

## **Certificações de sustentabilidade em canteiro de obras: uma revisão sistemática da literatura**

*Sustainability certifications at construction sites: a systematic literature review*

*Certificaciones de sustentabilidad en obras de construcción: una revisión sistemática de la literatura*

### **Lucas Broggio**

Engenheiro Civil, Mestrando PPGE Civ/UFSCar, Brasil  
lbroggio@hotmail.com

### **Sheyla Mara Baptista Serra**

Professora Doutora, PPGE Civ/UFSCar, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

### **Clarissa Notariano Biotto**

Professora Doutora, DAUD/UFC, Brasil.  
clarissa.biotto@daud.ufc.br

## RESUMO

O mercado da construção vem buscando empreendimentos mais sustentáveis, principalmente devido a exigência nos financiamentos e adesão de contratos públicos, reduzindo custos na produção e atingindo novos consumidores. O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão sistemática da literatura quantitativa de indicadores de sustentabilidade e identificar como a pesquisa acerca de sustentabilidade na construção civil tem evoluído e quais as tendências para estudos futuros. O método proposto neste trabalho consiste no levantamento de pesquisas nas bases Scopus, Scielo e Science Direct com a temática de indicadores ambientais em obras, certificações ambientais em obras e análise das ferramentas de gestão de recursos nos canteiros de obra. Foram utilizados os softwares VOSviewer e StArt (desenvolvido e fornecido pela instituição UFSCar) para análise quantitativa dos documentos. Os resultados demonstraram que houve uma crescente dos trabalhos nessa área, concentrados nos últimos dez anos e também identificou que há uma ausência de métodos quantitativos para análise ambiental em canteiro de obras. Deste modo, este trabalho expõe o crescimento do conhecimento nos indicadores ambientais, certificações e métodos de avaliação da sustentabilidade na construção civil. Assim foram apresentados os principais avanços para o conhecimento dos últimos anos, havendo como tópicos mais investigados a gestão de projetos; avaliações ambientais e de energia; certificações mais relevantes, como o LEED e BREEAM.

**PALAVRAS-CHAVE:** Revisão sistemática da literatura; Sustentabilidade; Construção Civil; Certificação Ambiental.

## SUMMARY

*The construction market has been looking for more sustainable projects, mainly due to the demand for financing and adherence to public contracts, reducing production costs and reaching new consumers. This article aims to present a systematic review of the quantitative literature on sustainability indicators and to identify how research on sustainability in the construction industry has evolved and what the trends are for future studies. The method proposed in this work consists of surveying research in the Scopus, Scielo, and Science Direct databases with the theme of environmental indicators in positions, environmental certifications in results, and analysis of resource management tools at construction sites. In addition, the VOSviewer and StArt software (developed and supplied by the UFSCar institution) were used to analyze the documents quantitatively. The results showed a growing number of works in this area, concentrated in the last ten years, and identified a lack of quantitative methods for environmental analysis at the construction site. In this way, this work exposes the growth of knowledge on environmental indicators, certifications, and sustainability assessment methods in civil construction. Thus, significant advances in knowledge in recent years were presented, with the most investigated topics being project management; environmental and energy assessments; more relevant certifications, such as LEED and BREEAM.*

**KEYWORDS:** Systematic literature review; Sustainability; Construction; Environmental Certification.

## RESUMEN

*El mercado de la construcción ha estado buscando proyectos más sustentables, principalmente por la demanda de financiamiento y apego a los contratos públicos, reduciendo costos de producción y llegando a nuevos consumidores. El objetivo de este artículo es presentar una revisión sistemática de la literatura cuantitativa sobre indicadores de sustentabilidad e identificar cómo ha evolucionado la investigación sobre sustentabilidad en la construcción civil y cuáles son las tendencias para futuros estudios. El método propuesto en este trabajo consiste en encuestar investigaciones en las bases de datos Scopus, Scielo y Science Direct con el tema de indicadores ambientales en obras, certificaciones ambientales en obras y análisis de herramientas de gestión de recursos en obras. Para el análisis cuantitativo de los documentos se utilizaron los software VOSviewer y StArt (desarrollados y suministrados por la institución UFSCar). Los resultados mostraron que hubo un número creciente de obras en esta área, concentrado en los últimos diez años y también identificaron que hay una falta de métodos cuantitativos para el análisis ambiental en el sitio de construcción. De esta forma, este trabajo expone el crecimiento del conocimiento sobre indicadores ambientales, certificaciones y métodos de evaluación de la sustentabilidad en la construcción civil. Así, se presentaron los principales avances para el conocimiento en los últimos años, siendo los temas más investigados la gestión de proyectos; evaluaciones ambientales y energéticas; certificaciones más relevantes, como LEED y BREEAM.*

**PALABRAS CLAVE:** Revisión sistemática de la literatura; Sustentabilidad; Construcción civil; Certificación Ambiental.

## 1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, temos que a indústria da construção proporciona alguns benefícios a sociedade, como empregar mão de obra pouco qualificada e tem uma participação grande no índice do PIB (Produto Interno Bruto) nacional. Entretanto, é um dos setores com maior consumo de recursos naturais e defasada em relação a preocupação ambiental e sustentabilidade (ZEULE, 2014). A construção civil é a indústria que mais gera resíduo e consome cerca de 75% dos recursos naturais (CBSC, 2007) e os resíduos gerados somam cerca de 45 a 65% da massa total (ALWAN et al., 2017), tornando-se um dos maiores causadores da poluição ambiental. Além desse fato, pouco se aplica, na prática, soluções sustentáveis, reciclagem de resíduos ou implantação de tecnologias mais eficientes.

Os aspectos citados anteriormente justificam a necessidade da disseminação e emprego do conceito de edifício verde, que pode ser descrito como aquele que em sua fase de construção e de ocupação utiliza menos água, otimiza a eficiência energética, minimiza o uso de recursos naturais, produz menos resíduos e oferece ambientes mais saudáveis para os usuários, em comparação com um edifício convencional (KHESE; HEDAOO, 2011). Em Almeida (2018), observou que a maior parte das empresas consideraram importante reduzir os desperdícios na etapa de execução da obra, entretanto poucas dessas construtoras possuem indicadores que quantificam esses fatores. Ainda fez a associação desse fato à falta de uma metodologia sistemática eficiente e de baixo custo. Para Gehlen (2008), para se atingir uma cadeia produtiva sustentável de obras deve ser aplicadas ações estratégicas, explicitadas nos seguintes tópicos: compra responsável; relação com a comunidade; gestão de saúde e segurança ocupacional; projeto de gestão da qualidade; redução das perdas de materiais; gestão de resíduos sólidos; uso e ocupação do solo (implantação do canteiro); consumo de água; consumo de energia e transporte; conservação de fauna e flora local; e educação dos colaboradores.

As dificuldades para implementar a certificação verde em edifícios se encontram principalmente nas etapas operacionais, utilizando como base uma análise dos critérios de avaliação das ferramentas internacionais de classificação de construções sustentáveis. As principais barreiras para obtenção dos selos ambientais são: regulamentações governamentais; incapacidade do mercado de proteger os interesses dos desenvolvedores e a falta de qualificação técnica na área (Ding, Z. et al., 2018). Os sistemas de certificação ambiental estão baseados em fatores, em sua maioria, subjetivos, demorados e caros. A inspeção visual é o método mais empregado na avaliação de edifícios e poderia ser complementada com equipamentos de Ensaios Não Destrutivos (NDT), fornecendo dados mais confiáveis e menos subjetivos (FAQIH; ZAYED, 2021). Segundo Provenzano e Bastos (2017), não existe um selo verde unificado dos fatores sustentáveis nas construções brasileiras. Em 2003 foi criado pela Eletrobrás/Procel o selo PROCEL Edifica, que foi o primeiro com a finalidade de classificar o nível de eficiência energética em uma edificação. Posteriormente, em 2010 a Caixa Econômica Federal lança o Selo Casa Azul da CAIXA, apenas para imóveis residências, com intuito de promover a racionalização de recursos no setor da construção.

A implementação de mecanismos para estudo do consumo de eletricidade nos edifícios é um avanço considerável e proporciona benefícios para o setor de construções e para a população no Brasil. O Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído (LABCON), acreditado para verificação dos selos PROCEL/ELETOBRAS, demonstrou efeitos positivos na aplicação e principalmente aceitação pela população e pelo mercado.

Porém, destaca-se a necessidade do amadurecimento do mercado de edificações e dos projetistas em buscar aplicar essas ferramentas (SOUZA et al., 2011).

No trabalho de Díaz López et al. (2019) foi feita uma revisão da literatura sobre os principais métodos de avaliação ambiental em obras, identificando as características, estrutura e abordagens. Com base na análise dos resultados concluiu que cada método separado não abrange todos atributos da construção sustentável, muitos avaliam o consumo de energia e qualidade do ambiente, entretanto poucos consideram os aspectos sociais e econômicos envolvidos.

Em relação às metodologias de análise de sustentabilidade em obras, existe uma defasagem nas métricas para avaliar a sustentabilidade na indústria da construção. As principais contribuições encontradas na literatura são em relação ao material empregado, avaliação de sustentabilidade e energia; a metodologia mais utilizada (LCA) e a certificação ambiental (LEED). Todavia, os fatores sociais e econômicos ainda estão pouco abordados, também se notou uma defasagem nas etapas de operação e manutenção das obras, já que a maioria dos trabalhos enfocam a fase de planejamento e execução (LIMA et al., 2021).

No que se refere aos certificados ambientais, do ponto de vista quantitativo a categoria de “energia” é sempre a que possui maior peso na classificação, exceto no selo CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency), onde a maior pontuação é para “Conforto e segurança”. Nos aspectos qualitativos as macroáreas “Energia” e “Água” são comuns a todas as certificações. O estudo apontou que as ferramentas de certificação não são homogêneas de ambos os pontos de vista (MATTONI et al., 2018).

## **2 OBJETIVO**

Este artigo apresenta um estudo de revisão sistemática da literatura com o objetivo de fornecer uma visão do atual estado do conhecimento relacionado à sustentabilidade na indústria da construção civil e às pesquisas recentes de indicadores e certificações ambientais, expondo as possibilidades de pesquisa nessa temática e fomentar projetos nessa temática. A estrutura deste artigo dá-se da seguinte forma: uma introdução, que apresenta a contextualização, a relevância do tema e as contribuições de estudos anteriores. Seção 2 apresenta o objetivo da pesquisa. A Seção 3 apresenta os conceitos de indicadores ambientais para o canteiro de obras. Seção 4 apresenta a metodologia utilizada e as etapas do RSL. A Seção 5 apresenta os resultados e resume as principais contribuições deste artigo. Finalmente, a Seção 6 aponta as principais conclusões.

## **3 INDICADORES AMBIENTAIS PARA O CANTEIRO DE OBRAS**

Pode-se definir o canteiro de obras a área fixa e temporária, onde serão desenvolvidas as operações de execução e de apoio para a obra, conforme a descrição da Norma Regulamentadora (NR) 18 (BRASIL, 2014). O sistema de indicadores a ser implementado no canteiro de obras deve possuir alguns requisitos para sua eficiência, dentre eles estão a clareza de seus objetivos, facilidade na compreensão, capacidade de disseminação na sociedade e auxiliar na tomada de decisões (RIBEIRO, 2002).

Com base em uma análise de literatura, pode-se encontrar uma escassez de trabalhos relacionados aos indicadores de sustentabilidade voltados para o canteiro de obras. No âmbito

internacional evidencia-se a o trabalho de Mattoni et al. (2018) que mapeia as macroáreas fundamentais para sustentabilidade na construção, que são: canteiro, água, energia, conforto e segurança, materiais e qualidade ao ar. Também se destaca o artigo de Gangolles et al. (2009), que evidencia essa lacuna de estudos na área de indicadores de boas práticas ambientais no canteiro de obras. Entre os indicadores de sustentabilidade em canteiros de obras levantados pelos autores, ressaltam-se os seguintes: volume de material escavado; quantidade de fluidos tixotrópicos por m<sup>2</sup>; quantidade de concreto; média de trabalhadores diários; volume de material escavado destinado a aterros; consumo de água (GANGOLLES et al. 2009).

Dentre as pesquisas nacionais sobre indicadores em construção civil, destaca-se os trabalhos de Priori Júnior (2011) e Thomas e Costa (2017) que possuem enfoque na gestão ambiental e eficiente de obras nas etapas construtivas. Os indicadores mais representativos propostos por Priori Júnior (2011) são os seguintes: Racionalização no consumo de água e energia; Desperdício e reaproveitamento de materiais; Capacitação dos operários com reflexos na diminuição do retrabalho; Produtividade; Conscientização dos funcionários para preservação do meio ambiente através da mudança de hábitos na obra e em casa; Bem-estar do funcionário no seu ambiente de trabalho; Retenção de funcionários e diminuição da rotatividade; Valorização do funcionário dentro da empresa; Número de dias de afastamento do trabalho; Relação com a vizinhança.

Entretanto, os indicadores sugeridos pelo autor não apresentam uma indicação de fatores quantitativos que viabilizem uma descrição objetiva, deixando os conceitos vagos e sem apresentar o cálculo ou unidades para aferir as medidas. Priori Júnior (2011) descreve o processo para racionalização de água, por exemplo, aferir e controlar o consumo regularmente e fazer a correspondência de operários na etapa construtiva em andamento, sem apresentar o formulário necessário para calcular esses dados. Por outro lado, Thomas e Costa (2017) atingiram indicadores voltados ao baixo impacto ambiental em obras por meio de índices que expressam proporcionalidade e facilitam análises quantitativas, são eles: Índice de consumo (IC); Índice de resíduos (IR); Índice de poluição água, solo e ar (IP); Índice de saúde e segurança (ISS); Índice instalações provisórias (IIP); Índice interfaces exterior (IIE); Indicador de Boas práticas para canteiro de obra de baixo impacto ambiental (BPCBI).

Relativo às sugestões de indicadores em índices, pode-se inferir que representam uma ferramenta importante na gestão sustentável da obra e facilitam a eficiência nos processos construtivos, indicando os pontos a serem otimizados utilizando check lists. Entretanto, não apresentam dados de referência para comparação em outras obras.

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

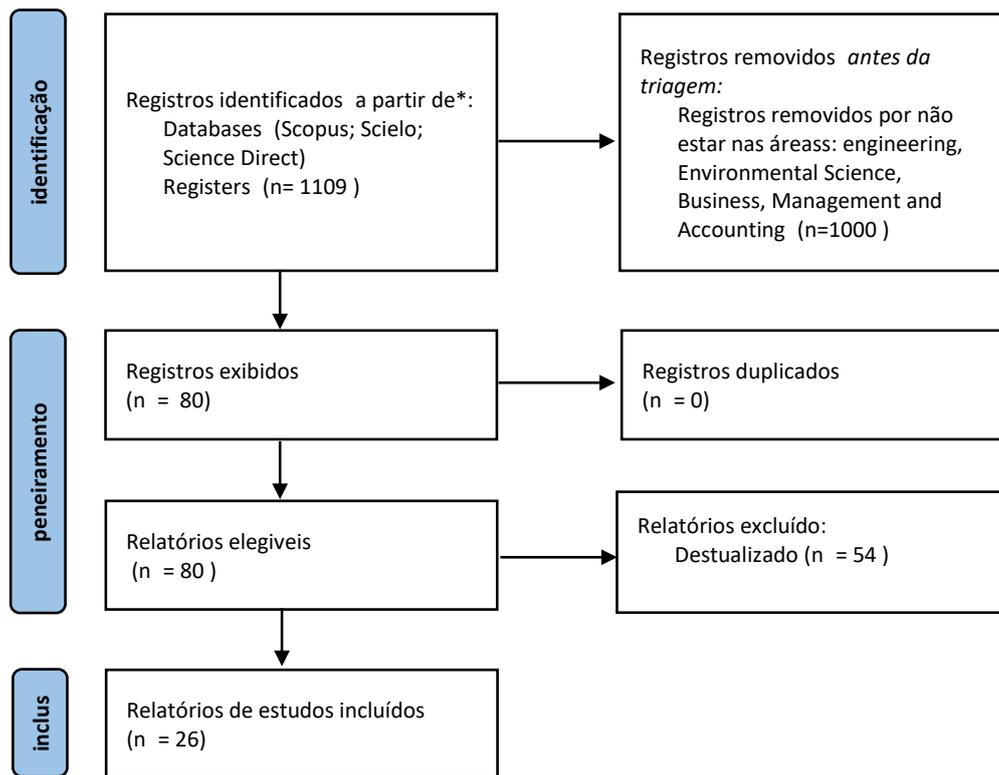
A RSL sobre indicadores de sustentabilidade na indústria da construção civil foi baseada no método quantitativo empregado por Seuring e Müller (2008), constituído em quatro etapas: coleta, análise descritiva, seleção das categorias e avaliação do material. Esse procedimento de revisão sistemática de literatura permite a replicabilidade para identificar, selecionar e avaliar artigos na literatura sobre o tema das pesquisas estudadas.

Em todas as bases de artigos foram utilizados os mesmos métodos de busca, utilizando primeiramente todo o período de publicação e depois restringindo ao ano atual (2022) e os cinco anos anteriores, intervalo de 2016 a 2021. Também foram utilizados três grupos de strings de pesquisa, devidamente adaptada para cada base, julgados como essenciais ao tema proposto,

que foram: o primeiro foi relacionado ao canteiro de obras ("construction site" ou "build site"); o segundo referente ao meio ambiente e sustentabilidade ("environment" ou "sustainability"); o terceiro relativo aos selos e certificações ambientais ("certification green" ou "seal green" ou "rating green").

Foi criado o fluxograma baseado no protocolo PRISMA, onde na etapa de identificação contém todos os artigos encontrados nas áreas temáticas de interesse, no peneiramento são removidos os arquivos desatualizados. Por fim, para os arquivos inclusos é realizada a leitura e análise completa.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA.



Fonte: Próprio autor, 2022.

A primeira base de artigos utilizada foi a Scopus, onde foi aplicada os filtros já citados e retornou os seguintes resultados: 41 artigos para todo o período (mais antigo 2003) e para o período especificado foram 8 artigos. A segunda base de artigos utilizada foi a Scielo, onde foram aplicados os filtros já citados e não teve nenhum artigo encontrado com o filtro de “selos e certificações ambientais”, que foi removido e então obteve-se os seguintes resultados: 24 artigos para todo o período (mais antigo 2008) e para o período especificado foram 9 artigos. A última base de artigos utilizada foi a Science Direct, onde foi aplicada os filtros já citados e retornou os seguintes resultados: 15 artigos para todo o período (mais antigo 1994) e para o período especificado foram 9 artigos. O Quadro 1 a seguir apresenta o resumo dos artigos encontrados com as respectivas bases e strings utilizadas.

Quadro 1: Quantidade de artigos encontrados em cada base e suas respectivas formatações de strings e período analisado.

Base	String	Resultado	Período
Scopus	(construction AND site OR build AND site) AND (environment OR sustainability) AND (certification AND green OR seal AND green OR rating AND green)	41	2003-2021
		8	2016-2021
Scielo	((construction site) AND (environment OR sustainability OR green))	24	2008-2021
		9	2016-2021
Science Direct	("construction site" OR "build site") AND (environment OR sustainability) AND ( "certification green" OR "seal green" OR "rating green" )	15	1994-2021
		9	2016-2021
Total		80	1994-2021
		26	2016-2021

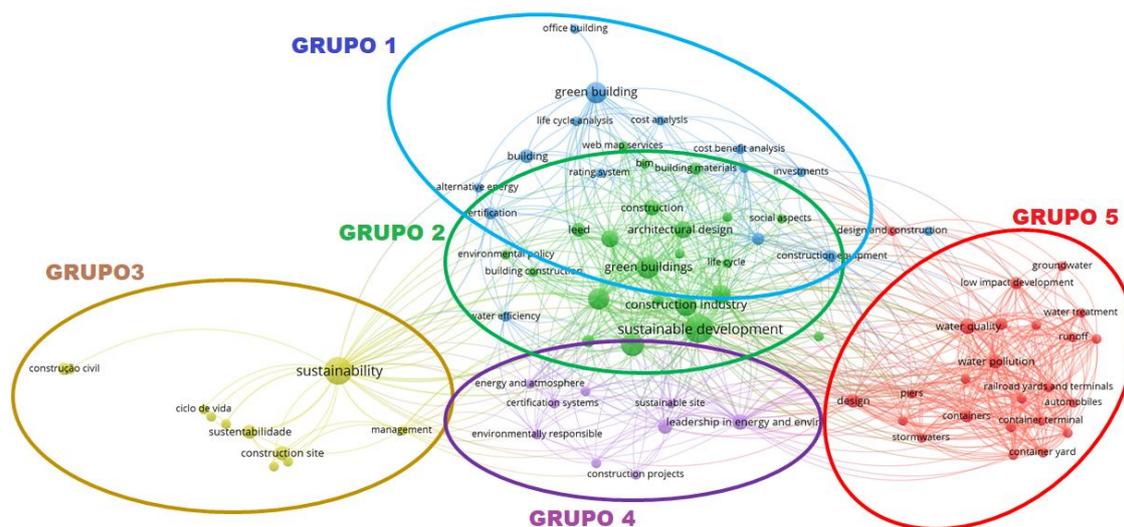
Fonte: Os autores, 2022.

Os resultados das bases foram exportados e posteriormente inseridos em softwares de análise do resultado. Em seguida à avaliação e apuração dos artigos, foi realizada a meta-análise pelos softwares VOSviewer e com o StArt (desenvolvido e fornecido pela instituição UFSCar), contendo as informações das pesquisas levantadas e incluíam os autores, os títulos, as palavras-chave dos 80 documentos. Com o StArt foi possível organizar os manuscritos em três etapas: planejamento, execução e publicação (FABBRI et al., 2016). Dessa maneira, foram produzidos os mapas de dados, na qual o tamanho do círculo identifica a relevância do item e as linhas correspondem à ligação entre os elementos analisados (ECK; WALTMAN, 2017). Ao final foi desenvolvida uma avaliação qualitativa com o intuito de apresentar as principais indagações relativas a indicadores usados em certificações ambientais no setor da construção civil, principalmente direcionados a aplicabilidade no canteiro de obras.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando a ferramenta VOSviewer, segundo as recomendações expostas em Eck e Waltman (2017), produziu-se a imagem da Figura 2 que apresenta a coocorrência das palavras-chave mais empregadas nos documentos encontrados. Cada nó representa uma palavra-chave e seu tamanho a frequência, as linhas retratam a ligação entre elas quanto ao seu emprego simultâneo em um documento e as cores são baseadas nos padrões de coocorrência.

Figura 2—Análise de cocorrência de palavras-chave organizadas por grupos

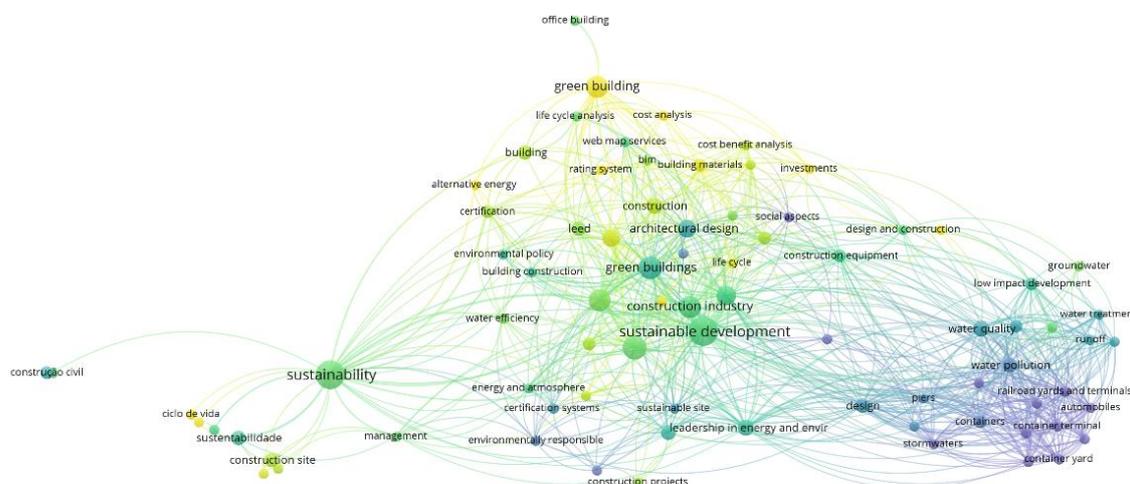


Fonte: Os autores, 2022.

Identificou-se cinco grupos maiores em que as palavras-chave aparecem e analisando-se a média de utilização, compreende-se que o grupo 1 volta-se às pesquisas ligadas a área de edifícios verdes, análise de viabilidade e certificação ambiental. O grupo 2 tende a pesquisas realizadas para o desenvolvimento sustentável da indústria de construção. Nota-se que os grupos 1 e 2 se mesclam e se relacionam entre suas temáticas. No grupo 3 percebe-se a tendência de avaliar a gestão de sustentabilidade na construção civil. O grupo 4 desenvolve pesquisas voltadas para o projeto de construção e de canteiro de obras voltado para a sustentabilidade. Por fim, os trabalhos do grupo 5 investigam desenvolvimento com baixo impacto.

Na Figura 2 tem-se a representação do mapa de análise temporal das palavras-chave, onde as cores representam a média dos anos de publicação com maior ocorrência das expressões.

Figura 3 - Análise temporal de cocorrência de palavras-chave.

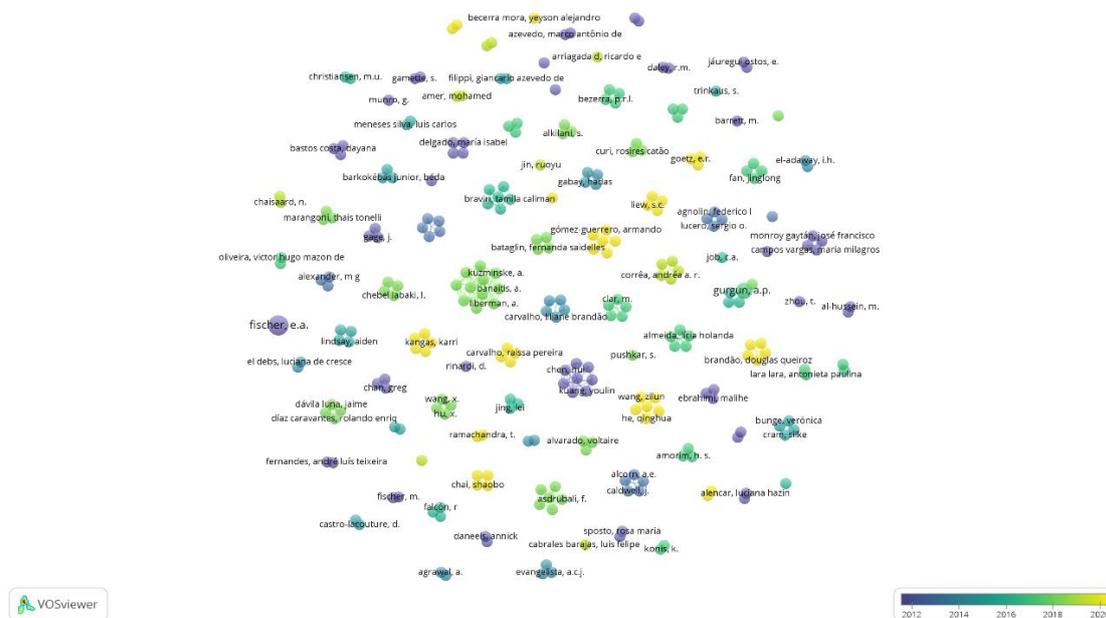


Fonte: Os autores, 2022.

Verifica-se que os termos mais relevantes, com maiores nós, foram encontrados a partir de 2015. Também é possível notar que as pesquisas mais antigas estão, em sua maioria, concentradas no grupo 5, voltados para qualidade ambiental e poluição da água e mais distantes do tema foco deste artigo de indicadores ambientais na construção civil. Os estudos mais recentes se distribuem nos grupos 1, 2 e 3, demonstrando um aumento da investigação de edifícios verdes. Nota-se também que os termos mais empregados foram relacionados ao desenvolvimento sustentável da construção civil e evidenciando uma preocupação em tornar a construção civil menos agressiva ao meio ambiente.

A Figura 3 exibe o mapa dos principais autores na temática e suas interligações ao longo dos anos. A rede é formada por uma análise de citações que correspondem a quantidade de citações em que os autores citam uns aos outros, o nó indica autor referenciado, o tamanho a quantidade de citações em que aparece e a cor representa a média do ano das publicações. Para a análise foram coletados artigos de 282 autores, considerando pelo menos uma citação em um artigo publicado. Pode ser observado que os autores fazem cocitação em pequenos grupos de no máximo 11 autores.

Figura 4 – Análise temporal de citação dos autores.

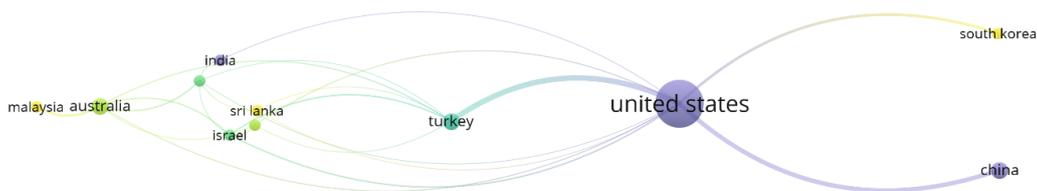


Fonte: Os autores, 2022.

Com uma análise aprofundada, foi observado que os autores com maior número de citações são do artigo de Mattoni et al. (2018), com 106 citações na área. Também tem -se que Fischer é autor com mais publicações na área.

A seguir, é apresentado na Figura 5 uma análise das cocitações entre os países ao longo dos anos, com a mesma representação descrita anteriormente. Estão incluídos nove países com pelo menos um artigo citado.

Figura 5 –Análise temporal de citação entre países



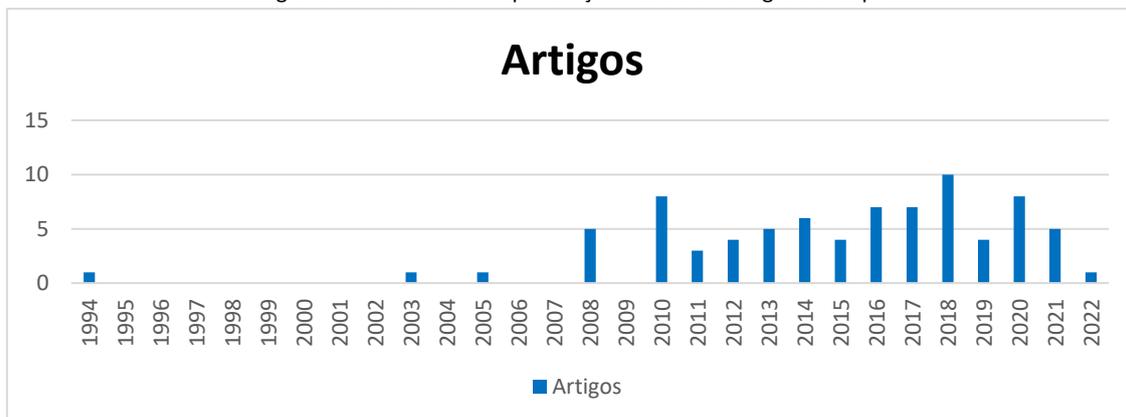
Fonte: Os autores, 2022.

Pode-se notar que o país com maior número de publicações e citações é os Estados Unidos. A Índia e a China possuem a média mais antiga de documentos. Os países com publicações mais recentes são Coréia do Sul, Malásia e Sri Lanka.

A rede bibliométrica apresentada evidencia um crescente interesse de países orientais em desenvolver sistemas e ferramentas de sustentabilidade em construções. Da mesma maneira, infere-se que estão em desenvolvimento e necessitam racionalizar recursos para um crescimento sustentável.

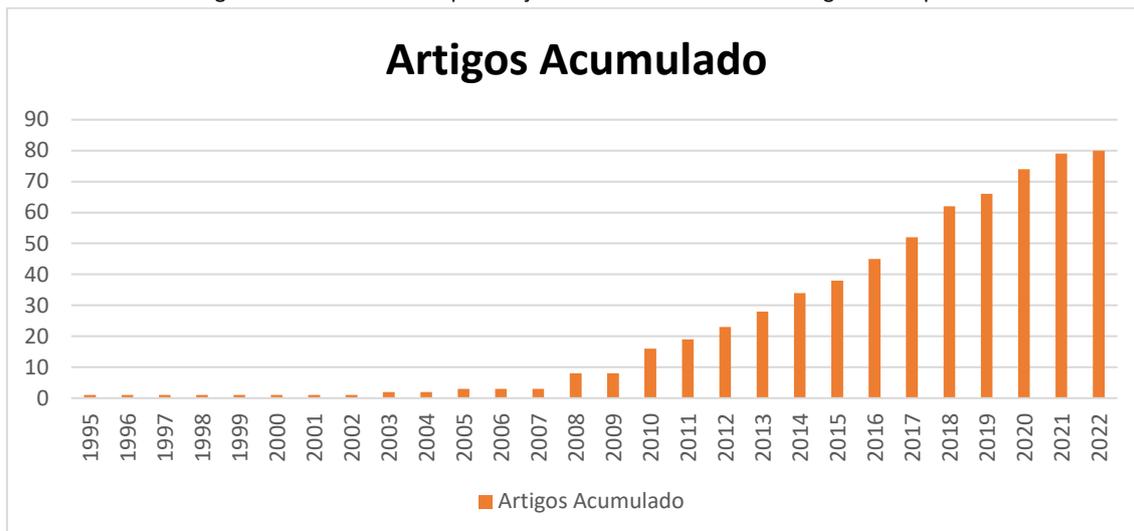
Avaliando a Figura 6 e Figura 7, referente à quantidade de publicações anuais e acumuladas, infere-se que a partir de 1994 o tema começou a ser aprofundado e surgiu o interesse ambiental nas construções. Entretanto, o assunto começou a ser difundido e amplamente estudado após 2008. O ano com a maior atenção ao tema foi 2018, com 10 publicações, mostrando que os estudos são recentes e a temática ainda precisa de um maior amadurecimento. O quantitativo foi baseado nos resultados obtidos nas três bases selecionadas: Scopus, Scielo e Science Direct.

Figura 6 – Quantidade de publicações anuais ao longo do tempo.



Fonte: Os autores, 2022.

Figura 7 – Quantidade de publicações anuais acumuladas ao longo do tempo.



Fonte: Os autores, 2022.

## 5.1 Grupos de Palavras-Chave

A seguir será apresentado o Quadro 2, contendo a quantidade e os autores de artigos identificados em cada grupo de palavras-chave subdividindo em áreas temáticas. Os artigos encontrados relacionados com metodologias de sustentabilidade em canteiro de obras se relacionam com os subgrupos de acordo com a somatória dos termos mais pesquisados nos últimos anos no meio acadêmico.

Conforme é possível observar no Quadro 2 a seguir, existe uma maior quantidade de estudo que se concentra na área do desenvolvimento sustentável da indústria de construção civil, seguido pelas propostas de inovação nos métodos de gestão da sustentabilidade no setor de construção civil.

Quadro 2: Sugestões de Pesquisa de acordo com os critérios de análise.

Grupo:	Temas:	Artigos:	Autores:
<b>Grupo 1</b>	Edifícios verdes, análise de viabilidade e certificação ambiental	4	(GURGUN, ARDITI; 2018); (KAISA et al.; 2020); (KAKLAUSKAS et al.; 2018); (MARQUES et al., 2017)
<b>Grupo 2</b>	Desenvolvimento sustentável da indústria de construção	7	(CARDOSO MOURA CORDEIRO et al.; 2020); (GURGUN et al.; 2016); (QINGHUA et al.; 2020); (REMIZOV et al.; 2021); (ROUZBEH SHAD et al.; 2017); (WEERASINGHE, RAMACHANDRA, 2020); (XUAN QIN et al.; 2016)
<b>Grupo 3</b>	Gestão de sustentabilidade na construção civil	5	(ENSHASSI et al.; 2018); (ESMAEIL; DORS, 2020); (PUSHKAR, 2018); (MEHDI; ALIREZA, 2021)
<b>Grupo 4</b>	Projeto de construção e de canteiro de obras voltado para a sustentabilidade	3	(KAIFANG LUO et al.; 2021); (OLIVEIRA FERNANDEZ et al.; 2018); (THOMAS; COSTA; 2017)
<b>Grupo 5</b>	Desenvolvimento com baixo impacto	4	(FERRETTI.; 2016); (GOMES et al.; 2017); (KHOSHDELNEZAMIHA et al.; 2020); (QUAN et al.; 2020)

Fonte: Os autores, 2022.

## 5.2 Sugestões de pesquisa

Dentre as pesquisas mais relevantes levantadas, foi possível selecionar as principais oportunidades de pesquisas sugeridas pelos autores. Essas sugestões de pesquisa foram organizadas e apresentadas a seguir:

Para Remizov et al. (2021) deve-se buscar uma estrutura consistente para analisar o sistema de classificação existente e a aplicabilidade dos critérios à realidade local. Além disso, as ferramentas existentes devem ser simplificadas para reduzir os custos de treinamento dos especialistas.

Mehdi e Alireza (2021) sugerem que estudos futuros explorem mais indicadores quantitativos que justifiquem vários aspectos da sustentabilidade e resiliência associados ao domínio energético da construção. A recomendação dos autores são gestão de água, gestão de resíduos e painéis solares.

Weerasinghe e Ramachandra (2020) recomendam para estudos futuros comparar o Custo do ciclo de vida (LCC em inglês Life Cycle Cost) de edifícios verdes comparados com os dos convencionais.

Em Almeida (2018) traz-se o questionamento de como implementar um Sistema de Indicadores para Gestão Sustentável (SIGS) para canteiro de obras industriais ou de infraestrutura que considere a sua fase atual de desenvolvimento.

Em Lima et al. (2021) são apresentadas sugestões para trabalhos futuros e para desenvolvimento de metodologias quantitativas para avaliar a sustentabilidade na indústria da construção civil.

## 6 CONCLUSÃO

Este estudo discorreu sobre uma revisão sistemática da literatura acerca das pesquisas publicadas no tema de “Indicadores ambientais na construção civil”, abordando as palavras-chave mais empregadas, autores e países com mais publicações sobre o assunto e a evolução ao longo do tempo.

Concluiu-se que as pesquisas são recentes e inicialmente focavam em análise de desenvolvimento com baixo impacto ambiental e foram se desenvolvendo para os sistemas de certificações de construção baseadas em indicadores ambientais. No processo evolutivo, outras vertentes surgiram como a gestão sustentável, construção verde e desenvolvimento sustentável, demonstrando o amadurecimento da indústria nas questões ambientais e preocupações com os impactos gerados. Também se constata a importância das certificações ambientais como base indispensável para o desenvolvimento de estudos, assim como a preocupação com racionalização de água e energia nos canteiros terem maior impacto na classificação de sustentabilidade.

Percebeu-se também neste estudo que ainda são poucos os países com trabalhos na área, assim como a interação entre os autores é restrita a poucos estudos e pesquisadores. Os Estados Unidos se mostraram o maior polo de pesquisas no tema, observando-se uma escassez de pesquisas no restante do mundo. O foco de documentos na última década representa uma crescente preocupação do setor em buscar eficiência por meio da sustentabilidade. Por fim, entende-se que ainda existem lacunas a serem exploradas no conhecimento de indicadores ambientais na construção civil visto a crescente, ainda que discreta, de publicações voltadas a

aperfeiçoar o projeto e gestão das etapas construtivas.

## 7 Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## 8 Referências

ALMEIDA, L. DE B. **Desenvolvimento e implementação de sistema de indicadores para gestão sustentável em canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal da Bahia, 2018.

ALWAN, Z.; JONES, P.; HOLGATE, P. Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework for strategic sustainable development, using Building Information Modelling. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 349–358, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.085>

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Legislação – Norma Regulamentadora nº 18 /Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, 2014c - Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978**.

Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-18.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2021.

**Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBSC)**. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/>>.

DÍAZ LÓPEZ, C.; CARPIO, M.; MORALES, M. M.; ZAMORANO, M. A comparative analysis of sustainable building assessment methods. **Sustainable Cities and Society**, v. 49, 2019.

DING, Z.; FAN, Z.; TAM, V. W. Y.; BIAN, Y.; LI, S.; ILLANKOON, I. M. C. S.; MOON, S. Green building evaluation system implementation. **Building and Environment**, v. 133, p. 32–40, 1 abr. 2018.

ECK, N.J. VAN; WALTMAN, L., 2017. **VOSviewer Manual**. Disponível em: <[https://www.vosviewer.com/documentation/Manual\\_VOSviewer\\_1.6.6.pdf](https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.6.pdf)>.

FABBRI, S., SILVA, C., HERNANDES, E., OCTAVIANO, F., THOMMAZO, A.D., BELGAMO, A. **Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process**. In: Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. ACM Press, pp. 1–5, 2016.

FAQIH, F.; ZAYED, T. A comparative review of building component rating systems. **Journal of Building Engineering**, v. 33, n. May 2020, p. 101588, 2021.

GANGOLELLS, M.; CASALS, M.; GASSÓ, S.; FORCADA, N.; ROCA, X.; FUERTES, A. A methodology for predicting the severity of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. **Building and Environment**. V.44, n.3, p.558-571, 2009.

GEHLEN, J. **Construção Da Sustentabilidade Em Canteiros De Obras – Um Estudo No DF**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, 2008.

GUTIERREZ, D. M.; SCAVARDA, L. F.; FIORENCIO, L.; MARTINS, R. A. (2015) Evolution of the performance measurement system in the Logistics Department of a broadcasting company: An action 164 research. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 160, p.1- 12, fev. 2015. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.08.012>.

LIMA, L.; TRINDADE, E.; ALENCAR, L.; ALENCAR, M.; & SILVA, L. Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature. **Journal of Cleaner Production**, v. 289, 2021.

MATTONI, B.; GUATTARI, C.; EVANGELISTI, L.; BISEGNA, F.; GORI, P.; ASDRUBALI, F.. 2018. Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 82, p.950–960, 2018.

- MEHDI, G.R.; ALIREZA (2021). A framework for identifying the appropriate quantitative indicators to objectively optimize the building energy consumption considering sustainability and resilience aspects. **Journal of Building Engineering: Volume 44**, December 2021, 102974. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.102974>
- MOHER D, COOK DJ, EASTWOOD S, OLKIN I, RENNIE D, STROUP DF. Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: the QUOROM statement. **Quality of Reporting of Meta-analyses**. *Lancet*. 1999;354(9193):1896-900
- PRIORI JUNIOR, L. **Estudo exploratório sobre gestão mais sustentável em canteiros de obras na Região Metropolitana do Recife**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife, 2011.
- PROVENZANO, D. D. C.; BASTOS, L. E. G. Avaliação Da Sustentabilidade De Um Empreendimento De His Do Pmcmv, Através Do Selo Casa Azul. **MIX Sustentável**, v. 3, n. maio 2017, p. 14–23, 2017.
- REMIZOV, A., TUKAZIBAN, A., YELZHANOVA, Z., JUNUSSOVA, T., KARACA, F. Adoption of green building assessment systems to existing buildings under kazakhstani conditions **Buildings**, **11 (8)**, art. no. 325, 2021. <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/8/325/pdf>. DOI: doi:10.3390/buildings11080325
- RIBEIRO, A. **Modelo de indicadores para mensuração do desenvolvimento sustentável na Amazônia**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Pará/NAEA/PDTU. Belém, 2002.
- SAN-JOSÉ, J. T.; R. Losada, R.; Cuadrado, J.; Garrucho, I. Approach to the quantification of the sustainable value in industrial buildings. **Building and Environment**, v.42, p.3916-3923, 2007.
- SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**. 16, 1699-1710, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>.
- SHARAD R. KHESE, M. N. HEDAOO, B. A. K. A Comparative Study of Green Building Rating Systems. **International Journal of Engineering Research**, v. 6, n. 1, p. 134–136, 2011.
- SOUZA, R. V. G. DE; GUTIERREZ, G. C. R.; VELOSO, A. C. O.; PAULA ROCHA LEITE, P. R.; SOARES, C. P. S. Etiqueta de Eficiência Energética De Edificações: a Experiência Do Labcon Ea/Ufmg. **IV Congresso Brasileiro de Eficiência Energética**. Anais...Juiz de Fora, MG.: 2011.
- THOMAS, N. I. R.; COSTA, D. B. Adoption of environmental practices on construction sites. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 4, p.9-24, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400182>.
- WEERASINGHE AS, RAMACHANDRA T. Implications of sustainable features on life-cycle costs of green buildings. **Sustainable Development**. 2020;1–12. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.2064>.
- ZEULE, L. . **Práticas e avaliação da sustentabilidade nos canteiros de obras**. 2014. 266 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.