.2012.666731)
- Elsevier. (2023). Why choose Scopus - Scopus benefits. Recuperado 12 de abril de 2023, de Elsevier.com website: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/why-choose-scopus>
- García-Fuentes, M. Á., & de Torre, C. (2017). Towards smarter and more sustainable regenerative cities: the REMOURBAN model. *Journal of Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(3), 328–338. doi:[10.9770/jesi.2017.4.3s\(8\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.3s(8))
- Ghisi, N.C., Zuanazzi, N. R., Fabrin, T. M. C., & Oliveira, E. C. (2020). Glyphosate and its toxicology: A scientometric review. *The Science of the Total Environment*, 733(139359), 139359. doi:[10.1016/j.scitotenv.2020.139359](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139359)
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities*. Centre of regional science.
- González, J. A. A., & Rossi, A. (2011). *New Trends for Smart Cities, Competitiveness and Innovation Framework Programme*.
- Jiang, Y., Guo, B., Zhang, X., Tian, H., Wang, Y., & Cheng, M. (2023). A bibliometric and scientometric review of research on crowdsourcing in smart cities. *IET Smart Cities*, 5(1), 1–18. doi:[10.1049/smc2.12048](https://doi.org/10.1049/smc2.12048)
- Khatoun, R., & Zeadally, S. (2016). Smart cities: Concepts, architectures, research opportunities. *Communications of the ACM*, 59(8), 46–57. doi:[10.1145/2858789](https://doi.org/10.1145/2858789)
- Klopp, J. M., & Petretta, D. L. (2017). The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities (London, England)*, 63, 92–97. doi:[10.1016/j.cities.2016.12.019](https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.12.019)
- Lazaroiu, G. C., & Roscia, M. (2012). Definition methodology for the smart cities model. *Energy (Oxford, England)*, 47(1), 326–332. doi:[10.1016/j.energy.2012.09.028](https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.028)
- Li, M., Porter, A. L., & Wang, Z. L. (2017). Evolutionary trend analysis of nanogenerator research based on a novel perspective of phased bibliographic coupling. *Nano Energy*, 34, 93–102. doi:[10.1016/j.nanoen.2017.02.020](https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2017.02.020)
- Lytras, M., & Visvizi, A. (2018). Who uses smart city services and what to make of it: Toward interdisciplinary smart cities research. *Sustainability*, 10(6), 1998. doi:[10.3390/su10061998](https://doi.org/10.3390/su10061998)
- Macke, J., Rubim Sarate, J. A., & de Atayde Moschen, S. (2019). Smart sustainable cities evaluation and sense of community. *Journal of Cleaner Production*, 239(118103), 118103. doi:[10.1016/j.jclepro.2019.118103](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118103)

- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228. doi:[10.1007/s11192-015-1765-5](https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5)
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times*. New York, NY, USA: ACM.
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities (London, England)*, 38, 25–36. doi:[10.1016/j.cities.2013.12.010](https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010)
- Nižetić, S., Šolić, P., López-de-Ipiña González-de-Artaza, D., & Patrono, L. (2020). Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future. *Journal of Cleaner Production*, 274(122877), 122877. doi:[10.1016/j.jclepro.2020.122877](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122877)
- Page, M. J., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., ... Moher, D. (2020). *The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews*. doi:[10.31222/osf.io/v7gm2](https://doi.org/10.31222/osf.io/v7gm2)
- S. Adriaanse, L., & Rensleigh, C. (2013). Web of Science, Scopus and Google Scholar: A content comprehensiveness comparison. *Electronic Library*, 31(6), 727–744. doi:[10.1108/el-12-2011-0174](https://doi.org/10.1108/el-12-2011-0174)
- Wang, K.-L., Pang, S.-Q., Zhang, F.-Q., Miao, Z., & Sun, H.-P. (2022). The impact assessment of smart city policy on urban green total-factor productivity: Evidence from China. *Environmental Impact Assessment Review*, 94(106756), 106756. doi:[10.1016/j.eiar.2022.106756](https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106756)
- Yigitcanlar, T., & Cugurullo, F. (2020). The sustainability of artificial intelligence: An urbanistic viewpoint from the lens of smart and sustainable cities. *Sustainability*, 12(20), 8548. doi:[10.3390/su12208548](https://doi.org/10.3390/su12208548)
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Buys, L., Ioppolo, G., Sabatini-Marques, J., da Costa, E. M., & Yun, J. J. (2018). Understanding ‘smart cities’: Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. *Cities (London, England)*, 81, 145–160. doi:[10.1016/j.cities.2018.04.003](https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.003)
- Yigitcanlar, T., Mehmood, R., & Corchado, J. M. (2021). Green artificial intelligence: Towards an efficient, sustainable and equitable technology for smart cities and futures. *Sustainability*, 13(16), 8952. doi:[10.3390/su13168952](https://doi.org/10.3390/su13168952)
- Zhao, J. (2011). *Towards sustainable cities in China: Analysis and assessment of some Chinese cities in 2008*. New York, NY; New York: Springer.