

**City Information Modeling (CIM) e Smart Cities (SC): Uma análise bibliométrica com VOSViewer e Software R com pacote Bibliometrix (2010-2020)**

**Bruna Logatti**

Engenheira Civil, Mestre em Engenharia Urbana, UFSCar, Brasil  
bru.logatti@gmail.com

**Cristian Roberto Nazareth**

Arquiteto e Urbanista, Mestre em Engenharia Urbana, UFSCar, Brasil  
cristianlisboa@gmail.com

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise bibliométrica valendo-se dos *softwares* VOSViewer e R, e discutir os resultados obtidos a partir de consultas realizadas mediante a combinação das palavras-chave *City Information Modeling* e *Smart Cities*, bem como a sua relação no contexto contemporâneo de cidades. Para tanto, foi adotada como base de dados científicos a plataforma referencial *Web of Science* e o recorte adotado foram artigos publicados em língua inglesa em periódicos ao longo dos anos 2010 a 2020. Deste modo, os dados obtidos foram baixados e inseridos nos *softwares* citados, os quais permitiram a realização de análises qualitativas e quantitativas. As sentenças utilizadas na pesquisa revelaram certas particularidades, desde a elevada e constante produção de artigos científicos a ausência de publicações no que diz respeito a utilização direta dos termos "CIM" e "Smart Cities". Assim sendo, a utilização das ferramentas propostas pode contribuir para o levantamento dos estudos específicos na área em questão, assim como, revelar as tendências das pesquisas no meio científico e conseqüentemente a sua evolução no cenário acadêmico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cidade inteligente. City Information Modeling. Análise Bibliométrica.

## INTRODUÇÃO

São nas cidades que as pessoas buscam oportunidades e melhores condições de vida, logo, é o lócus da produção, circulação e consumo de tudo o que se faz necessário para o desenvolvimento das atividades sociais contemporâneas, entretanto, tal desenvolvimento tem se mostrado extremamente frágil e insustentável.

Neste sentido, os complexos arranjos urbanos, sistemas e serviços exigem soluções, de planejamento, projeto, construção, gestão e renovação, as quais podem ser alcançadas mediante uma abordagem sistêmica e holística, a qual pode ser nomeada de *City Information Modeling* (CIM ou Modelagem da Informação da Cidade) para a implementação de fato de uma *Smart City* (SC ou cidade inteligente).

A análise bibliométrica foi instituída como forma de mensurar e monitorar a produção científica. Por seu aspecto multidisciplinar, ajudou a iniciar um novo tipo de área de pesquisa, a cienciometria. A análise bibliométrica fornece um instrumento de apoio às decisões voltadas para a biblioteca e, em algumas pesquisas, pode ser aplicada como forma de direcionar seu progresso, como a metodologia e os resultados.

Por se tratar de um assunto atual e emergente, diversas pesquisas abordam os conceitos observados. Sendo assim, a análise bibliométrica pode ser de grande valia, principalmente, por indicar os estudos mais relevantes, bem como informar o que já foi produzido e publicado sobre determinado aspecto (GUMPENBERGER, WIELAND e GORR, 2012).

O estudo está organizado em cinco seções, sendo a primeira a introdução, a segunda resume os conceitos de CIM e SC, a terceira detalha a metodologia proposta, a quarta apresenta os resultados alcançados e por fim as discussões e conclusões são apresentadas.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma análise bibliométrica, utilizando dois *softwares* diferentes (*software* VOSViewer e R), e discutir os resultados obtidos a partir de consultas realizadas com as palavras-chave *City Information Modeling* e *Smart Cities*. Com isso espera-se determinar tendências da pesquisa e apontar algumas lacunas.

**CITY INFORMATION MODELING (CIM) E SMART CITIES (SC)**

O CIM compreende uma abordagem sistêmica e holística em que agrega as áreas do urbanismo, geografia, cartografia, engenharias, ciências da computação e informação, o termo foi inicialmente utilizado pela pesquisadora Lachmi Khemlani em um artigo intitulado *Hurricanes and their Aftermath: How Can Technology Help?* publicado em 2005, em que discutia o papel da tecnologia na prevenção e mitigação de desastres naturais. Dentre as discussões realizadas a autora aponta a aplicação do GIS (*Geographic Information System*) e do BIM (*Building Information Modeling*) como tecnologias aplicadas ao atendimento de tal demanda e discorre sobre a necessidade de estender o BIM para a escala dos bairros e das cidades, para que seja então possível por meio de um gêmeo digital da cidade, obter informações e dados acerca dos diversos componentes que a constitui e por conseguinte, propor análises e simulações no espaço urbano (KHEMLANI, 2005; ALMEIDA e ANDRADE, 2018).

Por se tratar de um tema emergente, o CIM apresenta diversas abordagens, são duas as mais difundidas entre os pesquisadores, a primeira é sobre a integração entre o GIS e o CAD (*Computer Aided Design*) como ferramenta de suporte para tomadas de decisão do desenho urbano e a segunda se vale das representações tridimensionais georreferenciadas do espaço urbano construído mediante a interoperabilidade de modelos digitais (ALMEIDA e ANDRADE, 2018).

Em linhas gerais o CIM é uma representação de tecnologias e práticas aplicadas ao desenvolvimento de modelo de informação da cidade, ou seja, enquanto o escopo de informação do BIM é limitado ao nível das edificações e sua representação se dá mediante a relação entre os componentes tridimensionais construtivos desta, o CIM estabelece a ligação destes edifícios com a cidade e outras fontes de informações urbanas, como o mobiliário, a vegetação, a paisagem e as pessoas que por ali circulam, bem como para aplicações ligadas ao transporte, clima e morfologia urbana, questões estas que normalmente estão relacionadas à SC (XUE, WU e LU, 2021), cujo campo de investigação tem sido um dos mais estudados frente os diversos desafios e consequências imputadas pelo acelerado processo de urbanização que diversas cidades ao redor do globo tem enfrentado, estima-se que em 2050, dois terços da população residirão nas cidades, ou seja, a população mundial deverá atingir 6,5 bilhões pessoas na área urbana (UNDP, 2019).

Frente a tal cenário, os já existentes problemas que assolam as cidades como violência, espraiamento urbano, ocupação de locais inadequados, poluição, congestionamento dentre outros tem se agravado, entretanto, soluções têm sido propostas para o enfrentamento de tais crises, e a abordagem das cidades inteligentes vai ao encontro de tal questão, o conceito tem sido debatido desde a década de 1990 e tem evoluído desde então, assumindo diversas nomenclaturas, definições e aspectos ao longo deste tempo.

Para Thompson (2016, p. 360), a cidade inteligente é aquela em que ocorre “uma integração eficaz de sistemas físicos, digitais e humanos no ambiente construído para oferecer um futuro sustentável, próspero e inclusivo para seus cidadãos”, ou seja, ela deve ser inclusiva, integrada e com foco orientado ao cidadão, logo, a participação e o envolvimento público são prioritários. O fenômeno das SC guardam relações diretas com dois viés, o tecnológico, evolução dos dados nas cidades, *open data e big data*, a quarta revolução industrial, a internet das coisas (IoT) e seus dispositivos, e o viés social e humano, em que o indivíduo, as dinâmicas sociais e culturais são preponderantes para a formação de uma cidade, tais questões devem ser consonantes e quebrar o paradigma das SC associados puramente a implementação e venda de tecnologias genéricas ou sua adoção mediante a simples estratégia de marketing (PETROVA-ANTONOVA e ILLEVA, 2019; BRASIL, 2021), desta forma, a cidade inteligente:

não é aquela que simplesmente usa a tecnologia no meio urbano, mas aquela que investe em capital humano e social, em desenvolvimento econômico sustentável, em inovação e empreendedorismo e no uso de tecnologias disponíveis para aprimorar e interconectar os serviços e a infraestrutura das cidades, tudo isso de modo equânime e criativo, sempre com foco na cidadania, na qualidade de vida e no bem-estar dos cidadãos. (BRASIL, 2021, p. 9).

Neste sentido, as iniciativas não devem tão somente estar relacionadas a condições específicas de aplicação, a exemplo de semáforos ou iluminação pública inteligentes, mas sim em modelos que apoiem o “planejamento, design e análise de todas as dimensões da cidade” (PETROVA-ANTONOVA e ILLEVA, 2019, p. 1), pois do contrário, a abordagem torna-se vazia e genérica.

#### **METODOLOGIA PROPOSTA**

Para avaliar a produção existente sobre CIM e SC, este estudo tem um caráter descritivo quantitativo e qualitativo. A análise descritiva resulta de um levantamento de dados realizado na base de dados Web of Science. A *Web of Science* é uma base de dados multidisciplinar e indexa artigos de grande relevância em todo o mundo. O caráter quantitativo refere-se à identificação de quantos artigos sobre um determinado tema existem na base de dados, já o caráter qualitativo virá da discussão dos resultados obtidos durante a análise. A pesquisa foi feita em maio de 2021 e contemplou o período de 2010 a 2020, para a tipologia das produções científicas, foram considerados apenas artigos em inglês publicados em periódicos.

Para a análise dos dados foram utilizados dois softwares distintos: o *VOSViewer* (LEIDEN UNIVERSITY, 2020) e o R (THE R FOUNDATION, 2020). O *VOSViewer* é uma ferramenta capaz de construir e visualizar redes bibliométricas. A rede pode incluir periódicos, pesquisadores ou publicações individuais, e é desenvolvida com base em citações, acoplamento bibliográfico, cocitação ou relações de coautoria. Em última instância, o software oferece funcionalidade de *text mining* a partir de termos extraídos do corpo da literatura científica, que podem culminar na construção e visualização de redes de coocorrência. O *VOSViewer* foi o *software* escolhido para a conexão de rede e palavras deste artigo, principalmente, porque a criação das redes a partir de dados baixados do *Web of Science* é nativa dele, ou seja, o uso é simples e direto quando comparado a outras ferramentas, também os gráficos gerados têm melhor resolução e disposição do que o *software* R.

O R é um projeto GNU (sistema de *software* livre) e é conhecido por ser uma linguagem e ambiente para computação estatística e gráficos. Sua principal vantagem é que fornece uma grande variedade de técnicas estatísticas (modelagem linear e não linear, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais, classificação, agrupamento e outras) e gráficas, além de aceitar uma variedade de extensões diferentes, facilitando o desenvolvimento da análise bibliométrica. Para este trabalho foi utilizado o pacote *Bibliometrix* (ARIA e CUCCURULLO, 2017) em conjunto com a função *Biblioshiny*, tal escolha resultou das funções pré-concebidas do pacote *Bibliometrix*, interessantes para análise dos dados, e da interface de página web promovida pela *Biblioshiny*.

Foram realizadas três recuperação das publicações na base de dados, utilizando-se os delimitadores de dados e tipologia estabelecidos, sendo eles: (1) (BIM OU "BUILDING INFORMATION MODELING") E (CIT\* E MODEL\*) (2) (BIM OU "BUILDING INFORMATION MODELING") E (CIM OU "CITY INFORMATION MODELING") (3) (CITY INFORMATION MODELING OU CIM) E BIM E SMART CIT\*).

O CIM compreende uma abordagem sistêmica e holística em que agrega as áreas do urbanismo, geografia, cartografia, engenharias, ciências da computação

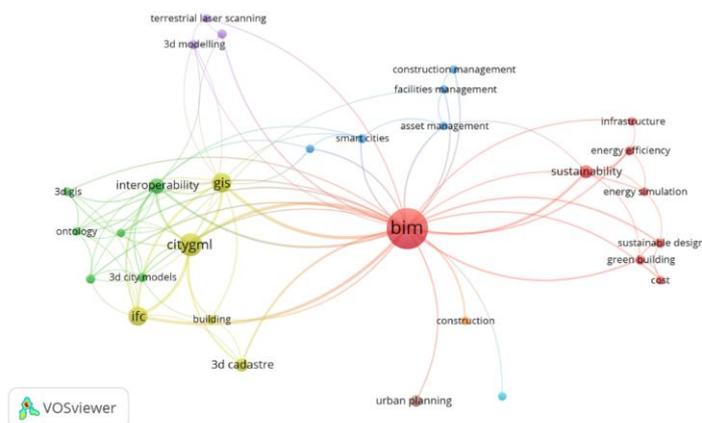
## RESULTADOS

Como pode ser visto pelos termos pesquisados, a primeira busca é a mais abrangente entre as três, retornando 192 resultados. A segunda pesquisa obteve 7 resultados, menor valor entre as buscas. Por fim, a terceira consulta resultou em 30 trabalhos. Decidiu-se realizar três consultas, devido ao pequeno volume de publicações obtidas a partir da segunda busca, portanto decidiu-se dividir os termos dessa busca utilizando operadores booleanos obtendo-se um maior número de estudos. A seguir serão apresentados aspectos quantitativos dos produtos obtidos pelos dois softwares utilizados.

### VOSViewer

O foco na utilização do VOSViewer foi a utilização de palavras-chave pelos autores, para cada uma das pesquisas foram gerados três gráficos diferentes. Cada gráfico tinha um dos seguintes objetivos: mostrar a rede existente entre as expressões, a densidade dos termos e o número médio de citações de cada palavra. A Figura 1 apresenta a rede da primeira pesquisa:

Figura 1: Primeira Busca: Visualização da Rede.



Fonte: AUTORES, 2022.

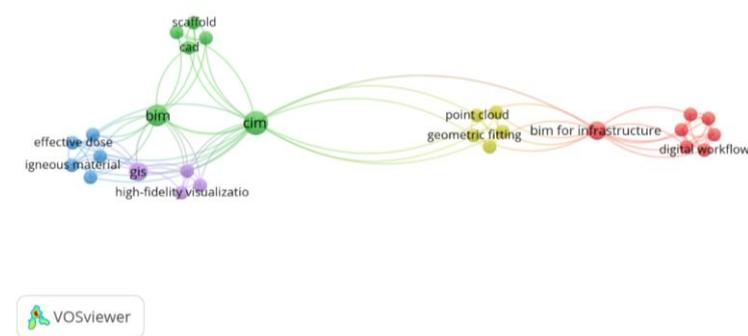
De acordo com a Figura 1, pode-se verificar que a principal palavra relacionada com o tema em estudo é BIM, possuindo inclusive a posição de destaque na criação da rede. Para essa rede criaram-se oito grupos, cada um representado por uma cor (vermelho, verde, azul, amarelo, roxo, laranja, lilás e azul piscina), dentre os grupos destacam-se cinco, sendo os principais termos relacionados a eles:

- Vermelho: design sustentável, construção verde, eficiência energética, custo, sustentabilidade, infraestrutura e simulação energética.
- Azul: cidades inteligentes, internet das coisas, gestão de ativos, gestão de instalações, gestão da construção.

- Amarelo: sistema de informação geográfica (SIG), construção, cadastro 3D, ifc, citygml, esses dois últimos sendo formato de arquivos.
- Verde: interoperabilidade, modelos de cidade 3D, ontologia, SIG 3D, semântica e aulas voltadas para a indústria (*industry foundation classes*).
- Roxo: modelagem 3D, escaneamento terrestre 3D, reconstrução.

Outro ponto a ser destacado pela rede gerada na primeira busca é o grande número de conexões do lado esquerdo do esquema, entre os grupos verde e amarelo, indicando afinidade entre ambos os temas tratados por ambos os grupos. A Figura 2 exibe a rede da segunda busca:

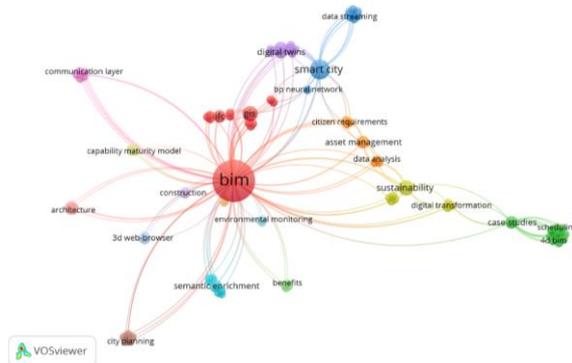
**Figura 2: Segunda Busca: Visualização da Rede.**



Fonte: AUTORES, 2022.

Assim como a Figura 1, na Figura 2 tem-se uma divisão dos termos em grupos, nesse caso cinco (vermelho, amarelo, verde, azul e roxo). Como diferença em relação a pesquisa anterior, indica-se a ausência de um termo em destaque, na rede em análise houve um “equilíbrio” entre os termos BIM e CIM. Por fim, tem-se a visualização da terceira busca demonstrada pela Figura 3:

**Figura 3: Terceira Busca: Visualização da Rede.**



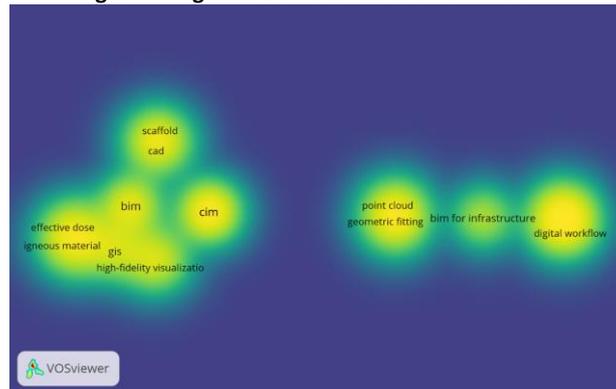
Fonte: AUTORES, 2022.

A Figura 3 apresentou semelhança com a Figura 1, tanto com a disposição de termos, quanto para o fato do termo em destaque ser BIM. Como diferença em relação a primeira busca constata-se a divisão em um maior número de grupos, 13, e o destaque dado ao termo “cidade inteligente”. Em relação aos grupos destacam-se cinco, sendo os termos integrantes:

- Vermelho: similaridade de atributos, abordagem de custo, recuperação específica de domínio, ambiente de jogo, SIG, ifc, navegação interna,



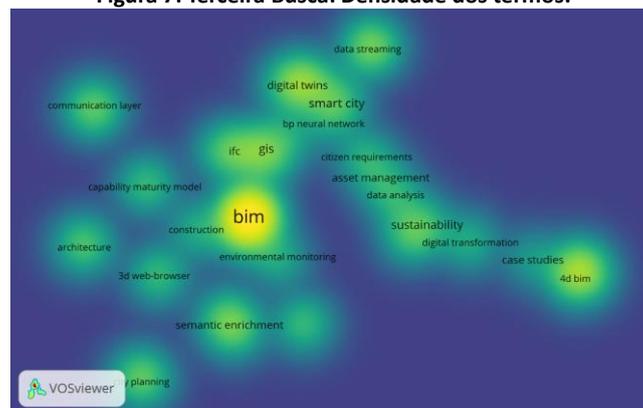
**Figura 6: Segunda Busca: Densidade dos termos.**



Fonte: AUTORES, 2022.

A densidade de palavras-chave na primeira pesquisa (Figura 5) apresentou uma concentração no termo BIM, algo similar com o que foi observado para as conexões (Figura 1), os termos SIG, citygml e ifc aparecem em um segundo lugar, o restante dos termos exibem uma distribuição homogênea. Para a segunda pesquisa (Figura 6) todos os termos encontram-se com uma mesma concentração. Por fim, para a terceira pesquisa (Figura 7), tem-se um cenário similar ao da primeira, concentração no termo BIM, porém nesse caso a concentração não é tão grande nesse único termo, ou seja, as outras palavras apresentam um tom mais amarelo (mais mencionadas).

**Figura 7: Terceira Busca: Densidade dos termos.**

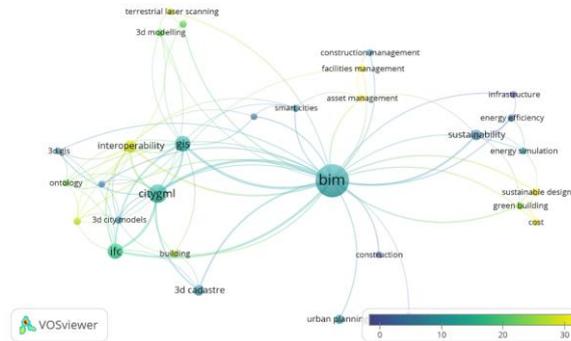


Fonte: AUTORES, 2022.

De acordo com o manual do VOSviewer (2017) o número médio de citações é um indicador que apresenta o número médio de citações recebidas pelos trabalhos contendo uma palavra-chave ou um termo. Este indicador varia de azul (baixo) a amarelo (alto), a Figura 8 mostra os resultados da primeira pesquisa.

Observa-se na Figura 8 a predominância dos termos interoperabilidade, custo, design sustentável, gestão de ativos, gestão de instalações, construção, semântica, escaneamento terrestre 3D. Por outro lado, os menos citados são SIG 3D, modelos de cidade 3D, aulas voltadas para a indústria (*industry foundation classes*), infraestrutura, análise bibliométrica.

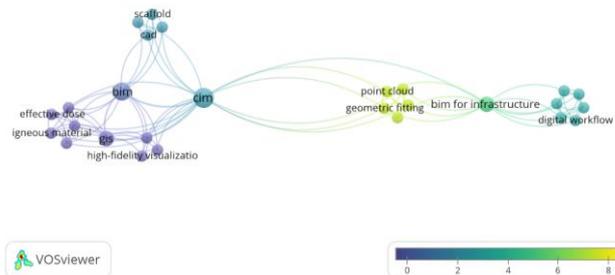
**Figura 8: Primeira busca: número médio de citações.**



Fonte: AUTORES, 2022.

Destaca-se o fato do termo BIM ser a principal conexão entre os termos, mas no caso de número médio de citações ele se encontra numa escala baixa entre 10 e 20. A Figura 9 expõe os termos para a segunda busca:

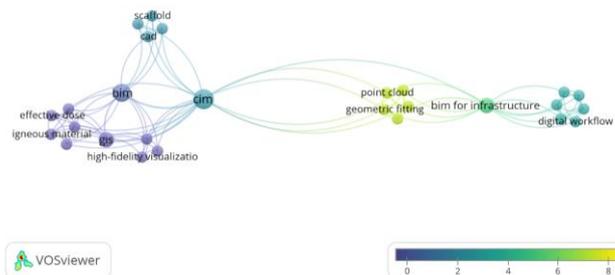
**Figura 9: Segunda busca: número médio de citações.**



Fonte: AUTORES, 2022.

Para a segunda busca nenhum dos termos apresenta o maior valor da escala, tendo-se como maior valor aqueles que se encontram entre 6 e 8, sendo os termos: nuvem de pontos, registro de forma, encaixe geométrico, poligonização. Os termos SIG, CIM e BIM apresentam um valor na menor metade da escala. O último gráfico do VOSViewer está representado pela Figura 10.

**Figura 10: Terceira busca: número médio de citações.**



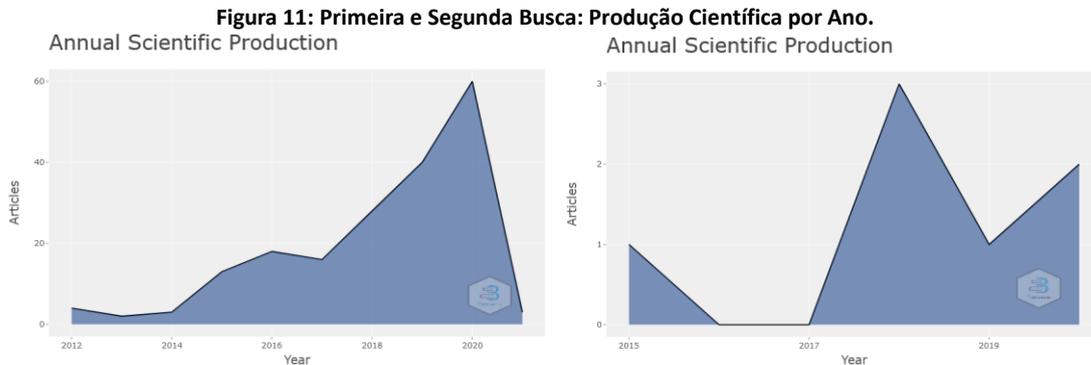
Fonte: AUTORES, 2022.

A Figura 10 apresenta como principais palavras-chave arquitetura, CIM, cidade com alta densidade, mapa topográfico, nuvem de pontos, benefícios, indústria da construção, práticas sustentáveis, *delphi survey*, projetos de construção, fatores críticos de sucesso, cidade inteligente sustentável. É interessante notar que para essa busca o termo BIM pode ser

classificado como na parte superior da escala, com um valor entre 10 e 15, diferentemente do observado na primeira e segunda busca.

#### **Software R usando Bibliometrix**

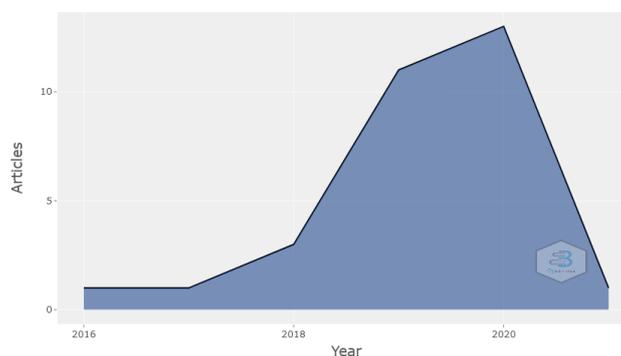
O software R foi aplicado à pesquisa com o objetivo de informar o número de publicações ao longo dos anos, os principais temas e gerar uma nuvem de palavras, indicando os principais termos relações e subtópicos. As Figuras 11 e 12 indicam o número de publicações para a primeira, segunda e terceira pesquisa, respectivamente.



Fonte: AUTORES, 2022.

De acordo com os dados, para a primeira consulta, verifica-se que a produção de artigos sobre o tema é ininterrupta desde 2012, apresentando um grande crescimento desde 2017. O pico de produção foi alcançado em 2020, último ano, com produção de 60 artigos. Destaca-se uma pequena queda ocorrida em 2017, já que as produções vinham numa crescente quase exponencial.

**Figura 12: Terceira Busca: Produção Científica por Ano.**



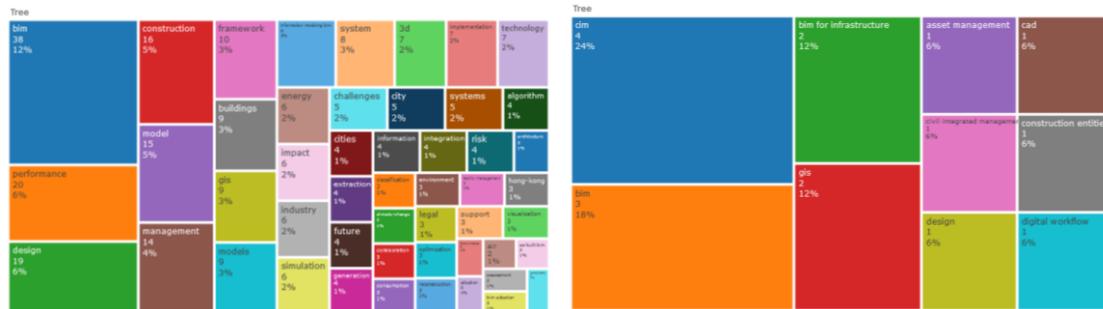
Fonte: AUTORES, 2022.

A segunda consulta apresentou uma distribuição que teve seu pico em 2018 com 3 artigos publicados. Diferentemente do que foi observado para a primeira busca, houve uma ausência de publicações em 2016 e 2017. Destaca-se que o período analisado se iniciou em 2010, portanto até 2016 não havia nenhum artigo relacionado.

De acordo com a Figura 12, a última busca só teve início em 2016, desde então ela é ininterrupta tendo seu pico em 2020, com 14 trabalhos publicados. Assim como a primeira consulta, a curva apresenta um desenho quase exponencial indicando um crescimento na

produção. O próximo conjunto, Figuras 13 e 14, apresentarão as árvores de temas, tópicos obtidos pelas buscas:

**Figura 13: Primeira e Segunda Busca: Árvore de termos.**

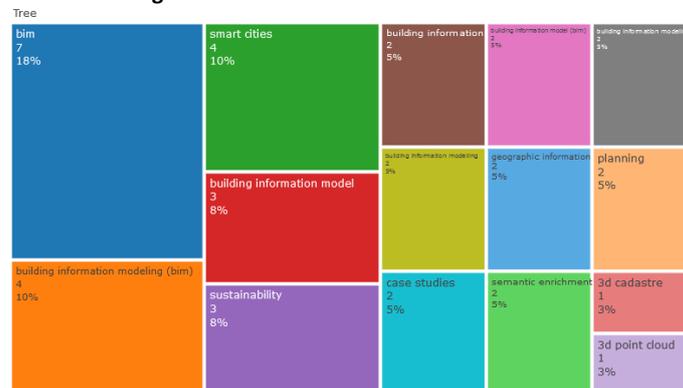


Fonte: AUTORES, 2022.

Conforme apresentado pela Figura 13, dos 192 artigos retornados, o maior resultado obtido ao longo desta pesquisa, cujas palavras chaves abordam uma gama diversa de assuntos, verifica-se que a maior quantidade, 38 artigos (12%) está diretamente ligado ao BIM, 20 artigos (6%) performance, seguido de 19 artigos (6%) design e 16 artigos (5%) abordam o termo *construction*, ou seja, os resultados encontrados refletem que o destaque são questões orientadas ao BIM e questões pontuais no que diz respeito a cidade.

Na segunda abordagem os termos adotados foram (BIM OU "*BUILDING INFORMATION MODELING*") E (CIM OU "*CITY INFORMATION MODELING*"), cujo resultado foi um dos quais surpreendentes, apenas 7 resultados retornaram em função da sentença aplicada, conforme apresentado pela Figura 14, em que os termos CIM responde a 4 artigos (24%) e o termo BIM a três artigos (18%). Nesse sentido, ao menos frente o recorte aqui estabelecido, os dados apresentados de algum modo, quebram o paradigma corrente de uma relação direta entre o BIM e o CIM, indo na contramão do que discute a literatura em geral, sobretudo no que diz respeito a origem do termo CIM.

**Figura 14: Terceira Busca: Árvore de termos.**



Fonte: AUTORES, 2022.

Por sua vez, a terceira abordagem realizada para estudo valeu-se da seguinte sentença (*CITY INFORMATION MODELING* OU CIM) E BIM E *SMART CIT\**), e a pesquisa retornou um total de 39 artigos, em que os termos relacionados a BIM (*building information modeling, build information model, building information modelling*) respondem por 20 artigos (36%), seguido do

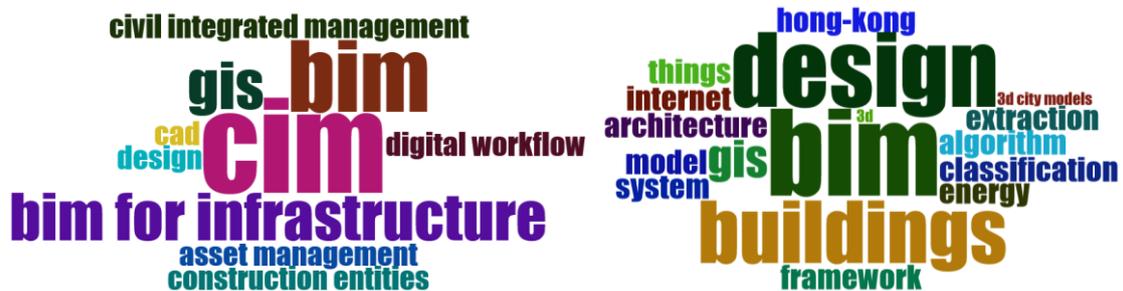
termo *smart cities* com 4 artigos (10%), conforme evidenciado pela Figura 15. O último resultado são as nuvens de palavras (Figuras 15 e 16):

Figura 15: Primeira Busca: Nuvem de Palavras.



Fonte: AUTORES, 2022.

Figura 16: Segunda e Terceira Busca: Nuvem de Palavras.



Fonte: AUTORES, 2022.

Como pode ser percebido nas imagens, a nuvem de palavras introduziu alguns novos termos para as pesquisas. A primeira e a terceira pesquisa apresenta, como palavra-chave principal, BIM, enquanto a segunda apresenta CIM. Entre as três nuvens de palavras, destacam-se os resultados das primeira e terceira busca, em ambas surgem algumas a palavras-chave interessantes dentro do assunto, juntamente com o design, os termos: framework e SIG não foram usados durante a consulta na *Web of Science*, mas aparecem com frequência e são relevantes para o assunto.

## DISCUSSÃO

A finalidade dessa seção é de estabelecer e discutir alguns aspectos observados durante o desenvolvimento dos resultados, além disso podem ser apresentados possíveis causadores, assim como apontadas algumas lacunas de pesquisa.

### VOSViewer

Dentre os resultados obtidos pelo VOSViewer, para a visualização da rede (Figuras 1, 2 e 3), num primeiro momento evidencia-se que, para a busca geral de termos (primeira pesquisa), a divisão existente dos grupos envolve temáticas semelhantes, pode-se dizer que os grupos podem ser categorizados da seguinte maneira: vermelho – sustentabilidade/meio ambiente, azul – cidades inteligentes/tecnologias de gestão, amarelo – SIG para construção, verde – BIM e aplicação prática e roxo – BIM e modelagem. Para essa divisão em grupos

destacam-se alguns trabalhos relevantes, como Olawumi e Chan (2019) cujo estudo explorou e avaliou os fatores críticos de sucesso para ampliar a integração do BIM e sustentabilidade, para isso eles desenvolveram um formulário para determinação dos fatores e posteriormente analisaram as respostas com ferramentas estatísticas, por fim eles conseguiram resultados que possibilitam as autoridades, políticos e tomadores de decisões a alcançar a aplicação do BIM “verde”.

Li e Cao (2020) por outro lado, verificaram como os dados gerados e utilizados dentro do BIM em conjunto com dados geográficos, como os do SIG, são extremamente interessantes para treinar redes neurais, essas posteriormente podem auxiliar na tomada de decisões “inteligentes” durante todo o ciclo de vida das cidades, obtendo-se como produto a cidade inteligente.

Wang *et al.* (2019) criaram uma estrutura híbrida de trabalho, utilizando o BIM e o SIG para desenvolver um modelo 3D das redes de tubulações, essa estrutura facilita tanto no processo da construção de novas redes quanto na manutenção das existentes, como resultado eles conseguiram um *framework* com grande eficiência e com redução do processamento dos computadores.

Shadram *et al.* (2016) apresenta o problema existente na interoperabilidade entre o BIM e os softwares de análise das pegadas ecológicas de certos materiais durante o processo de projeto da construção, para resolução disso foi desenvolvido um *framework* que apoia as decisões de projeto e permite avaliar a energia incorporada associada ao uso de determinados materiais, tal estrutura foi testada e aprovada em um protótipo obtendo excelentes resultados.

Zacsek-Pepilinska *et al.* (2020) realizaram uma comparação entre a varredura a laser terrestre e o método de medição taqueométrica, chegando a conclusão que além a varredura a laser apresentar vantagens como limitar os trabalhos diurnos, realizar o monitoramento durante o intervalo noturno nas obras e limitar o impacto das vibrações, ele pode ser integrado ao BIM sendo um de seus componentes.

A terceira busca, focada nas cidades inteligentes (*smart cities*), pode ter sua divisão de grupos definida como: vermelho-modelagem, verde-gestão, azul-tecnologias, amarelo-sustentabilidade, roxo-riscos. É também importante salientar que os 30 resultados obtidos na terceira busca estão contidos nos 192 resultados da primeira busca, ou seja, pode indicar uma existência de mais pesquisas envolvidas com as cidades inteligentes sem o uso do termo *smart city*, isso pode ser comprovado pela pesquisa de Wang e Liu (2019), eles desenvolveram um modelo BIM 7D que gerou economia significativa de custo e tempo, melhorou a qualidade do projeto e a eficiência do trabalho, uma solução para cidades inteligentes, entretanto ao não adotarem o termo *smart* ao longo do estudo, não foi um trabalho apresentado na terceira busca.

Outro fator constatado através da análise dos grupos é que o domínio relacionado com as SC já existe na área de modelagem de cidades (BIM), representado pelo grupo azul (Figura 1). Entretanto, em algo similar com o ocorrido com o termo *smart*, e podendo ser comprovado pelos resultados da segunda busca, não existiu a utilização direta do termo CIM. Acrescenta-se a tais fatos a ausência do termo CIM nos grupos da última rede gerada (Figura 3), mesmo que a palavra-chave tenha integrado o termo de pesquisa.

Por fim, aponta-se a Figura 4, que indica uma grande troca de informações entre os estudos de caso, principalmente pelo fato da gestão integrar e depender de diferentes fatores, assim como as cidades inteligentes, que dependem da aplicação ao mesmo tempo de diversas ferramentas conectadas com as necessidades dos cidadãos para obter sua “inteligência”.

A densidade dos termos indicou uma grande concentração no termo BIM, entretanto tal fato pode ser apontado como natural, tendo em vista que para todas as consultas foram utilizadas as palavras-chave “BIM” ou “*Building Information Modeling*”, portanto os resultados tinham que ter alguma relação com essa ferramenta. Entretanto aponta-se na Figura 5 a baixa concentração do termo *smart cities*, enquanto SIG, *citygml* e *ifc* encontram-se com uma

concentração considerável. Citygml e ifc são formatos de arquivos de SIG, e esses três em conjunto com o BIM são ferramentas utilizadas para encontrar soluções para cidades inteligentes, portanto retorna-se o questionamento de que os estudos estão gerando soluções inteligentes, mas que não são classificadas e exploradas como tal.

Enfim discute-se os gráficos do número médio de citações, para a primeira busca apontaram-se os termos interoperabilidade, custo, design sustentável, gestão de ativos, gestão de instalações, construção, semântica, escaneamento terrestre 3D como os mais utilizados, tem-se que interoperabilidade e custo são alguns dos problemas envolvendo o uso de softwares na construção, principalmente do BIM, por outro lado construção, design sustentável, escaneamento terrestre 3D, dizem respeito a propostas e premissas estabelecidos pela modelagem, enquanto gestão de instalações e de ativos diz respeito a estabelecer outras dimensões para o BIM, ou seja, conseguir levar os projetos além do computador para gerir melhor as construções. Portanto, a citação desses termos nos estudos mostra uma pesquisa tanto para buscar respostas para problemas encontrados na adoção completa do BIM, em todas as suas dimensões, quanto a já aplicação do BIM nos domínios mais avançados.

A Figura 10 apresentou uma combinação interessante de termos mais citados, principalmente pelo fato da palavra CIM estar entre eles, o que indica a ligação da modelagem das informações das cidades e a obtenção de uma cidade inteligente. Também devem ser evidenciados os termos: benefícios, práticas sustentáveis, fatores críticos de sucesso, cidade inteligente sustentável, que demonstram que a cidade inteligente é aquela que pensa em suprir as necessidades presentes sem prejudicar as gerações futuras, premissa que pode ser peça chave no uso do CIM, tendo em vista seu poder de simular cenários futuros e determinar as melhores medidas no presente.

#### ***Software R usando Bibliometrix***

Em relação a produção ao longo dos anos pode-se dizer, com base na primeira e terceira busca, que a produção de trabalhos relacionados com a área de BIM e cidades, assim como de BIM e cidades inteligentes encontra-se em um crescimento exponencial, demonstrando muito bem a evolução decorrente da chamada “revolução digital” e “indústria 4.0” onde se buscam soluções computacionais para resolver problemas diários.

Já para a árvore de temas (Figuras 14 e 15), verificou-se que as pesquisas relacionadas ao BIM foram as mais desenvolvidas, tal resultado reflete o aumento das pesquisas neste campo do conhecimento. Enquanto método ou tecnologia aplicada ao desenvolvimento, no entanto, frente as condições adotadas, verifica-se uma baixa ocorrência entre os termos CIM, BIM e as SCs, o que revela um descompasso entre o discurso e sua aplicação de fato nas pesquisas recentemente desenvolvidas.

Por fim, a nuvem de palavras demonstrou alguns termos até então não apresentados pelas redes geradas no VOSViewer, destacando *framework*, ou seja, estudos que estabelecem novas estruturas que aplicam o BIM para criação de modelos de cidades, muitas vezes obtendo como resultados cidades inteligentes, como pode ser observado no trabalho de Marzhouk e Othman (2020), que realizaram a integração de BIM e SIG simulando cenários para criação de infraestruturas que atendam às necessidades futuras das cidades.

Ou seja, com essa nuvem é possível verificar algumas palavras que podem ser integradas numa consulta futura para a obtenção de um maior número de trabalhos que envolvem as cidades inteligentes, em algo similar com o que foi feito para o caso da primeira e terceira busca, onde houve a dissolução do termo CIM e foram obtidos resultados mais expressivos.

## CONCLUSÕES

Com vistas a identificar a produção acerca da discussão selecionada, técnicas de análise foram realizadas em uma base de publicação altamente confiável e dotada de uma elevada gama de publicações a disposição.

Por ter se valido de três sentenças, a realização da análise bibliométrica revelou algumas particularidades, no primeiro caso verificou-se a elevada e constante produção de artigos desde o ano 2012, evidenciando assim o quão emergente é o assunto e consequentemente o destaque da temática na comunidade acadêmica, já a segunda e terceira buscas revelaram pouca quantidade de publicações que abordam o assunto, porém, as tendências apontam a evolução no número anual de publicações ao longo do período analisado e de certo modo, demonstra que estas podem vir a ocorrer com maior frequência no futuro. Deste modo, ao verificar e abalzar a frequência em que os assuntos e temas são desenvolvidos, é possível contribuir para o levantamento dos estudos específicos na área em questão, assim como, revelar as tendências das pesquisas no meio científico e consequentemente a sua evolução no cenário acadêmico.

Assim sendo, estudos com esta temática e valendo-se das ferramentas propostas constituem-se em um importante meio para o entendimento de assuntos específicos, assim como, podem contribuir para o acompanhamento da produção científica desenvolvida, foi possível identificar tendências de publicações e consequentemente revelar lacunas e fomentar futuras pesquisas na área em questão, entre elas foi trazida para discussão a ausência da utilização direta dos termos “CIM” e “*smart cities*” no decorrer dos estudos, resultando em um número menor de publicações do que o esperado, assim como a necessidade de uma consulta com a integração de tecnologias e termos que estejam intimamente envolvidos com as cidades inteligentes, como framework, design e SIG para um maior resultado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. A. S.; ANDRADE, M. L. V. X. Considerações sobre o conceito de City Information Modeling. **InSitu – Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano**, v. 4, n. 1, p. 21-38, jun 2018.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

BRASIL. **Cidades inteligentes: Uma abordagem humana e sustentável**. Centro de Estudos e Debates Estratégicos. Edições Câmara, p. 378. 2021..

GUMPENBERGER, C.; WIELAND, M.; GORR, J. Bibliometric practices and activities at the University of Vienna. **Library Management**, v. 33, n. 3, p. 174-183, Feb 2012.

KHEMLANI, L. Hurricanes and their aftermath: how can technology help? **AECbytes**, 2005. Available in: <<https://web.archive.org/web/20111008085537/http://aecbytes.com/buildingthefuture/2005/HurricaneTechHelp.html>>. Accessed: 27 Apr 2021.

LEIDEN UNIVERSITY. Visualizing Scientific Landscapes. **Centre for Science and Technology Studies**, 2020. Available in: <<https://www.vosviewer.com/download>>. Access: 17 May. 2021.

LI, YW; CAO, K. Establishment and application of intelligent city building information model based on BP neural network model. **Computer communications**. v. 153, 2020. p. 382-389.

MARZOUK, M ; OTHMAN, A. Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. **Sustainable Cities and Society**. v. 57, 2020.

OLAWUMI, O; CHAN, DWM. Critical success factors for implementing building information modeling and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey. **Sustainable Development**, v. 27, n. 4, 2019. p. 587-602.

PETROVA-ANTONOVA , D.; ILLEVA, S. **Methodological Framework for Digital Transition and Performance Assessment of Smart Cities**. 4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies. Split: University of Split. 2019. p. 1-7.

SHADRAM, F. *et al.* An integrated BIM-based framework for minimizing embodied energy during building design. **Energy and Buildings**. v. 128, 2016. p. 592-604.

THE R FOUNDATION. The R Project for Statistical Computing. **The R Foundation for Statistical Computing**, 2020. Available in: <<http://www.R-project.org/>>. Access: 17 May. 2021.

THOMPSON, E. M. What makes a city 'smart'? **International Journal of Architectural Computing**, v. 14 (4), p. 358–371, 2016.

UNDP. Sustainable Development Goals. **Goal 11: Sustainable cities and communities**, 2019. Available in: <<https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html>>. Accessed: 30 Apr 2021.

WANG, SH *et al.* A Hybrid Framework for High-Performance Modeling of Three-Dimensional Pipe Networks. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 8, n. 10, 2019.

WANG, ZM ; LIU, J. A Seven-Dimensional Building Information Model for the Improvement of Construction Efficiency. **Advances in Civil Engineering**. v. 2020, 2020.

XUE, F.; WU, L.; LU, W. Semantic enrichment of building and city information models: A ten-year review. **Advanced Engineering Informatics**, v. 47, p. 11, Jan 2021.

ZACZEK-PEPLINSKA, J *et al.* Multi-temporal survey of diaphragm wall with terrestrial laser scanning method. **Open Geosciences**. v. 12, n. 1, 2020. p. 656-667.