



**INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – CAMPUS CAMPINA GRANDE
GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

EMANUEL CUNHA DO NASCIMENTO

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA
EM PERSPECTIVA GLOBAL: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA
UTILIZANDO R E BIBLIOMETRIX**

Campina Grande
2026

EMANUEL CUNHA DO NASCIMENTO

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA
EM PERSPECTIVA GLOBAL: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA
UTILIZANDO R E BIBLIOMETRIX**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Tecnologia em Construção de Edifícios, Instituto Federal de Ciências e Tecnologia da Paraíba – Campus Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Construção de Edifícios.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Cruz Teixeira

Campina Grande

2026

Catálogo na fonte:

Ficha catalográfica elaborada por Gustavo César Nogueira da Costa - CRB 15/479

N244i Nascimento, Emanuel Cunha do

Inovação tecnológica na construção civil brasileira em perspectiva global: uma revisão bibliométrica utilizando R e Bibliometrix / Emanuel Cunha do Nascimento. - Campina Grande, 2026.

55 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Construção de Edifícios) - Instituto Federal da Paraíba, 2026.

Orientador: Prof. Eduardo da Cruz Teixeira.

1. Construção civil. 2. Construção 4.0 3. Bibliometria. 4. Building Information Modeling - BIM. 5. Inteligência artificial.
I. Teixeira, Eduardo da Cruz. II. Título.

CDU 624

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA
EM PERSPECTIVA GLOBAL: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA
UTILIZANDO R E BIBLIOMETRIX**

APROVADO EM: ____/____/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo da Cruz Teixeira
Orientador (IFPB)

Profa. Ma. Camila Macedo Medeiros
Instituto Federal da Paraíba Campus Campina Grande (IFPB)
Examinadora interna

Prof. Me. Baldoino Sonildo da Nóbrega
Instituto Federal da Paraíba Campus Campina Grande (IFPB)
Examinador interno

Campina Grande
2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sua infinita e perfeita vontade sobre minha vida, e pela realização desta conquista, pois sem a sua misericórdia eu não chegaria a lugar nenhum.

Agradeço aos meus familiares, em especial aos meus pais: Francisco Betânio e Tereza Cristina, e minhas irmãs: Rauenna Christinne e Ananda Coelly, que sempre me incentivaram e apoiaram em todas decisões referente a minha graduação e de vida. Deixo aqui registrado o quão me sinto honrado e grato por ter vocês como a minha família, referência de pessoas e de amor. Agradeço a Deus pela vida de cada um de vocês, e que Ele continue derramando sua infinita bondade e graça sobre suas vidas!

Agradeço ao Prof. Eduardo da Cruz Teixeira, orientador deste Trabalho de Conclusão de Curso, por sempre mostrar-se presente durante o desenvolvimento do mesmo.

Agradeço aos amigos e colegas do IFPB, que me apoiaram e estiveram sempre presentes durante meu período de formação, em especial a meus irmãos de vida que o Senhor me deu a oportunidade e o privilégio de conhecer: Iago Caleb e Kalley Cavalcante, que sempre estiveram presente em todos os momentos ao longo deste curso.

*“Confia ao SENHOR as tuas obras, e teus
pensamentos serão estabelecidos”*

Provérbios 16:3

RESUMO

A construção civil é um setor estratégico para a economia, responsável por significativa geração de riqueza e empregos. Enquanto países líderes avançam na adoção de tecnologias da Construção 4.0, como BIM e inteligência artificial, o Brasil ainda enfrenta desafios relacionados à produtividade, desperdícios e incorporação de inovações. Diante desse cenário de transição, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliométrica da produção científica sobre inovações tecnológicas na construção civil, estabelecendo uma análise comparativa entre o panorama mundial e o cenário brasileiro para identificar as principais tecnologias emergentes e compreender as razões do atraso nacional em relação às lideranças globais. Utilizando o pacote Bibliometrix e a interface Biblioshiny no ambiente de programação R, foram analisados metadados extraídos das bases Scopus e Web of Science. A análise macro global permitiu mapear as fronteiras do conhecimento (onde se destacam a automação de processos e robótica), servindo de base para o aprofundamento crítico da literatura focada no contexto brasileiro. Os resultados evidenciam que, embora a produção nacional esteja em crescimento e concentrada em universidades públicas tradicionais, existem lacunas estruturais, fiscais e socioeconômicas significativas. No Brasil, a literatura assume um viés pragmático e de sobrevivência econômica, focando em nichos isolados como BIM 3D (com barreiras para evolução ao 4D e 5D), sustentabilidade voltada à gestão de resíduos (RCD) e atendimento a marcos normativos (ABNT NBR 15575). O estudo conclui que o atraso tecnológico do país decorre de falhas de acoplamento no Modelo da Tríplice Hélice (Universidade-Indústria-Governo), demandando políticas fiscais de incentivo que acompanhem a indução estatal. Este trabalho contribui para o diagnóstico preciso do setor, fornecendo direcionamentos estratégicos para a tomada de decisões acadêmicas e de investimentos privados no país.

Palavras-chave: Inovação Tecnológica; Construção Civil; Revisão Bibliométrica; Pacote Bibliometrix; Cenário Brasileiro.

ABSTRACT

Civil construction is strategic sector for the economy, responsible for significant Generation of wealth and jobs. While leading countries advance in adopting Construction 4.0 technologies, such as BIM and artificial intelligence, Brazil still faces challenges related to productivity, waste, and the incorporation of innovations. Given this transitional context, this study aims to conduct a bibliometric review of scientific literature on technological innovations in civil construction, establishing a comparative analysis between the global landscape and the Brazilian scenario to identify main emerging technologies and understand the reasons for the national lag relative to global leaders. Utilizing the Bibliometrix package and the Biblioshiny interface within the R programming environment, metadata extracted from Scopus and Web of Science databases were analyzed. The global macroanalysis mapped the frontiers of knowledge (highlighting process automation and robotics), serving as a baseline for a critical deepening of the literature focused on the Brazilian context. The results demonstrate that although national scientific production is growing and concentrated in traditional public universities, significant structural, fiscal, and socioeconomic gaps remain. In Brazil, the literature assumes a pragmatic approach aimed at economic survival, focusing on isolated niches such as basic 3D BIM (facing barriers to transition to 4D and 5D dimensions), sustainability applied to construction and demolition waste (CDW) management, and compliance with regulatory frameworks (ABNT NBR 15575). The study concludes that the country's technological gap stems from coupling failures within the Triple Helix Model (University-Industry-Government), requiring fiscal incentive policies to accompany state induction. This study contributes to an accurate diagnosis of the sector, providing strategic directions for both academic research and private investment decisions in the country.

Keywords: Technological Innovation; Civil Construction; Bibliometric Review; Bibliometrix Package; Brazilian Scenario.

LISTAS DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Análise de Ciclo de Vida

AEC – *Architecture, Engineering, and Construction* (Arquitetura, Engenharia e Construção)

ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

BDS – *Building Description System*

BIM – *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção)

BNH – Banco Nacional da Habitação

BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

CAD – *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

EMBRAPII – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial

ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

FINEP – Financiadora do Estudos e Projetos

GUI – *Graphical User Interface* (Interface Gráfica do Usuário)

IA – Inteligência Artificial

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFC – *Industry Foundation Classes*

IFPB – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

IoT – Internet of Things (Internet das Coisas)

ISO – *International Organization for Standardization*

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

NBR – Norma Brasileira

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

P&D+I – Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PIB – Produto Interno Bruto

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

USP – Universidade de São Paulo

VUP – Vida Útil de Projeto

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ECOSSISTEMA DA CONSTRUÇÃO 4.0	21
FIGURA 2 - MODELO DA TRÍPLICE HÉLICE DE INOVAÇÃO	24
FIGURA 3 - FLUXO DE MAPEAMENTO CIENTÍFICO	27
FIGURA 4 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	30
FIGURA 5 - PRODUÇÃO CIENTÍFICA ANUAL – GLOBAL	34
FIGURA 7 - FONTES MAIS RELEVANTES – GLOBAL	36
FIGURA 8 - AUTORES MAIS RELEVANTES – GLOBAL.....	37
FIGURA 9 - GRÁFICO DE TRÊS PONTOS - GLOBAL.....	38
FIGURA 10 - MAPA MUNDIAL DE COLABORAÇÃO ENTRE PAÍSES – GLOBAL	39
FIGURA 11 - NUVEM DE PALAVRAS – GLOBAL.....	40
FIGURA 12 - MAPA DE ÁRVORE - GLOBAL	40
FIGURA 13 - REDE DE COOCORRÊNCIA - GLOBAL.....	41
FIGURA 14 - PRODUÇÃO CIENTÍFICA ANUAL – NACIONAL.....	42
FIGURA 15 - MÉDIA DE CITAÇÕES POR ANO – NACIONAL.....	44
FIGURA 16 - FONTES MAIS RELEVANTES – NACIONAL.....	45
FIGURA 17 - AUTORES MAIS RELEVANTES – NACIONAL	46
FIGURA 18 - MAPA DE COLABORAÇÃO ENTRE ESTADOS BRASILEIROS	47
FIGURA 19 - GRÁFICO DE TRÊS PONTOS - NACIONAL	48
FIGURA 20 - NUVEM DE PALAVRAS - NACIONAL.....	49
FIGURA 21 - MAPA DE ÁRVORE - NACIONAL.....	50
FIGURA 22 - REDE DE COOCORRÊNCIA – NACIONAL.....	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CRONOLOGIA COMPARATIVA DO DESENVOLVIMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
(1974 - 2026)..... 19

TABELA 2 - PILARES ESTRUTURAIS DA CONSTRUÇÃO 4.0 20

TABELA 3 - BASE DE DADOS DOS ARTIGOS PUBLICADOS..... 31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	CONCEITO DE INOVAÇÃO E TRANSIÇÃO GLOBAL	15
2.2	EVOLUÇÃO HISTÓRICA E MARCOS TECNOLÓGICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL (1974 – 2026).....	16
2.2.1	O Choque do Petróleo e a Racionalização dos Processos (Década de 1970)	16
2.2.2	A Revolução da Microinformática e as Sementes do BIM (Década de 1980)	17
2.2.3	Filosofia Lean e a Busca Sistêmica por Qualidade (Década de 1990)	17
2.2.4	Consolidação Digital e Mudança de Paradigma Técnico (Anos 2000 a 2010)	18
2.2.5	A Era da Construção 4.0 e Indução Governamental (2018 – 2026).....	18
2.3	PARADOXO DE BAIXA PRODUTIVIDADE AO ECOSISTEMA 4.0	19
2.3.1	Barreiras Macroeconômicas e o Panorama de Absorção Tecnológica no Cenário Brasileiro	22
2.4	O PAPEL DO ESTADO: POLÍTICAS PÚBLICAS E MARCOS LEGAIS PARA INOVAÇÃO NO BRASIL	24
2.5	CIÊNCIAS E DADOS E ESTUDOS BIBLIOMÉTRICOS: O ECOSISTEMA R, BIBLIOMETRIX E BIBLIOSHINY	25
3	METODOLOGIA	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	ANÁLISE MACRO: O PANORAMA CIENTÍFICO GLOBAL DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS	33
4.1.1	Evolução Temporal e Volume de Publicações	33
4.1.2	Fontes e Autores de Maior Impacto Global.....	35
4.1.3	Estrutura Intelectual, colaboração e Fluxo de Informação Global	37
4.1.4	Estrutura Conceitual e Tendências de Pesquisa Globais	39
4.2	ANÁLISE MICRO: O PANORAMA CIENTÍFICO E BARREIRAS DE MERCADO NO CENÁRIO BRASILEIRO	42
4.2.1	Dinâmica Temporal e Impacto da Produção Acadêmica no Brasil	42
4.2.2	Canais de Disseminações e Lideranças Científicas Nacionais.....	44
4.2.3	Distribuição Regional, Cooperação e Redes de Fluxo Científico no Brasil	47
4.2.4	Estrutura Conceitual e Especialidades da Literatura Brasileira.....	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
5.1	LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	53
6	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil desempenha um papel fundamental na estrutura socioeconômica global e brasileira, consolidando-se como um dos principais motores do Produto Interno Bruto (PIB) e da geração de empregos. No cenário internacional, o setor passa por uma profunda transformação digital, impulsionada pela chamada “Construção 4.0”, que engloba tecnologias de fronteira como automação, inteligência artificial e sustentabilidade avançada (AGOPYAN & JOHN, 2011; SCHWAB, 2016). No contexto nacional, o setor também demonstra sua força: segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), a construção civil apresentou um crescimento de 4,3% no PIB, destacando seu impacto estratégico na recuperação econômica pós-pandemia. Ademais, de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2024), o setor é responsável pela manutenção de aproximadamente três milhões de postos de trabalho diretos, reafirmando sua posição como pilar do desenvolvimento social.

Entretanto, a realidade de mercado no Brasil contrasta fortemente com o ritmo de inovação observado nas potências mundiais. Enquanto líderes globais como China, Estados Unidos e membros da União Europeia avançam rapidamente na industrialização e na digitalização de seus canteiros de obras, o cenário brasileiro lida com desafios históricos, como a baixa produtividade, elevados índices de desperdícios, escassez de mão de obra qualificada e uma persistente resistência cultural à mudança (CARIOCA et al., 2021). Diferentemente de setores como o automobilístico e o de tecnologia da informação, a construção civil brasileira ainda demonstra forte dependência de métodos artesanais e processos com baixa eficiência. Conforme apontado por Souza (2000), o aumento da competitividade mercadológica e nível crescente de exigência dos usuários finais são os grandes vetores que forçam o setor a buscar qualidade e modernização.

Diante desse cenário de transição, observa-se um esforço recente na incorporação de inovações tecnológicas no mercado da construção civil nacional. Ferramentas como o *Building Information Modeling* (BIM) – impulsionados por decretos de disseminação federal –, a Inteligência Artificial (IA), a Construção Industrializada e o desenvolvimento de Materiais Sustentáveis surgem como caminhos viáveis para mitigar gargalos operacionais e elevar o patamar de eficiência produtiva do país. Para compreender o real estágio de desenvolvimento tecnológico brasileiro, faz-se necessário analisar a produção

científica nacional não de forma isolada, mas sim em perspectiva comparativa com as fronteiras do conhecimento estabelecidas globalmente.

Com a relevância do tema, a literatura científica que conecta a inovação na construção civil global à realidade prática brasileira apresenta-se fragmentada. O Brasil pública e pesquisa sobre o tema de Inovações Tecnológicas, mas persistem lacunas sobre quais nichos tecnológicos o país tem priorizado e quais as razões tecnológicas estruturais e acadêmicas que justificam essa falta de competitividade em relação às potências globais. Diante esse cenário, surge a necessidade de um mapeamento quantitativo e multinível desta produção, sendo capaz de situar o Brasil no mapa mundial da pesquisa em Construção 4.0.

Portanto, este trabalho tem como por objetivo, realizar uma revisão bibliométrica da produção científica sobre Inovações Tecnológicas na Construção Civil, realizando uma análise comparativa entre o panorama mundial e o cenário brasileiro, utilizando o pacote *Bibliometrix* no ambiente de programação R. A justificativa desta pesquisa, tem como base diagnosticar a aplicação tecnológica no mercado da construção civil nacional, fornecendo dados tanto para o direcionamento de novas pesquisas, quanto para a tomada de decisões de investimento e adoção tecnológica no setor privado brasileiro.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITO DE INOVAÇÃO E TRANSIÇÃO GLOBAL

Compreender o papel da inovação na dinâmica contemporânea e na evolução dos processos construtivos exige, fundamentalmente o resgate das bases da teoria econômica do desenvolvimento. O pioneirismo nessa discussão cabe a Joseph Schumpeter (1961), que introduziu o conceito de “destruição criativa”. Segundo o autor, o crescimento econômico não ocorre por meio de um processo linear de acumulação de capital, mas através de rupturas estruturais causadas pela introdução de novas combinações tecnológicas no mercado, as quais destroem de forma contínua as estruturas econômicas obsoletas e criam novas matrizes de produtividade e valor. Sob essa ótica, a inovação difere substancialmente da mera invenção: enquanto a última representa a descoberta ou formulação de uma nova ideia técnica sem aplicação prática imediata, a inovação pressupõe a sua introdução bem-sucedida no mercado e consequente geração de valor econômico e operacional.

À medida que o conceito de inovação deixou de ser interpretado como um evento isolado e passou a ser compreendido como um processo sistemático, sentiu-se a necessidade de padronização internacional para sua mensuração e conceituação. Surge assim, o Manual de Oslo, publicado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2018). O documento define a inovação como um produto ou processo novo aprimorado que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da unidade e que foi disponibilizado aos usuários potenciais ou colocado em operação pela unidade. O Manual de Oslo categoriza as inovações em duas vertentes operacionais:

- **Inovação de Produtos:** Introdução de um bem ou serviço significativamente novo ou aprimorado no que tange às suas características funcionais, componentes técnicos, materiais ou softwares integrados.
- **Inovação de Processos:** Implementação de um método de produção ou distribuição novo ou substancialmente melhorado, envolvendo alterações profundas em técnicas, equipamentos, fluxos de trabalho ou softwares de engenharia.

Adicionalmente, conforme postulado por Christensen (2013), essas transformações podem se manifestar de forma incremental, caracterizando-se por melhorias contínuas e graduais em sistemas preexistentes, ou de forma radical e disruptiva, quando rompem completamente com os paradigmas tecnológicos vigentes, alterando de maneira definitiva a concorrência mercadológica.

No século XXI, esse ecossistema de transformações atinge seu ápice conceitual com advento da Quarta Revolução Industrial. Teorizado por Klaus Schwab (2016), fundador do Fórum Econômico Mundial, esta nova era caracteriza-se pela fusão de tecnologias de ordens físicas, digital e biológica. Ao contrário das revoluções precedentes, a transição global atual diferencia-se pela velocidade exponencial, pela amplitude dos impactos sistêmicos e pela profundidade da disrupção tecnológica, redefinindo por completo as cadeias globais de valor e estabelecendo um novo padrão competitivo, do qual a indústria da construção civil não pode se abster.

2.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA E MARCOS TECNOLÓGICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL (1974 – 2026)

Compreender o estágio atual da Construção 4.0 exige uma análise retrospectiva das últimas cinco décadas. O setor da construção civil, historicamente marcado por ciclos macroeconômicos e resistências culturais, tendenciou sua modernização a partir de crises globais, rupturas na microinformática e induções normativas. A linha do tempo compreendida entre 1974 e 2026 revela como as fronteiras do conhecimento se deslocaram do desenho assistido bidimensional para integração preditiva de dados em escala global, evidenciando, simultaneamente, o descompasso de absorção do cenário brasileiro.

2.2.1 O Choque do Petróleo e a Racionalização dos Processos (Década de 1970)

O ponto histórico em meados de 1974, sob o impacto direto da primeira grande crise global do petróleo (1973 – 1974), as potências industriais do Hemisfério Norte viram-se obrigadas a repensar a eficiência energética e o desperdício de insumos no ambiente edificado. É nesse período que emergem os primeiros estudos estruturados sobre arquitetura bioclimática e simulação térmica de edifícios.

No contexto brasileiro, o ano de 1974 coincidia com o auge do “Milagre Econômico” e a robustez de planos nacionais e habitação geridos pelo Banco Nacional da Habitação (BNH). Contudo, ao contrário do movimento europeu e norte-americano de busca por eficiência técnica, a produção em massa no Brasil consolidou-se sobre uma base intensiva em mão de obra de baixa qualificação e processos artesanais (CARIOCA et al., 2021). O canteiro de obras nacional blindou-se, temporariamente, contra as pressões tecnológicas externas devido à abundância de recursos e subsídios estatais da época.

2.2.2 A Revolução da Microinformática e as Sementes do BIM (Década de 1980)

A década de 1980 marcou a transição das pranchetas analógicas para as primeiras ferramentas de automação de desenho de engenharia, impulsionada pela popularização dos microcomputadores pessoais. O lançamento comercial do *AutoCAD* inova o mercado em 1982, alterando substancialmente a velocidade de representação gráfica de projetos. Entretanto, o verdadeiro marco conceitual da era digital no setor ocorreu em 1984, quando a Graphisoft introduziu o conceito de *Building Description System* (BDS) através do software *ArchiCAD*, estabelecendo a premissa embrionária do que viria a ser o *Building Information Moderling* (BIM).

Enquanto o cenário global iniciava a digitalização geométrica de seus componentes, o Brasil enfrentava a chamada “década perdida”, caracterizada por hiperinflação e estagnação econômica. A escassez de capital privado e a redução drástica de investimentos em infraestrutura pública congelaram a capacidade de inovação das construtoras nacionais. Esse cenário acentuou o abismo tecnológico do país, relegando o mercado interno ao uso tardio de ferramentas CAD bidimensionais e à manutenção de métodos tradicionais de alvenaria.

2.2.3 Filosofia Lean e a Busca Sistêmica por Qualidade (Década de 1990)

Nos anos 1990, a engenharia civil absorveu os princípios de gestão industrial que haviam revolucionado o setor automobilístico japonês. Em 1992, o pesquisador finlandês Lauri Koskela e publicou seu relatório seminal adaptando os conceitos do Sistema Toyota de Produção para a construção, fundando a filosofia da *Lean Construction* (Construção Enxuta). Paralelamente, em 1994, a criação do consórcio internacional que originou o formato Industry Foundation Classes (IFC) definiu o padrão de interoperabilidade de dados entre plataformas digitais, pavimentando o caminho para o BIM colaborativo.

No Brasil, a abertura de mercado e a estabilização monetária da segunda metade da década exigiram uma resposta corporativa ao crônico cenário de desperdício e baixa produtividade diagnosticado por Souza (2000). Como resposta indutora, o Governo Federal instituiu o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). O programa atuou como o primeiro grande indutor normativo moderno no país, forçando empresas a buscarem certificações de sistemas de gestão da qualidade (como a ISO 9001) e a racionalizarem seus fluxos de suprimentos.

2.2.4 Consolidação Digital e Mudança de Paradigma Técnico (Anos 2000 a 2010)

A primeira década do século XXI consolidou o BIM como padrão comercial dominante globalmente, impulsionado pela aquisição e massificação do software *Revit* pela Autodesk em 2002. As discussões de sustentabilidade deixaram o campo teórico e assumiram caráter pragmático com a disseminação de certificações ecológicas internacionais (como LEED e BREEAM) e metodologias de Análise de Ciclo de Vida (ACV) (JONH; REIS, 2014).

No cenário brasileiro, o período foi marcado pelo forte aquecimento do mercado imobiliário. Embora o volume de obras tenha crescido exponencialmente, a inovação permaneceu restrita a “ilhas de alta tecnologia” devido à persistente escassez de mão de obra qualificada (CARIOCA et al., 2021). Contudo, o grande divisor de águas técnico ocorreu em 2013, com a entrada em vigor da versão revisada da norma ABNT NBR 15575 (Norma de Desempenho). Ao deslocar o foco dos insumos para o resultado final da edificação, a norma compeliu o mercado nacional a investir no desenvolvimento de novos materiais aditivados, concreto de alto desempenho e ensaios tecnológicos laboratoriais rígidos para garantir a Vida Útil de Projeto (VUP).

2.2.5 A Era da Construção 4.0 e Indução Governamental (2018 – 2026)

A partir de 2018, a convergência entre os mundos físicos e digital atingiu sua maturidade com o advento da Construção 4.0. Líderes globais integraram ferramentas BIM a ecossistemas complexos de Inteligência Artificial, Gêmeos Digitais e Internet das Coisas (IoT) (SCHWAB, 2016).

No Brasil, a resposta foi catalisada pelo papel indutor do Estado através da publicação da Estratégia BIM BR, que escalonou a obrigatoriedade da modelagem digital em obras públicas federais. O ano de 2026 consolida essa transição: o mercado privado

nacional corre para absorver dimensões avançadas BIM (4D e 5D) e soluções de construção modular *off-site* para diminuir os altos custos logísticos e tributários do país.

Tabela 1 - Cronologia Comparativa do Desenvolvimento da Construção Civil (1974 - 2026)

Período	Principais Marcos Mundiais	Reflexos e Marcos no Cenário Brasileiro	Força Motriz Principal
Década de 1970	Choque do Petróleo (1973/74); Estudos de eficiência energética e arquitetura bioclimática.	Auge do Milagre Econômico e planos do BNH; Manutenção de canteiros altamente artesanais.	Crise Energética Global
Década de 1980	Lançamento do AutoCAD (1982); Formulação conceitual do BIM (ArchiCAD, 1984).	"Década Perdida" econômica; Estagnação tecnológica e ampliação do abismo técnico.	Revolução da Microinformática
Década de 1990	Formulação da <i>Lean Construction</i> (1992); Criação do consórcio para o padrão interoperável IFC (1994).	Lançamento do PBQP-H; Busca por certificações de qualidade e racionalização de desperdícios.	Gestão Industrial e Produtividade
Anos 2000 - 2010	Massificação comercial do BIM; Disseminação de certificações ambientais globais (LEED/AQUA).	Boom imobiliário; Entrada em vigor da ABNT NBR 15575 (2013), exigindo ensaios de desempenho.	Normatização e Sustentabilidade
2018 - 2026	Maturidade da Construção 4.0; Fusão de BIM com IA, IoT, Gêmeos Digitais e Impressão 3D.	Implementação escalonada dos Decretos Federais de BIM; Expansão da Construção <i>Off-site</i> .	Digitalização e Indução Estatal

Fonte: Autor (2026)

2.3 PARADOXO DE BAIXA PRODUTIVIDADE AO ECOSISTEMA 4.0

Apesar de sua inegável relevância socioeconômica global, a indústria da construção civil é historicamente caracterizada por um fenômeno macroeconômico conhecido na literatura como o “paradoxo de baixa produtividade”. Enquanto setores como automobilísticos e o de bens de consumo registram saltos exponenciais de eficiência e automação sistêmica ao longo das últimas décadas, a construção civil

permaneceu estagnada em processos de baixa intensidade tecnológica e fragmentação da sua cadeia produtiva. Referências como, Agopyan e Jonh (2011), apontam que o setor é marcado por um elevado índice de informalidade, dependência massiva de mão de obra de baixa qualificação e uma arraigada resistência cultural à mudança, operando frequentemente sob o binômio artesanal do “tijolo de argamassa”.

A superação desse cenário emerge com a transposição dos conceitos da indústria 4.0 para o ambiente edificado, consolidando o termo Construção 4.0. Esta vertente representa a digitalização, a industrialização e a automação integral do ciclo de vida dos empreendimentos. A estrutura conceitual da Construção 4.0 fundamenta-se na interconexão de três pilares vitais (Digital, Físico e Sustentável), cujas tecnologias e impactos operacionais encontram-se mapeados na Tabela-2.

Tabela 2 - Pilares Estruturais da Construção 4.0

Pilar	Tecnologias Associadas	Impacto no Ciclo de Vida do Empreendimento
Digital	<i>Building Information Modeling</i> (BIM), Gêmeos Digitais, Inteligência Artificial.	Gestão integrada da informação, mitigação de erros de compatibilização e simulações em tempo real de custos e prazos.
Físico	Construção Modular <i>Off-site</i> , impressão 3D de concreto, Robótica e Exosqueletos.	Transmutação do canteiro tradicional em linha de montagem de alta precisão, redução de prazos e controle rígido de qualidade.
Sustentável	Economia Circular, Análise de Ciclo de Vida (ACV), Cimento de baixo carbono.	Redução drástica de desperdícios, reciclagem sistêmica de resíduos e mitigação das pegadas de carbono setoriais.

Fonte: Autor (2026)

No topo do Pilar Digital, o *Building Information Modeling* (BIM) atua não apenas como uma ferramenta de modelagem tridimensional, mas como um processo integrado de gestão que otimiza o fluxo de informações antes mesmo do início da fase de canteiro. Paralelamente, o Pilar Físico introduz a industrialização do setor por meio da construção modular *off-site* (fora do canteiro), alterando a dinâmica operacional da obra. Por fim, o Pilar sustentável responde às pressões ambientais globais por meio do desenvolvimento de materiais ecoeficientes e metodologias de Análise de Ciclo de Vida (ACV), mitigando os impactos ambientais do setor (JOHN; REIS, 2014). Para melhor visualização dessa

sinergia, a disposição sistêmica desses pilares e de suas ramificações está esquematizada na Figura 1.

Figura 1 - Ecossistema da Construção 4.0



Fonte: Autor (2026)

Contudo, a velocidade de adoção dessas tecnologias evidencia um nítido hiato competitivo entre o panorama mundial e o cenário brasileiro. Enquanto potências globais como Estados Unidos, China e nações da União Europeia tratam a Construção 4.0 como política de estado e padrão de mercado, o cenário brasileiro caminha de forma heterogenia. Como apontado por Carioca et al. (2021), coexistem no Brasil ilhas de alta tecnologia, concentradas em grandes corporações e incorporadoras de capitais abertos e um vasto contingente de empresas de pequeno e médio porte que ainda enfrentam gargalos primários de desperdício de insumos, falta de padronização técnica e carência de fomento para modernização.

2.3.1 Barreiras Macroeconômicas e o Panorama de Absorção Tecnológica no Cenário Brasileiro

A transposição do ecossistema global da Construção 4.0 para realidade brasileira, encontra barreiras estruturais de ordem econômica, infraestrutural e cultural que retardam a velocidade de absorção tecnológica no país. Conforme apontam os dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2024), o setor nacional é composto majoritariamente por micro e pequenas empresas, cuja capacidade de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D+I) é severamente limitada por margens de lucros estreitas e pela volatilidade dos ciclos macroeconômicos do país. Essa vulnerabilidade financeira impõe uma postura conservadora ao empresariado, que tende a enxergar a aquisição de novas tecnologias como um custo de alto risco, e não como um investimento estratégico de retorno a longo prazo.

A infraestrutura digital do território nacional atua como um gargalo técnico imediato para implementação de sistemas conectados na engenharia de campo. A eficácia de tecnologias disruptivas como a Internet das Coisas (IoT), a computação em nuvem e os sensores de monitoramento estrutural em tempo real depende diretamente de redes de comunicação de dados de alta velocidade e baixa latência, como o 5G. No entanto, a distribuição dessa infraestrutura no Brasil é profundamente assimétrica, concentrando-se nos grandes centros urbanos e deixando canteiros de obras periféricos ou de infraestrutura pesada desprovidos de conectividade robusta, o que inviabiliza a automação integral dos fluxos de trabalho (CARIOCA et al., 2021).

Sob a ótica fiscal, o alto custo de importação de componentes robóticos, equipamentos de escaneamento a laser (*Laser Scanning*) e as licenças de softwares internacionais parametrizados cotados em moedas fortes como o Dólar e o Euro, cria uma barreira de entrada quase indisponível para empresas de médio porte. Diante dessas adversidades, a literatura cientométrica brasileira aponta que a produção científica e as iniciativas de mercado concentram-se fortemente em três linhas de pesquisa dominante e independentes, as quais tentam contornar esses gargalos históricos:

- **A evolução nas Dimensões do BIM:** Embora a Moldagem da Informação da Construção (BIM) avance a passos largos no país impulsionada pela legislação federal, a absorção de mercado ocorre de forma desigual. O cenário nacional caracteriza-se por uma forte concentração do BIM 3D (focado na modelagem geométrica e compatibilização espacial de projetos), enquanto a transição para o

BIM 4D (integração do fator de planejamento de obras) e o BIM 5D (gestão rigorosa de custos e orçamento) enfrenta resistência devido à falta de padronização nos bancos de dados de composições de custos nacionais, como o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

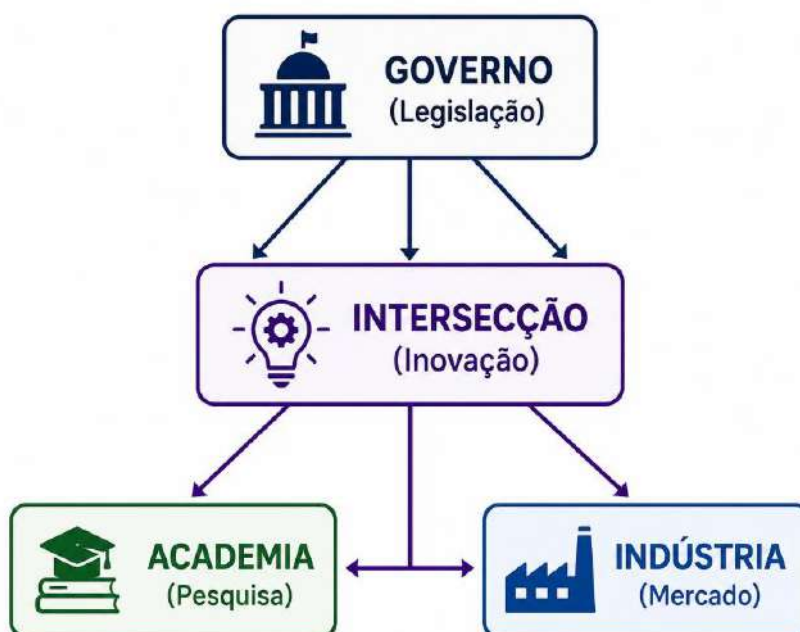
- **Os Desafios da Industrialização e Construção *Off-site*:** A transmutação do canteiro de obras artesanal em uma linha de montagem industrializada esbarra na rigidez da cadeia de suprimentos tradicional e na logística nacional. Sistemas construtivos de alta produtividade, como o *Light Steel Framing* e as estruturas pré-moldadas volumetricamente em concreto, competem em desvantagem com os métodos tradicionais de alvenaria estrutural e o concreto armado *in loco*. Essa disparidade decorre tanto de uma matriz tributária complexa que incide de forma severa, sobre produtos industrializados fora do município da obra quanto dos elevados custos logísticos do transporte rodoviário interestadual (JONH; REIS, 2014).
- **A Sustentabilidade Pragmática e a Gestão de Resíduos:** No cenário brasileiro, as pesquisas em sustentabilidade desvinculam-se do caráter meramente ecológico e assumem uma função de sobrevivência econômica e conformidade legal. O grande foco científico e operacional reside no reaproveitamento sistêmico de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) para formulação de novos ecoprodutos, como agregados reciclados e argamassas aditivas. Essa vertente é diretamente impulsionada pela necessidade de mitigação do desperdício de insumos no canteiro tradicional – que historicamente consome fatias expressivas do orçamento das construtoras – e pelo atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), forçando o setor a buscar soluções inovadoras de baixo custo de implantação.

Assim, o mapeamento e compreensão dessas especialidades regionais tornam-se indispensáveis. Sem o diagnóstico preciso das assimetrias exigentes entre o estado da arte acadêmico mundial e as reais barreiras de mercado enfrentadas pela engenharia civil no Brasil, as propostas de modernização setorial correm o risco de se tornarem conceitual inócuas ou inaplicáveis na rotina prática das empresas nacionais.

2.4 O PAPEL DO ESTADO: POLÍTICAS PÚBLICAS E MARCOS LEGAIS PARA INOVAÇÃO NO BRASIL

A transição de uma indústria tradicional para um modelo baseado em inovações tecnológica raramente ocorre de uma forma puramente orgânica; no contexto brasileiro, o papel indutor do Estado é um elemento central para superar a inércia do mercado. Essa dinâmica é explicada pelo Modelo da Tríplice Hélice, desenvolvido por Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorff (2000), que postula que o desenvolvimento baseado no conhecimento é gerado a partir da interação contínua entre três esferas dinâmicas: a Academia (geradora de conhecimento científico), a Indústria (unidade produtiva e mercadológica), e o Governo (instituidor de políticas, fomento e regulamentações). A intersecção helicoidal destas três forças indutoras está representada na Figura 2.

Figura 2 - Modelo da Tríplice Hélice de Inovação



Fonte: Autor (2026)

O principal catalisador regulatório da atualidade no setor é a Estratégia BIM BR, instituída originalmente pelo Decreto Federal nº 9.377/2018 e posteriormente consolidada e escalonada pelo Decreto Federal nº 10.306/2020. Esses dispositivos legais estabeleceram a obrigatoriedade do uso do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Ao utilizar o poder de compra do Estado como vetor de transformação, a

legislação brasileira forçou o mercado privado desde escritórios de projetos até construtoras e fornecedores de componentes a se qualificar e adotar ferramentas digitais para manter a competitividade em licitações públicas, gerando um efeito multiplicador em toda a cadeia produtiva da construção civil nacional.

Além dos decretos focados em digitalização, a inovação técnica no país é fortemente moldada por marcos normativos e desempenho de habilidade. O principal referencial técnico é a norma ABNT NBR 15575 (Edificações Habitacionais – Desempenho), que entrou em vigor em sua versão revisada em 2013 e passa por constantes atualizações regulatórias. A NBR 15575 alterou o paradigma da construção civil brasileira ao mudar o foco do “processo construtivo” para o “resultado entregue”, estabelecendo critérios quantitativos mínimos de desempenho térmico, acústico, lumínico, segurança estrutural e durabilidade por meio da Vida Útil de Projeto (VUP).

Para atender às exigências rigorosas da Norma de Desempenho sem inviabilizar os custos financeiros dos empreendimentos, as construtoras brasileiras viram-se obrigadas a abandonar o empirismo tradicional e investir em inovação tecnológica. Isso impulsionou a pesquisa e a aplicação de novos materiais aditivados, argamassas de alto desempenho, sistemas de fachadas ventiladas e isolamento termoacústico avançados. Esse movimento regulatório alinha-se as leis transversais de incentivo à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), como a Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005) e o Novo Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016), que simplificaram a captação de recursos junto a órgãos de fomento, como a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPPI) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

2.5 CIÊNCIAS E DADOS E ESTUDOS BIBLIOMÉTRICOS: O ECOSISTEMA R, BIBLIOMETRIX E BIBLIOSHINY

Diante da expansão exponencial da produção científica global sobre inovação na construção civil, métodos tradicionais de revisão de literatura como a revisão de narrativa simples, tornam-se limitados para mapear com isenção e precisão as fronteiras do conhecimento. É nesse cenário que os estudos bibliométricos se consolidam como uma abordagem metodológica indispensável. Conforme preconizado por Alan Pritchard (1969), a bibliometria consiste na aplicação de métodos estatísticos e matemáticos para quantificar e analisar a estrutura, a evolução e o impacto da produção escrita de

determinada área do saber científico, conferindo um caráter quantitativo, reproduzível e sistemático ao mapeamento do conhecimento (ZUPIC; ČATER, 2015).

O rigor científico de um estudo bibliométrico sustenta-se em leis matemáticas clássicas que regem a ciência de dados bibliográficos:

- **Lei de Lotka (1926):** Trata da produtividade dos autores, determinado que uma pequena parcela de pesquisadores concentra a maior parte da produção científica de impacto em um campo específico.
- **Lei de Bradford (1934):** Dedicar-se à dispersão de periódicos, demonstrando que existe um núcleo de revistas científicas altamente especializadas que publicam a maior fração de artigos sobre um tema, cercado por zonas concêntricas de periódicos progressivamente mais distantes do escopo central.
- **Lei de Zipf (1949):** Analisa a frequência de palavras-chave, indicando que a ocorrência de termos técnicos em um grande corpo de texto segue uma distribuição de probabilidade que permite identificar os focos conceituais e os temas emergentes de uma disciplina.

Para a execução computacional dessas análises matemáticas complexas de metadados, o ambiente estatístico de código aberto R consolidou-se como uma das plataformas mais robustas do mundo devido à sua flexibilidade matemática. No interior desse ecossistema, destaca-se o pacote *Bibliometrix*, desenvolvido pelos pesquisadores italianos Massimo Aria e Corrado Cuccurullo (2017). O *Bibliometrix* oferece um conjunto abrangente de ferramentas programáticas que permitem realizar o fluxo completo de análise de dados científicos (*Science Mapping Workflow*), superando as limitações de softwares proprietários de interface estática.

Com o avanço da ferramenta e a necessidade de democratizar o mapeamento científico para pesquisadores de diferentes áreas, os autores expandiram o ecossistema com o lançamento do *Biblioshiny*. Conforme preconizado por Aria e Cuccurullo (2026), o *Biblioshiny* consiste em uma plataforma integrada baseada em Shiny (aplicativo web para R), que fornece uma interface gráfica de usuário (GUI) intuitiva para o pacote *Bibliometrix*. Essa inovação permite a execução de análises bibliométricas complexas, combinando o poder de processamento estatístico do R com a facilidade de manipulação

visual, mitigando a necessidade de codificação direta de scripts e otimizando a geração de matrizes e gráficos de redes bibliométricas (ARIA; CUCCURULLO, 2026).

O fluxo de trabalho metodológico executado via *Bibliometrix* e sua interface *Biblioshiny* inicia-se com extração de dados brutos e metadados estruturados (arquivos em formato .bib ou .txt) das duas maiores e mais rigorosas bases de dados científicos globais: a *Scopus* (Elsevier) e a *Web of Science* (Clarivate Analytics). Conforme detalhado por Donthu et al. (2021), essas bases garantem o maior rigor em termos de periódicos indexados de alto impacto em engenharia. Uma vez importados para o ambiente digital, os registros passam por um tratamento computacional sequencial e rígido, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Fluxo de Mapeamento Científico



Fonte: Autor (2026)

A partir desse tratamento, o software gera matrizes relacionadas que viabilizam análises avançadas de redes co-citação (quais autores são citados conjuntamente, revelando as escolas de pensamento), acoplamento bibliográfico (grupos de artigos que compartilham referências comuns), redes de cooperação internacional (parcerias entre países e instituições) e a evolução temática, por meio de diagramas estratégicos que plotam os temas de acordo com sua densidade e centralidade.

Desse modo, o uso combinado do R e do Bibliometrix confere um caráter de reprodutibilidade científica e precisão quantitativa de alto nível, fornecendo as evidências

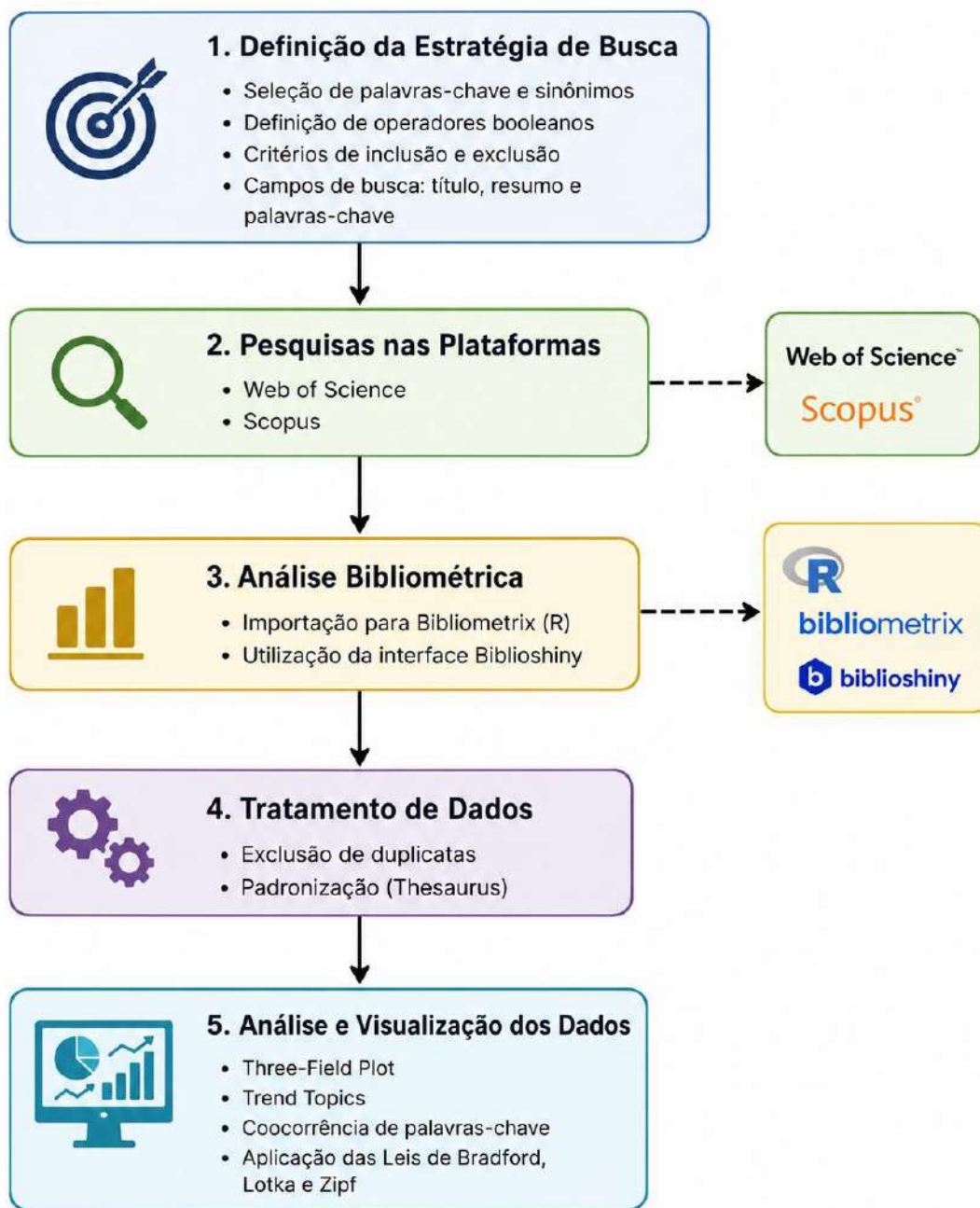
matemáticas necessárias para confrontar o panorama global com as particularidades do atraso e da evolução tecnológica no cenário brasileiro.

3 METODOLOGIA

Para a realização da análise bibliométrica, Figura 4, foi inicialmente definida uma estratégia de busca baseada na identificação dos termos mais recorrentes em estudos científicos sobre Inovações Tecnológicas no Mercado da Construção Civil. A seleção das palavras-chave considerou diferentes variações terminológicas e sinônimos, de modo a garantir a abrangência da revisão e minimizar perdas de estudos relevantes. A expressão de busca combinou termos relacionados à Inovação Tecnológica, como “*construction industry*”, “*building construction*”, “*AEC industry*”, “*construction 4.0*”, “*digital transformation*”, “*smart construction*”, com termos associados à “*technological innovation*”. As buscas foram aplicadas aos campos de título, resumo e palavras-chaves, assegurando a recuperação de publicações diretamente relacionados ao escopo da pesquisa, com um critério de afunilar os resultados na busca, foram desconsiderados artigos classificados nas grandes áreas das Ciências Humanas, Ciências da Saúde e Ciências Físicas, delimitando os resultados ao escopo da pesquisa.

As bases de dados *Scopus* e *Web of Science* foram selecionadas por sua ampla cobertura internacional e pelo rigor nos critérios de indexação e revisão por pares, o que confere maior confiabilidade aos dados analisados. Após a coleta, os registros bibliográficos completos foram exportados nos formatos compatíveis (.csv e .txt) e importados para o ambiente R (v R-4.6.0), utilizando o pacote *bibliometrix* e a sua interface gráfica *Biblioshiny* (v 5.4.1). O processo dos dados envolveu a padronização dos metadados e a remoção de registros duplicados, resultando em um conjunto final de documentos utilizados para análise bibliométrica. Esse procedimento permitiu a obtenção de um panorama consistente e representativo da evolução científica, dos padrões de colaboração e das principais tendências de pesquisa relacionadas à utilização de inovações tecnológicas no mercado da construção civil no Brasil.

Figura 4 - Fluxograma do Processo de Análise Bibliométrica



removidas 37 entradas duplicadas entre as plataformas, consolidando uma base de dados final com 1878 artigos únicos. Após detalhamento, já é possível analisar uma margem bastante expressiva na publicação de trabalhos globais, em comparação a trabalhos nacionais.

Tabela 3 - Base de Dados dos Artigos Publicados

Artigos Publicados

Base de dados	Total de Artigos	Duplicatas Removidas	Amostra Final	Panorama Global	Panorama Nacional
<i>Scopus</i>	1.915	37	1.878	1.752	25
<i>Web of Science</i>				100	1

Fonte: Autor (2026)

A etapa final da pesquisa consistiu na análise, visualizações e interpretações dos resultados bibliométricos, considerando diferentes variáveis descritivas e relacionadas, como autores, periódicos, países de afiliação, ano de publicação, volume de artigos e número de citações. Entre as ferramentas empregadas, destaca-se o *Three-Field Plot*, que permite representar graficamente as interconexões entre três distintas de um conjunto de dados bibliográficos. No presente estudo, essa visualização foi configurada a partir das palavras-chave dos autores, das instituições de afiliação e dos países de origem, possibilitando a identificação das relações entre os principais temas investigados, os centros de pesquisa mais atuantes e a distribuição geográfica da produção científica relacionada à Inovações Tecnológicas no Mercado da Construção Civil.

Adicionalmente, foram elaborados gráficos de tendência temática (*Trend Topics*) e de coocorrência de palavra-chave, com objetivo de aprofundar a análise do conteúdo científico. O gráfico de tendência temática permitiu acompanhar a evolução temporal dos termos mais frequentes na literatura, evidenciando o surgimento e a consolidação de tópicos ao longo do período analisado. Por sua vez, a análise de coocorrência organizou visualmente as palavras-chaves mais recorrentes e suas conexões, revelando agrupamentos temáticos e núcleos de pesquisa inter-relacionados, contribuindo para compreensão das principais linhas de investigação e das tendências emergentes

Com o objetivo de reduzir a fragmentação terminológica e garantir maior consistência semântica nas análises bibliométricas, foi realizada uma etapa de padronização e agrupamento de palavras-chave. Para isso, utilizou-se um arquivo de thesaurus no Biblioshiny, no qual termos semanticamente equivalentes, incluindo variações ortográficas, uso de hífen, siglas e expressões completas (por exemplo, “*construction industry*”, “*building construction*”, “*AEC industry*”, “*construction 4.0*”, “*digital transformation*”, “*smart construction*”, com termos associados à “*technological innovation*”), foram unificados sob um termo principal. Esse procedimento permitiu consolidar conceitos recorrentes relacionados à Inovações Tecnológicas no Mercado da Construção Civil. A padronização contribuiu, assim, para uma representação mais fiel da estrutura conceitual do campo analisado.

De forma a conferir sustentação matemática e metodológica rigorosa à análise de dados bibliométricos obtidos, a avaliação do acervo documental foi norteada pelas três leis clássicas da ciência bibliométrica: a **Lei de Bradford**, para estimar o núcleo de periódicos de maior relevância e produtividade na área; a **Lei de Lotka**, para mensurar o modelo de distribuição de frequências de autoria e produtividade dos pesquisadores; e a **Lei de Zipf**, aplicada na validação de regularidade das palavras-chave dominantes. Por fim, a distribuição regional dos estudos no panorama nacional foi operacionalizada a partir do processamento e vetorização automatizados dos metadados de filiação institucional (*Affiliation Country/State*) contidos nos registros nacionais, permitindo mapear a assimetria geopolítica da produção científica brasileira.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos por meio da análise bibliométrica realizada no ecossistema R, utilizando o pacote Bibliometrix e sua interface gráfica no Biblioshiny. Com o objetivo de cumprir o escopo geral estabelecido para esta pesquisa, os dados são expostos de forma comparativa e integrada, confrontando os indicadores do parâmetro global frente às especificações estruturais do parâmetro brasileiro. A análise foi dividida em duas grandes secções macroestruturais: O Panorama Científico Global das Inovações Tecnológicas e o Panorama Científico e Barreiras de Mercado no Cenário Brasileiro.

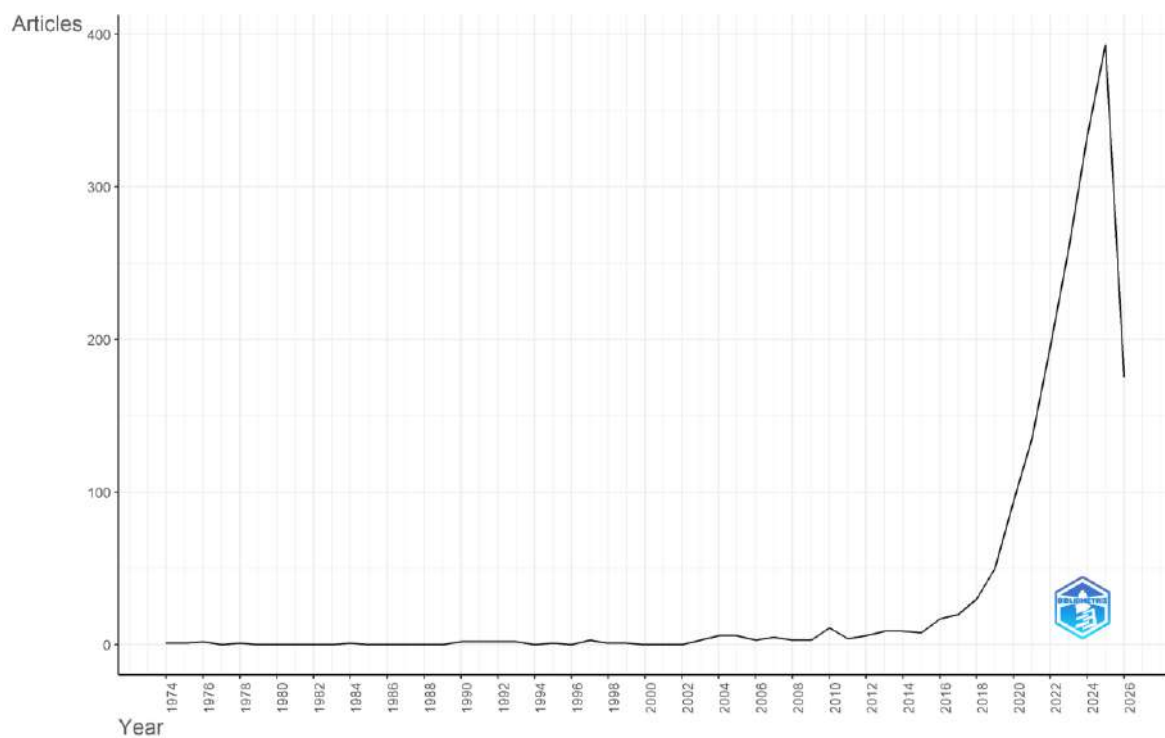
4.1 ANÁLISE MACRO: O PANORAMA CIENTÍFICO GLOBAL DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

A primeira etapa desta pesquisa consistiu no mapeamento da produção científica internacional indexada nas bases *Scopus* e *Web of Science*. Esse diagnóstico macro focal é indispensável para estabelecer a fronteira do conhecimento e entender para onde a indústria global está a caminhar.

4.1.1 Evolução Temporal e Volume de Publicações

O ritmo de crescimento das publicações científicas globais reflete o interesse do mercado e a maturidade conceitual das tecnologias aplicadas no setor edificado.

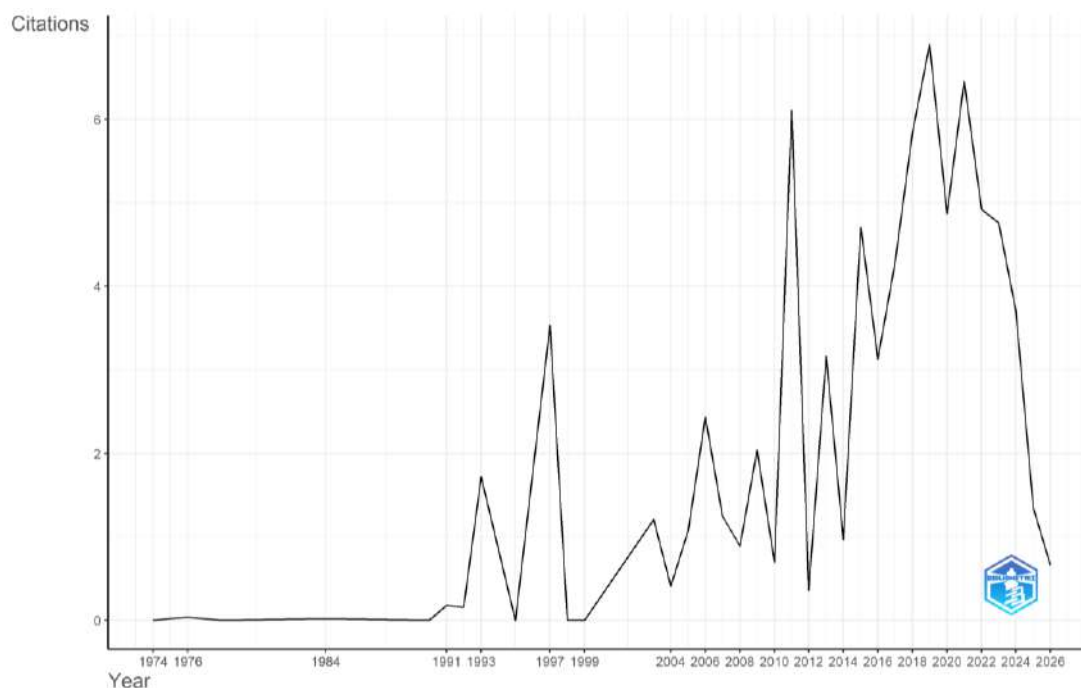
Figura 5 - Produção Científica Anual – Global



Fonte: Autor (2026)

A análise da Produção Científica Anual Global demonstra um crescimento de comportamento exponencial, especialmente visível a partir de meados da década de 2010 como mostra a Figura 5. Esse boom de publicações coincide com a consolidação da Quarta Revolução Industrial descrita por Schwab (2016) e com a transposição desse ecossistema para os canteiros de obras sob o rótulo de Construção 4.0. Entre 1974 e os anos 2000, o volume de artigos mantinha-se linear e incipiente, focado em discussões embrionárias de simulação e ferramentas CAD básicas. A partir de 2018, a curva acentua-se drasticamente até o ano de 2026, indicando que a digitalização e automação do setor tornam-se prioridades científicas globais permanentes para atração de investimentos públicos e privados.

Figura 6 - Média de Citações por Ano - Global



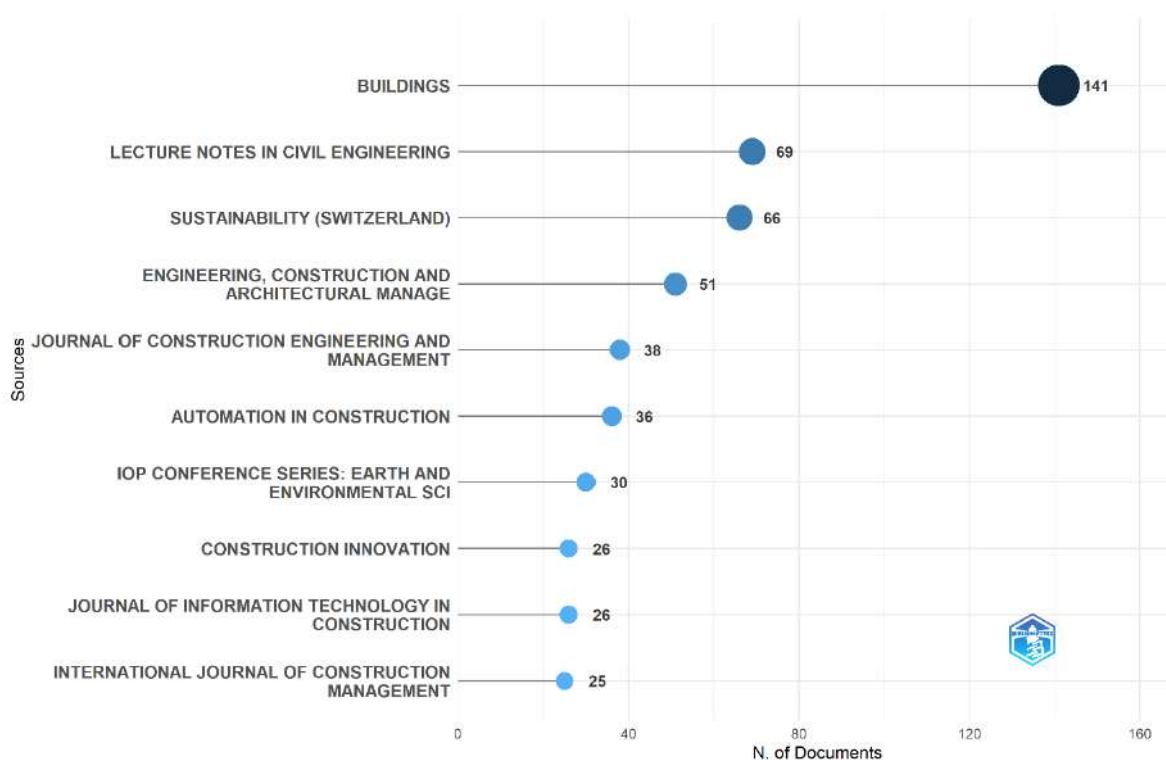
Fonte: Autor (2026)

O gráfico de Média de Citações por Ano da Figura 6, complementa o indicador de volume absoluto, medindo o impacto real e o grau de influência que essas pesquisas exercem na comunidade acadêmica internacional. Observa-se que anos específicos apresentam picos notáveis de citações. Esses picos marcam a publicação de relatórios seminais, normas internacionais de interoperabilidade (como as atualizações do padrão IFC) ou revisões de literatura de alto impacto que definiram os novos rumos da Construção 4.0. O alto volume de citações na janela temporal recente atesta que a comunidade internacional está validando e ramificando intensamente as pesquisas voltadas à automação preditiva e à ecoeficiência avançada.

4.1.2 Fontes e Autores de Maior Impacto Global

A identificação dos principais veículos de divulgação e dos pesquisadores líderes ajuda a compreender onde se encontram os polos de excelência acadêmica mundial.

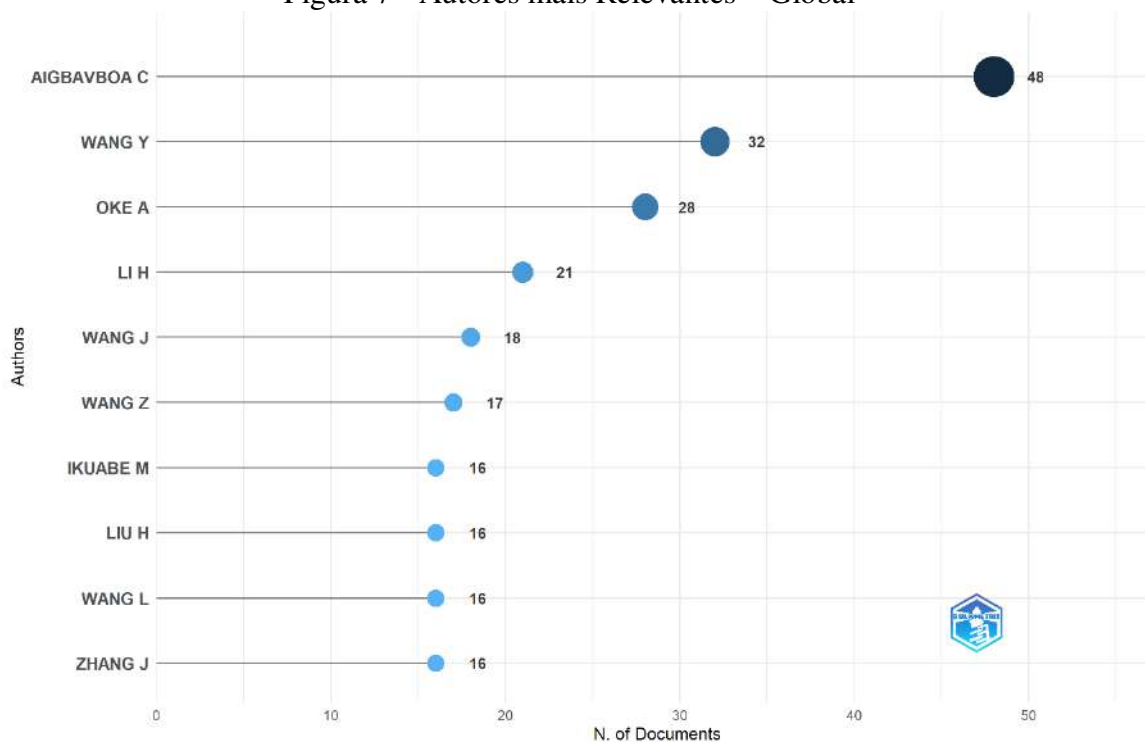
Figura 6 - Fontes mais Relevantes – Global



Fonte: Autor (2026)

A aplicação da Lei de Bradford (1934) sobre o conjunto de dados globais revela um núcleo altamente especializado de periódicos. O gráfico de Fontes mais relevantes da Figura 7, evidencia a liderança absolutas de revistas científicas de alto impacto, como *Automation in Construction* (da Elsevier), seguida por periódicos voltados à engenharia civil, sustentabilidade e gerenciamento de projetos. A alta concentração de artigos nessas fontes primárias comprova que a busca por inovação na construção civil global está intimamente atrelada à automação de processos, robótica e tecnológica da informação, alinhando-se aos preceitos da destruição criativa schumpeteriana de transformação estrutural do setor.

Figura 7 - Autores mais Relevantes – Global

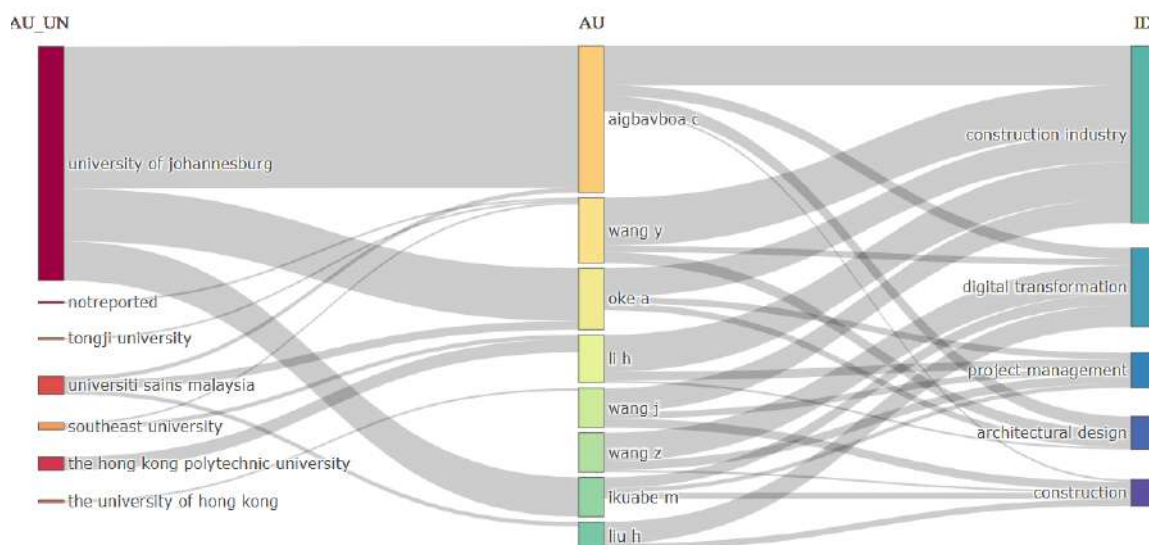


Fonte: Autor (2026)

O gráfico de Autores mais relevantes da Figura 8, mapeia os pesquisadores com maior número de publicações sobre o tema, validando a Lei de Lotka (1926) no campo da Construção 4.0. Fica evidente que uma parcela restrita de cientistas vinculados a instituições da China, Estados Unidos, Austrália e Europa Ocidental, concentra uma fração expressiva da produção intelectual de impacto. Esses autores atuam como os principais descobridores e formuladores das tecnologias que posteriormente são absorvidas comercialmente pelo mercado privado corporativo global.

4.1.3 Estrutura Intelectual, colaboração e Fluxo de Informação Global

Figura 8 - Gráfico de Três Pontos - Global

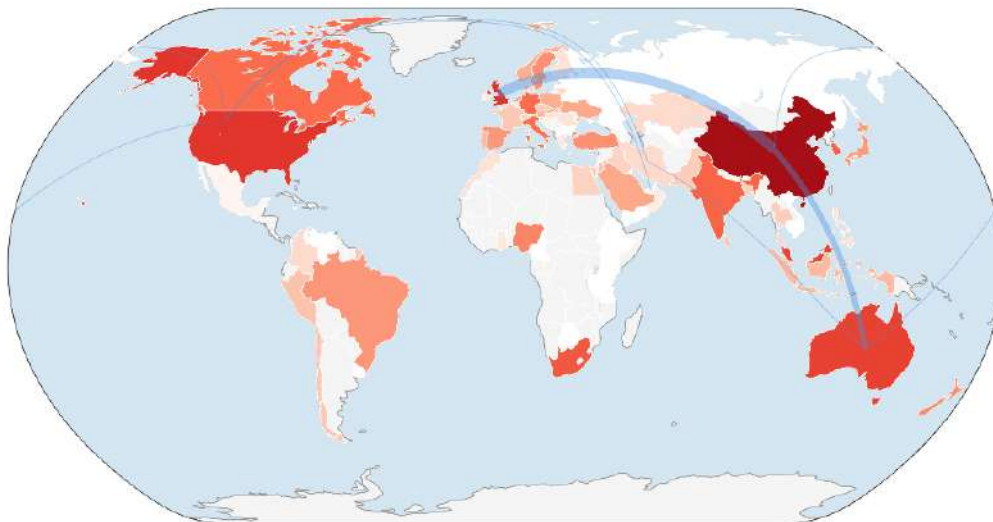


Fonte: Autor (2026)

O Gráficos de Três Pontos Global da Figura 9, estabelece visualmente o fluxo de transferência de conhecimento ao interconectar três variáveis: as instituições mais recorrentes (à esquerda), os autores principais (ao centro) e as fontes e periódicos de maior impacto em que essas discussões se materializam (à direita). Esse diagrama de Sankey evidencia que termos de fronteira tecnológica — como *"Building Information Modeling"*, *"Digital Twins"*, *"Artificial Intelligence"* e *"Sustainability"* — funcionam como os grandes atratores conceituais que unificam a produção científica. O fluxo de linhas demonstra como as pesquisas convergem diretamente para as páginas de periódicos líderes.

Ao expandir a leitura dos fluxos da Figura 9, nota-se o protagonismo de instituições internacionais consolidadas, a exemplo da *University of Johannesburg*, que apresenta um volume expressivo de trabalhos mapeados, distribuindo sua produção em temáticas altamente dinâmicas como as construções industrializadas, os processos de manufatura aditiva, a transformação digital e os novos conceitos de projeto arquitetônico integrados à automação.

Figura 9 - Mapa Mundial de Colaboração entre Países – Global



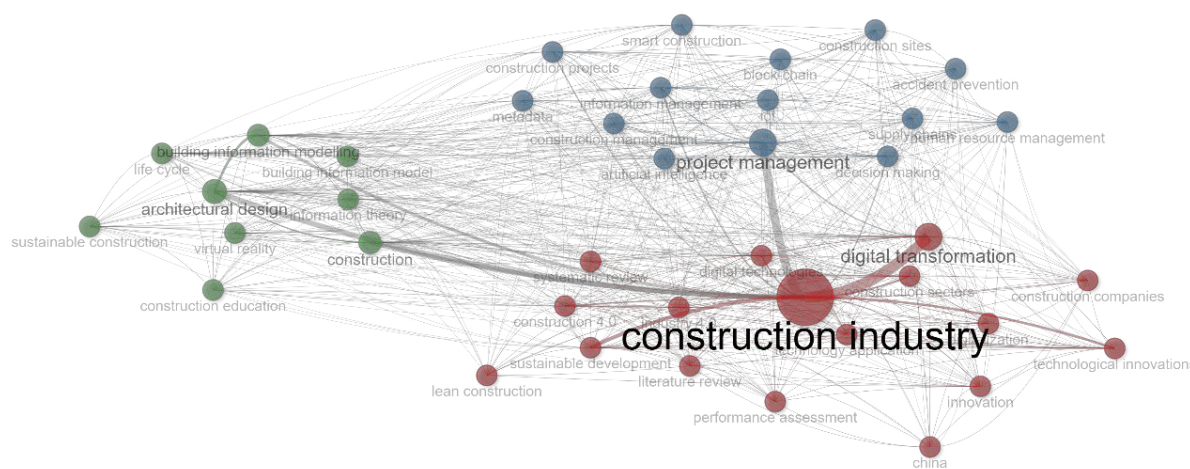
Fonte: Autor (2026)

A globalização da ciência é retratada com clareza no Mapa Mundial de Colaboração entre Países da Figura 10. A densidade e espessura das linhas que conectam os diferentes países revelam redes consolidadas de coautoria internacional. Destaca-se o forte eixo de cooperação científica entre Ásia (liderada pela China) e América do Norte (liderada pelo Estados Unidos), além de interações intensas com nações da União Europeia e Oceania. Esse mapa evidencia um padrão: a velocidade de disrupção tecnológica é amplificada em países que dispõem de robustos orçamentos estatais para P&D, laboratórios de alta tecnologia e políticas de atração de talentos globais, evidenciando o isolamento inicial das nações em desenvolvimento no hemisfério sul.

4.1.4 Estrutura Conceitual e Tendências de Pesquisa Globais

O Mapa de Árvore (*Treemap*) global da Figura 12, detalha de forma quantitativa e proporcional a divisão do espaço conceitual da literatura. Cada bloco representa a fatia percentual que determinado tópico ocupa na massa documental. O BIM desponta como maior quadrante do mapa, seguido de perto por termos ligados à gestão da construção, inteligência artificial, gêmeos digitais e sustentabilidade avançada. Esse gráfico ratifica que o Building Information Modeling é a espinha dorsal indispensável sobre a qual todas as outras inovações da Construção 4.0 se apoiam e se integram internacionalmente.

Figura 12 - Rede de Coocorrência - Global



Fonte: Autor (2026)

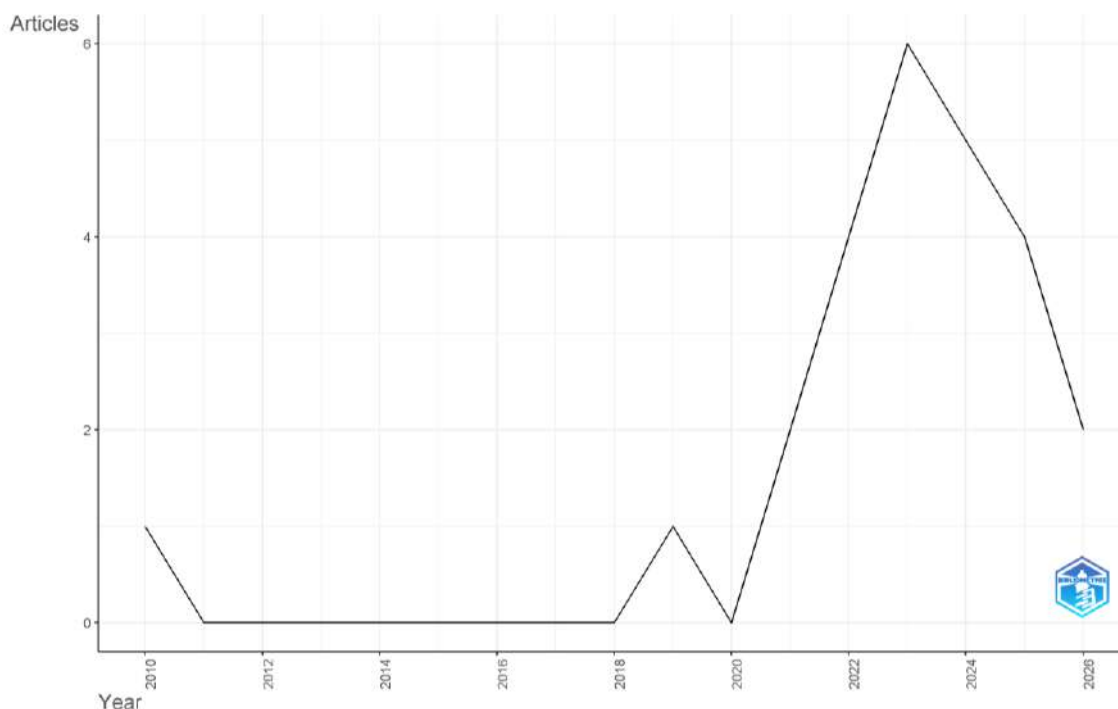
Para fechar o panorama macro, a Rede de Coocorrência Global da Figura13, organiza as conexões semânticas entre as palavras-chave, revelando o agrupamento (clusters) de especialidades e as principais linhas de investigação. O gráfico exibe núcleos temáticos inter-relacionados: um cluster fortemente focado na tecnologia da informação e modelagem digital (BIM, interoperabilidade, digital *twins*), outro cluster voltado para o gerenciamento de canteiros, produtividade e otimização (*lean construction*, segurança) e um terceiro cluster dedicado à sustentabilidade e análise de ciclo de vida (AVC). As conexões espessas entre esses clusters indicam que a pesquisa global caminha para uma abordagem de engenharia totalmente integrada e preditiva.

4.2 ANÁLISE MICRO: O PANORAMA CIENTÍFICO E BARREIRAS DE MERCADO NO CENÁRIO BRASILEIRO

Após compreender a dinâmica do conhecimento em nível mundial, faz-se necessário direcionar o foco sobre a realidade brasileira. Esta secção analisa a produção científica nacional e discute como os gargalos estruturais e as forças indutoras do país moldam a nossa absorção tecnológica.

4.2.1 Dinâmica Temporal e Impacto da Produção Acadêmica no Brasil

Figura 13 - Produção Científica Anual – Nacional



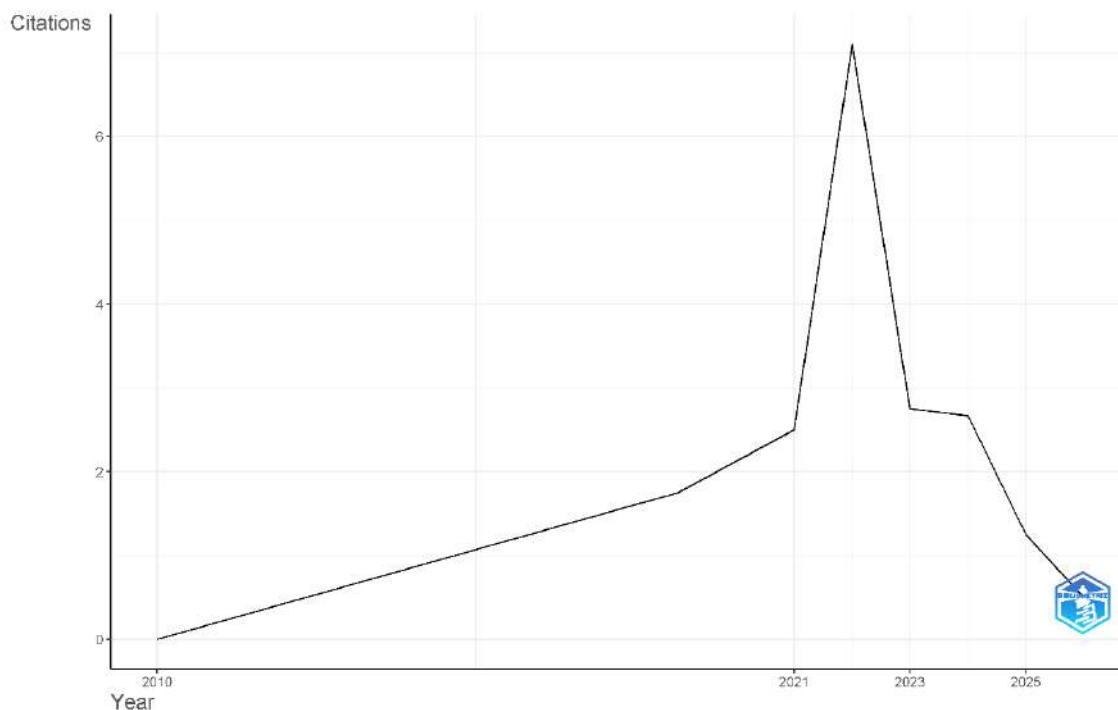
Fonte: Autor (2026)

O gráfico de Produção Científica Anual – brasileiro da Figura 14, revela de forma nítida que a pesquisa nacional começou a ganhar tração tardiamente em comparação com a curva global. Durante as décadas de 1980 e 1990, a produção foi quase nula devido à severa instabilidade macroeconômica do país (a “década perdida”) e à escassez de investimentos estruturados para a modernização de um setor que tradicionalmente se apoiou em métodos artesanais de baixa produtividade.

O crescimento real da curva nacional passa a se desenhar a partir de meados dos anos 2000, impulsionado pelo forte ciclo de expansão do mercado imobiliário e pelo fortalecimento das linhas de pesquisa em programas de pós-graduação em engenharia civil no país. Contudo, uma inflexão altamente expressiva ocorre a partir de 2013, ano que marca um divisor de águas técnico e regulatório no Brasil: a entrada em vigor da versão revisada da norma ABNT NBR 15575 (Edificações Habitacionais — Desempenho). Ao deslocar o foco dos insumos tradicionais para o resultado final e estabelecer critérios rígidos para a Vida Útil de Projeto (VUP), a norma compeliu a academia e os setores de engenharia a pesquisar novas soluções tecnológicas para garantir a conformidade legal e a qualidade das edificações.

Posteriormente, o ápice de publicações observado na Figura 14, correlaciona-se diretamente com a publicação e o escalonamento dos marcos legais indutores do Governo Federal, especificamente o Decreto Federal nº 9.377/2018 e o Decreto Federal nº 10.306/2020, que instituíram a Estratégia BIM BR e estabeleceram a obrigatoriedade da modelagem digital em obras públicas federais. A retração ou desaceleração observada na ponta final do gráfico traduz uma barreira de mercado severa: as dificuldades históricas de captação de recursos públicos de longo prazo para P&D e as flutuações econômicas que desestimulam investimentos continuados em inovação por parte do setor privado nacional.

Figura 14 - Média de Citações por Ano – Nacional

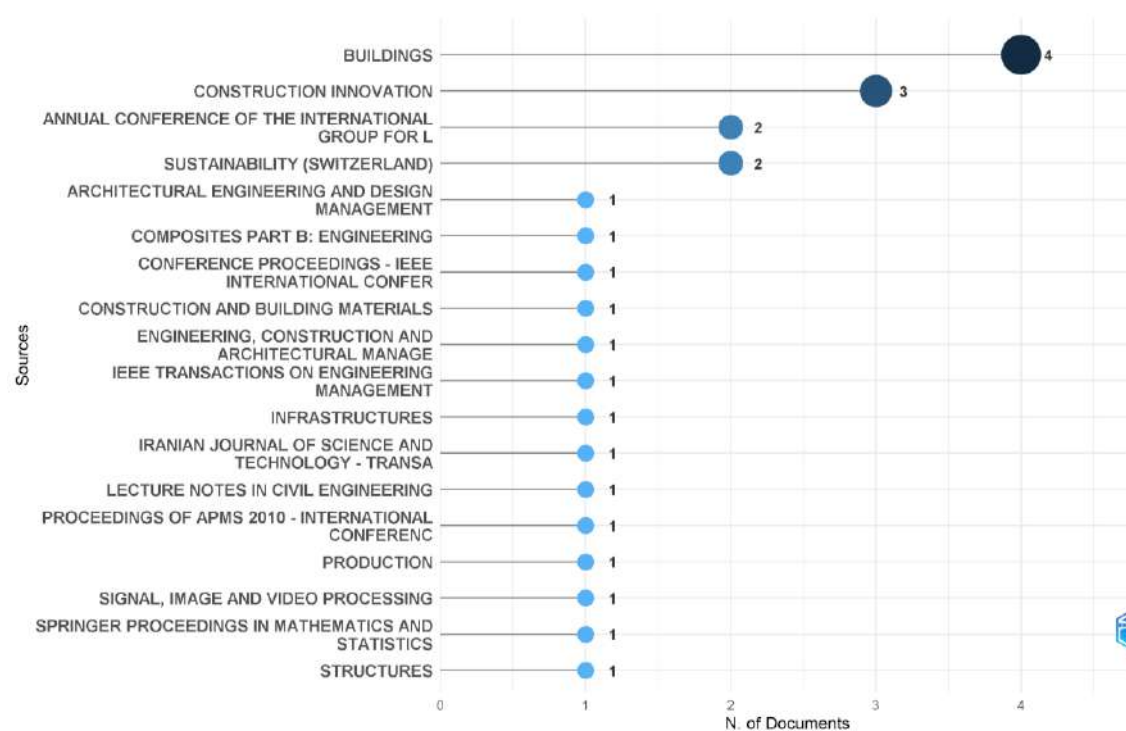


Fonte: Autor (2026)

Na média de Citações por Ano – brasileiro da Figura 15, identifica-se o impacto real das pesquisas produzidas no país. Nota-se que os trabalhos brasileiros, embora crescentes em volume, enfrentam desafios de internacionalização, concentrando suas citações em âmbitos regionais. Os picos presentes no gráfico apontam para anos de publicação de estudos críticos sobre o diagnóstico da baixa produtividade nacional ou teses que adaptaram com sucesso metodologias internacionais (como a *Lean Construction*) para as características específicas dos canteiros de obras brasileiros.

4.2.2 Canais de Disseminações e Lideranças Científicas Nacionais

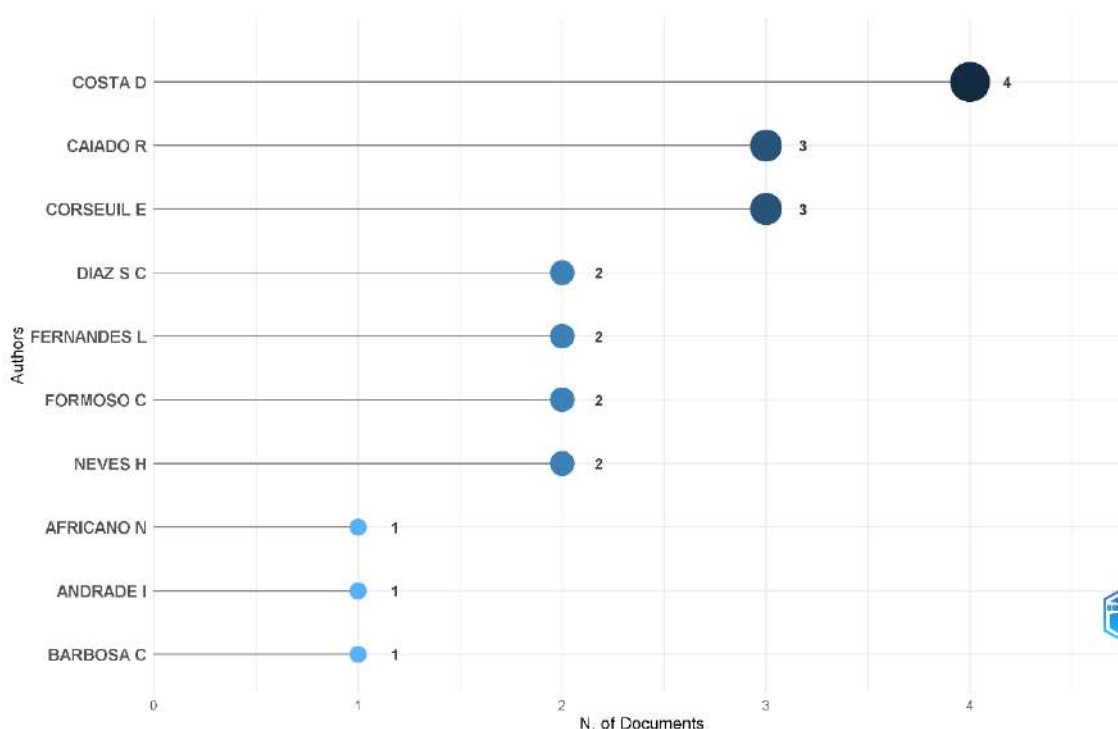
Figura 15 - Fontes mais Relevantes – Nacional



Fonte: Autor (2026)

O mapeamento das Fontes mais Relevantes – brasileiras da Figura 16, apontam para um perfil de publicação focado em revistas nacionais e congressos tradicionais do setor (como o ENTAC). Periódicos de destaque nacional, como a Ambiente Construído (da ANTAC) e revistas voltadas à engenharia de estruturas e materiais, formaram o núcleo de Bradford da literatura brasileira. Esse cenário demonstra que o debate sobre inovação tecnológica no Brasil ainda ocorre de forma muito concentrada dentro da comunidade acadêmica nativa, buscando responder a problemas práticos imediatos do nosso mercado habitacional e de infraestrutura.

Figura 16 - Autores mais Relevantes – Nacional

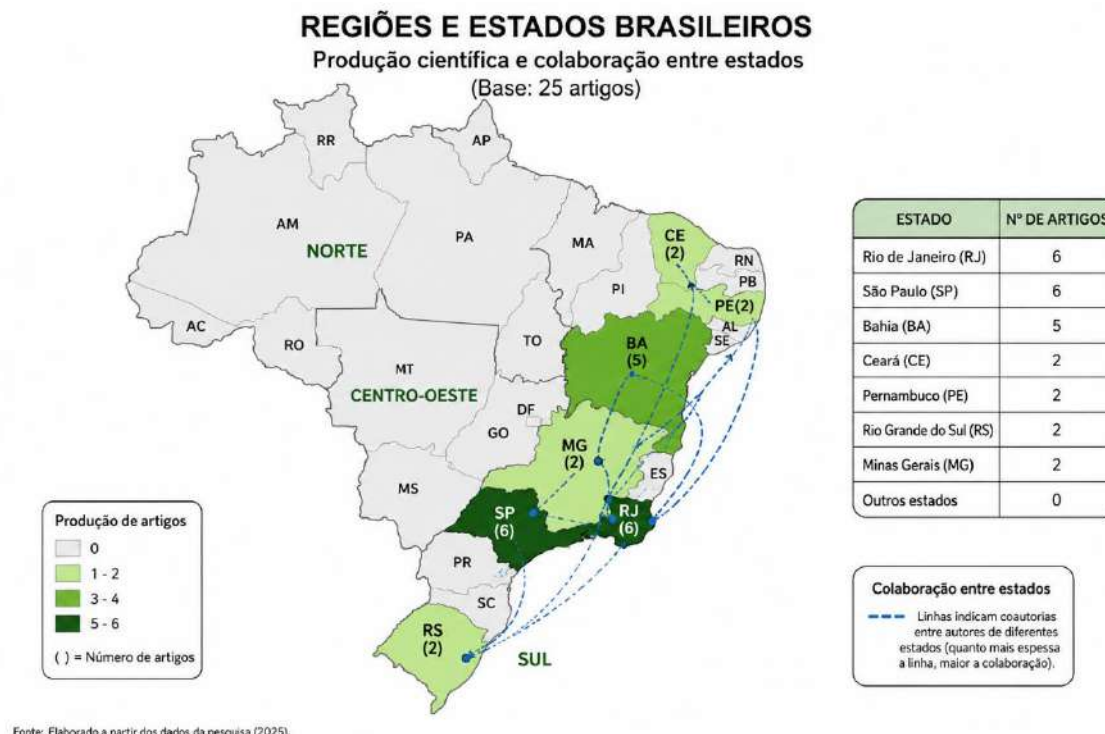


Fonte: Autor (2026)

O gráfico de Autores mais Relevantes – brasileiros da Figura 17, identifica as principais mentes acadêmicas que lideram a pesquisa em inovação na construção civil nacional. Diferentes do cenário global, onde a produção é distribuída por gigantescas equipes laboratoriais, o ecossistema brasileiro é fortemente centralizado em torno de professores e pesquisadores de universidades públicas consolidadas. A partir da leitura detalhada dos dados da Figura 17, destacam-se nominalmente pesquisadores de grande relevância para a literatura nacional, a exemplo de Costa, D. (Universidade Federal da Bahia – UFBA), Caiado, R. e Corseuil, E., acompanhados por referências históricas no estudo da racionalização de canteiros e filosofia enxuta, como Formoso, C. (UFRGS) e Neves, H., os quais concentram os maiores volumes de documentos publicados na área. Esses autores cumprem o papel vital descrito no Modelo da Tríplice Hélice: gerar o conhecimento científico básico e aplicado necessário para tentar modernizar a indústria nacional.

4.2.3 Distribuição Regional, Cooperação e Redes de Fluxo Científico no Brasil

Figura 17 - Mapa de Colaboração entre Estados Brasileiros



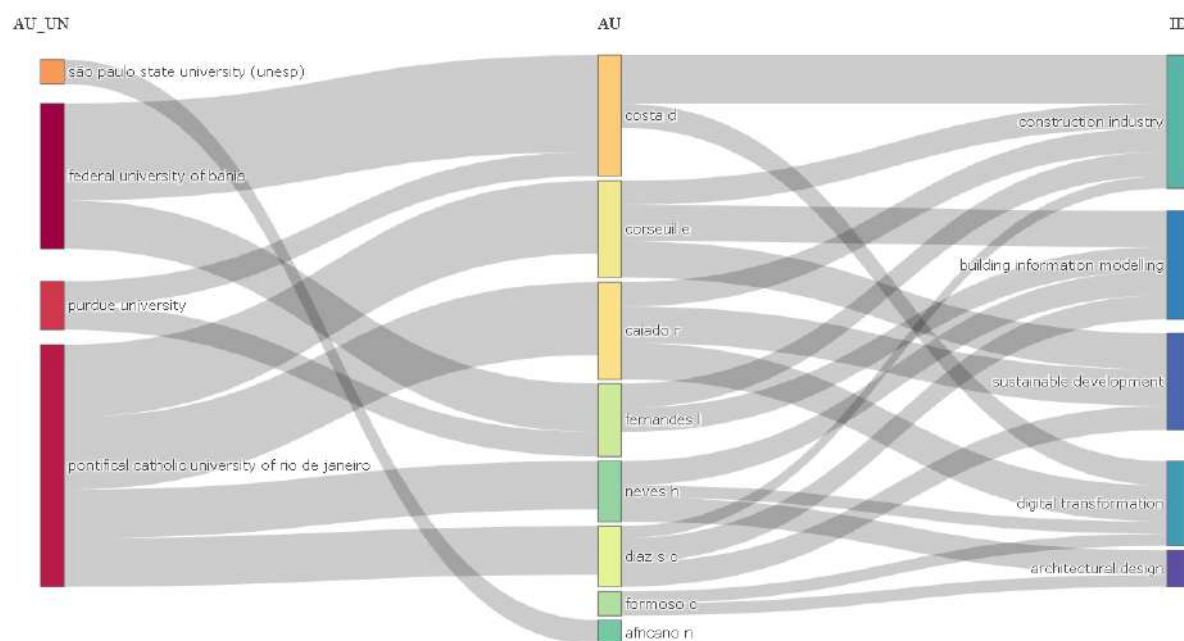
Fonte: Autor (2026)

O Mapa de Regiões – brasileiros da Figura 18, revela uma acentuada e histórica assimetria geográfica na produção do conhecimento técnico no país. A densidade absoluta de publicações e as redes de coautoria interna concentram-se de forma massiva nas regiões Sudeste e Sul do país, tendo como eixos soberanos os estados de Rio de Janeiro (6 artigos), São Paulo (6 artigos) e Rio Grande do Sul (2 artigos). Essa centralização justifica-se pela robusta concentração industrial dessas regiões e pela presença das universidades públicas e centros de pesquisa mais bem financiados do país (como USP e UFRGS).

No entanto, um resultado de grande relevância evidenciado pelo mapa é o fortalecimento do eixo de cooperação em direção à região Nordeste, capitaneado pelo estado da Bahia (5 artigos), e com participação ativa de estados como Ceará (2 artigos) e Paraíba/Pernambuco (2 artigos). O fato do estado da Bahia mostrar um volume de produção científica tão expressivo e competitivo em relação ao eixo Sul-Sudeste reflete a consolidação de polos de excelência tecnológica na região Nordeste. Essa dinâmica

aponta para uma gradual e necessária descentralização da pesquisa em Construção 4.0 e BIM no território nacional, permitindo que novas soluções técnicas sejam pensadas a partir das realidades e demandas regionais.

Figura 18 - Gráfico de Três Pontos - Nacional



Fonte: Autor (2026)

O Gráfico de Três Pontos – brasileiros da Figura 19, ajuda a rastrear de forma visual a dinâmica de absorção, filiação institucional e especialização de conceitos. O diagrama conecta as instituições brasileiras de origem aos autores nacionais e às suas respectivas palavras-chave. É possível observar como o fluxo das principais universidades públicas do país se afunila diretamente para tentar resolver as barreiras locais de mercado através de termos práticos bem definidos, como *"Building Information Modeling"*, *"Lean Construction"* e *"Sustainable Development"*.

Ao analisar detalhadamente os caminhos deste gráfico, manifesta-se um dado surpreendente e de grande valor para o estudo: o pesquisador Costa, D. possui sua filiação ancorada na Universidade Federal da Bahia (UFBA), atuando em forte sinergia com instituições de ponta internacionais (como a *Purdue University*). Esse fluxo relacional prova que a Bahia e o ambiente acadêmico nordestino atuam como um nó altamente expressivo que quebra a hegemonia exclusiva do eixo Sul-Sudeste, conectando

importantes pesquisas de transformação digital e modelagem à realidade prática de mercado no Nordeste.

4.2.4 Estrutura Conceitual e Especialidades da Literatura Brasileira

Figura 19 - Nuvem de Palavras - Nacional



Fonte: Autor (2026)

A Nuvem de Palavras – brasileiras da Figura 20, joga luz sobre a identidade da pesquisa no país. Embora o termo “BIM” e “*Building Information Modeling*” mantenham papel de destaques (alinhados com tendência mundial), emergem com grande força palavras-chave regionais específicas como “Sustentabilidade”, “Alvenaria Estrutural”, “NBR 15575”, “Gestão de Resíduos” e “Construção Civil”. Essa configuração de termos prova que a literatura brasileira possui um forte viés prático e pragmático, direcionado para conformidade normativa e para otimização de métodos construtivos tradicionais de baixo custo, distanciando-se um pouco dos conceitos hiper tecnológicos de robótica e IA vistos na nuvem global.

Fonte: Autor (2026)

Por fim, a Rede de Coocorrência – brasileira da Figura 22, expõe de forma definitiva a fragmentação e o isolamento das nossas linhas de pesquisa. Diferente da rede global, onde os clusters são altamente integrados e interdependentes, a estrutura conceitual brasileira exhibe três grandes linhas dominantes e relativamente isoladas:

1. **O cluster de Modelagem Digital (BIM):** Altamente impulsionado pela indução estatal (Estratégia BIM BR), mas que, conforme o mapa conceitual revela, ainda patina de fortemente concentrado nas dimensões geométricas básicas (BIM 3D), enfrentando severas barreiras de transição para o BIM 4D e 5D devido à falta de integração com bancos de dados nacionais de custos, como o SINAPI.
2. **O cluster de Industrialização e Construção Off-site:** Que engloba estudos de pré-moldados e racionalização estrutural, mas que esbarra na rigidez de canteiros artesanais, na complexa matriz tributária interestadual brasileira que penaliza o componente industrializado e nos altos custos logísticos do transporte rodoviário.
3. **O cluster de Sustentabilidade Pragmática e Gestão de Resíduos:** Focado no desenvolvimento de novos ecoprodutos e reciclagem de RCD como estratégia de sobrevivência econômica a atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), visando estancar os históricos índices de desperdício da nossa mão de obra tradicional.

Este diagnóstico confirma a existência de um paradoxo estrutural no Brasil: a academia produz ciência alinhada aos pilares da Construção 4.0, mas o mercado real caminha em ritmo heterogêneo, gerando “ilhas de alta tecnologia” cercadas por um vasto contingente de empresas que ainda lutam para superar gargalos produtivos primários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo propôs-se a realizar uma revisão bibliométrica multinível acerca das inovações tecnológicas na indústria da construção civil, estabelecendo um paralelo crítico entre fronteira do conhecimento no panorama mundial e o real estágio de absorção dessas ferramentas no cenário brasileiro. Por meio da análise computacional de metadados das bases Scopus e Web of Science, operacionalizada no ecossistema R com o pacote Bibliometrix, foi possível quantificar e mapear as assimetrias competitivas que definem o setor edificado contemporâneo.

Os resultados alcançados na análise macro global evidenciam um crescimento exponencial de publicações a partir de 2018, consolidando a Construção 4.0 como um campo de pesquisa permanente e irreversível em escala internacional. Nesse sentido, potências como China, e os Estados Unidos atuam como eixos centrais de fomento e desenvolvimento científico, direcionando a literatura para integração logística entre o Building Information Modeling (BIM), a inteligência artificial, a robótica avançada e os gêmeos digitais. A fronteira da ciência mundial demonstra que a inovação no setor edificado já superou discussões isoladas, focando na previsibilidade sistêmica e na descarbonização das cadeias de suprimentos.

Em contrapartida, o aprofundamento da literatura brasileira revelou um paradoxo estrutural evidente. Embora a produção acadêmica nacional demonstre crescimento expressivo e conte com polos de excelência consolidados em universidades públicas, com destaque para o surgimento de importantes eixos colaborativos no Nordeste, a transposição desse conhecimento para o mercado prático ocorre em ritmo lento e heterogêneo.

Enquanto o ecossistema global caminha rumo à automação cibernética, a pesquisa e a prática no Brasil assumem um caráter eminente de sobrevivência econômica. As especialidades da literatura nacional concentram-se em responder a gargalos estruturais imediatos, tais como a conformidade com marcos normativos (ABNT NBR 15575), a amenização do desperdício de insumos em canteiros de obras tradicionais e o reaproveitamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) face à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Identificou-se que a adoção de tecnologias de fronteira no país é severamente retardada por barreiras macroeconômicas:

- A predominância de micro e pequenas empresas com margens de lucro estreitas e baixa capacidade de investimento em P&D+I;

- Os elevados custos de importação e licenciamento de softwares e componentes de automação cotados em moedas estrangeiras;
- A assimetria da infraestrutura digital e de conectividade (como 5G) no território nacional;
- A complexidade da matriz tributária e logística que penaliza sistemas construtivos industrializados e a construção modular off-site;
- O travamento da evolução das dimensões do BIM (4D e 5D) pela falta de integração nativa com bancos de dados de custos nacionais padronizados, como o SINAPI.

Conclui-se, portanto, que a distância estrutural do Brasil não ocorre de uma incapacidade científica da sua academia, mais sim de uma falha de acoplamento entre hélices do governo, da indústria e da universidade. O papel indutor do Estado através de marcos legais mostra-se indispensáveis, porém insuficiente se desacompanhado de políticas fiscais de incentivo e de modernização da base empresarial privada.

5.1 5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como limitações metodológicas inerente a este estudo, destaca-se a restrição do escopo de dados à bases Scopus e Web of Science, o que pode ter omitido produções de caráter regional, anais ou eventos de menor porte ou relatório técnicos de patentes industriais não catalogados nessas plataformas internacionais.

Para investigações futuras, recomenda-se realizar estudos bibliométricos complementares que incorporem bases de dados regionais e de livre acesso, como o “SciELO”, a fim de capturar a produção científica brasileira em canais não indexados nas grandes bases globais.

Assim como, desenvolver pesquisas de campo quantitativas (estudo de caso múltiplos), junto a construtoras de médio e pequeno porte fora do eixo Sul-Sudeste, mapeando o impacto dos Decretos Federais de BIM na rotina operacional do mercado do Nordeste.

6 REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley Moacyr. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

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

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. **Biblioshiny: The shiny interface for bibliometrix**. versão 4.0. Nápoles: University of Naples Federico II, 2026. Disponível em: <https://www.bibliometrix.org>. Acesso em: 31 mai. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRADFORD, Samuel Clement. **Sources of information on specific subjects**. Engineering, v. 137, p. 85-86, 1934.

BRASIL. Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. **Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling - Estratégia BIM BR**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 95, p. 2-4, 18 maio 2018.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. **Estabelece a utilização do Building Information Modeling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 65, p. 3-4, 3 abr. 2020.

BRASIL. Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. **Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação – REPES; [...] (Lei do Bem)**. Diário da União: seção 1, Brasília, DF, 22 nov. 2005.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 147, p. 3-7, 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. **Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação (Novo Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação).** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 12 jan. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Informativo Econômico CBIC: Cenário político-econômico e os impactos no mercado da construção civil.** Brasília: CBIC, 2024. Disponível em: <https://cbic.org.br>. Acesso em: 15 mai. 2026.

CARIOCA, Alan de Oliveira et al. **Desafios e barreiras para a implementação da Construção 4.0 no mercado brasileiro: uma revisão integrativa.** Revista de Engenharia e Tecnologia Civil, v. 8, n. 2, p. 45-58, 2021.

CHRISTENSEN, Clayton M. **O dilema da inovação: quando as novas tecnologias levam empresas líderes ao fracasso.** São Paulo: M. Books, 2013.

DONTHU, Naveen et al. **How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines.** Journal of Business Research, v. 133, p. 285-296, 2021.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. **The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations.** Research Policy, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores Trimestrais do PIB: Contas Nacionais Trimestrais.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

JOHN, Vanderley Moacyr; REIS, Lara Oliveira. **Análise do Ciclo de Vida (ACV) de materiais da construção civil brasileira: pragmatismo e ecoeficiência.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 87-101, 2014.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report, n. 72. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, 1992.

LOTKA, Alfred James. **The frequency distribution of scientific productivity**. Journal of the Washington Academy of Sciences, v. 16, n. 12, p. 317-323, 1926.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Manual de Oslo 2018: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 4. Ed. Paris: OCDE/Eurostat, 2018.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2026. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 31 mai. 2026.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SOUZA, Roberto de. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de serviços na construção civil**. São Paulo: PINI, 2000.

ZIPF, George Kingsley. **Human behavior and the principle of least effort: an introduction to human ecology**. Cambridge: Addison-Wesley, 1949.

ZUPIC, Ivan; CATER, Tomaz. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Campina Grande - Código INEP: 25137409
	R. Tranquílino Coelho Lemos, 671, Dinamérica, CEP 58432-300, Campina Grande (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0003-37 - Telefone: (83) 2102.6200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Emanuel Nascimento
Tipo do Documento:	Dissertação
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Emanuel Cunha do Nascimento, DISCENTE (202111220031) DE TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS - CAMPINA GRANDE, em 15/07/2026 16:25:32.

Este documento foi armazenado no SUAP em 15/07/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1913458
Código de Autenticação: e6657b3d19

