



Artigo de Revisão

e-ISSN 2177-4560

Submetido em: 12 nov. 2021

Aceito em: 31 dez. 2021



VII Seminário Regional sobre
Gestão de Recursos Hídricos

VI Seminário sobre
Ecotoxicologia

9 a 12 de novembro de 2021

IFF - Campus São João da Barra

<https://eventos.iff.edu.br/srhidro-secotox>

DOI:10.19180/2177-4560.v15n12021p102-115

Pesquisa bibliométrica sobre a avaliação das propriedades físico-mecânicas do concreto permeável com agregado reciclado

Bibliometric research on the evaluation of the physical-mechanical properties of permeable concrete with recycled aggregate

Investigación bibliométrica sobre la evaluación de las propiedades físico-mecánicas del hormigón permeable con árido reciclado

Jean Tavares Pinto  <https://orcid.org/0000-0002-8857-5241>

Especialização em Engenharia de Estruturas de Concreto Armado pela Universidade Candido Mendes - Campos dos Goytacazes – Brasil. E-mail: jean_tavares2003@yahoo.com.br

Luis Felipe Umbelino dos Santos  <https://orcid.org/0000-0002-2392-1908>

Doutorado em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - Campos dos Goytacazes - Campos dos Goytacazes - Brasil. E-mail: lfumbelino@gmail.com

Sergio Rafael Cortes de Oliveira  <https://orcid.org/0000-0003-4800-6148>

Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Professor no Instituto Federal Fluminense - Brasil. E-mail: sergio.oliveira@iff.edu.br

Resumo: Muitas cidades enfrentam problemas de inundações em razão do crescimento urbano desordenado, que tem como consequência a diminuição das áreas permeáveis e a impermeabilização do solo, o que contribui para o aumento da velocidade do escoamento superficial da água. Em busca de solucionar tais problemas, tem-se avançado no estudo de técnicas compensatórias de drenagem, dentre as quais pode-se destacar o concreto permeável, que se apresenta como uma alternativa por ser um material que possui alta taxa de permeabilidade e que possibilita a utilização de resíduos em sua composição, contribuindo para a sustentabilidade. Dessa forma, o objetivo deste artigo é, por meio de análises bibliométricas na base de dados Scopus, examinar a literatura científica e identificar o atual estado da arte de pesquisas científicas sobre o tema de concreto permeável que utiliza resíduos em sua composição, além de identificar quais são os ensaios mais utilizados para avaliação das propriedades do material e quais são os resíduos mais estudados. Os resultados demonstram que o tema é bastante atual, com publicações que abrangem diversos países e em periódicos de elevada relevância científica.

Palavras-chave: Concreto permeável. Resíduo. Pesquisa bibliométrica.

Abstract: Many cities face flooding problems due to disorderly urban growth, which results in the reduction of permeable areas and the impermeability of the soil, which contributes to the increase in the speed of surface water runoff. In order to solve such problems, advances have been made in the study of compensatory drainage techniques, among which permeable concrete can be highlighted, which presents itself as an alternative because it is a material that has a high permeability rate and allows for use of

waste in its composition, contributing to sustainability. Thus, the objective of this article is, through bibliometric analyzes in the Scopus database, to examine the scientific literature and identify the current state of the art of scientific research on the topic of permeable concrete that uses waste in its composition, in addition to identifying which are the most used tests to evaluate the material properties and which are the most studied residues. The results show that the topic is quite current, with publications covering several countries and in journals of high scientific relevance.

Keywords: Permeable concrete. Waste. Bibliometric research.

Resumen: Muchas ciudades enfrentan problemas de inundaciones debido al crecimiento urbano desordenado, lo que resulta en la reducción de áreas permeables y la impermeabilidad del suelo, lo que contribuye al aumento de la velocidad de la escorrentía de aguas superficiales. Para solucionar este tipo de problemas se ha avanzado en el estudio de las técnicas de drenaje compensatorio, entre las que se destaca el hormigón permeable, que se presenta como una alternativa por ser un material que tiene un alto índice de permeabilidad y permite el aprovechamiento de residuos. en su composición, contribuyendo a la sostenibilidad. Así, el objetivo de este artículo es, a través de análisis bibliométricos en la base de datos Scopus, examinar la literatura científica e identificar el estado actual de la investigación científica sobre el tema del hormigón permeable que utiliza residuos en su composición, además de identificar cuáles son las pruebas más utilizadas para evaluar las propiedades de los materiales y cuáles son los residuos más estudiados. Los resultados muestran que el tema es bastante actual, con publicaciones que cubren varios países y en revistas de alta relevancia científica.

Palabras clave: Hormigón permeable. Residuo. Investigación bibliométrica.

1 Introdução

O crescimento urbano desordenado afetou o ambiente das cidades, por meio da aglomeração de edificações e pessoas, do aumento do tráfego de veículos nas áreas centrais e da impermeabilização do solo, entre outros aspectos que envolvem o complexo desenvolvimento das cidades (NUCCI, 2008). É nesse contexto que a escala humana vem perdendo espaço na maioria das cidades, que deixam de proporcionar uma vida urbana mais agradável na qual o foco seja voltado para pessoas e não para veículos (GEHL, 2015).

As consequências do acelerado processo de urbanização para os recursos hídricos não se restringem aos limites das cidades. Os aglomerados urbanos, além de demandarem água para seus abastecimentos, geram efluentes. A própria cidade se expande em direção aos mananciais, contaminando suas fontes de água e reduzindo a qualidade e a disponibilidade hídrica. Esse processo é consequência da falta de controle dos processos da urbanização e resulta em impactos sobre os corpos hídricos, como falta de tratamento do efluente de esgoto e contaminação do escoamento pluvial (TUCCI, 2008).

Para mitigar ou até mesmo eliminar as consequências danosas associadas à drenagem urbana, torna-se imprescindível que haja uma abordagem mais abrangente acerca da gestão das águas, envolvendo uma visão mais integrada entre a bacia e o ambiente, com utilização de tecnologias que sejam capazes de melhorar a relação da cidade com as águas urbanas.

Em decorrência do avanço da urbanização, que ocasiona a diminuição das áreas permeáveis e a ocupação de áreas ribeirinhas, diversas cidades em que há falta de infraestrutura dos sistemas de drenagem têm enfrentado problemas relativos a inundações urbanas. A busca pela conservação dos recursos naturais faz com que surjam novos conceitos e soluções técnicas viáveis em prol do desenvolvimento sustentável. Com o intuito de garantir o correto escoamento das águas pluviais, tem-se avançado no estudo de novas

tecnologias, como o concreto permeável, que é um material altamente poroso e que possibilita uma alta taxa de permeabilidade no solo quando utilizado na pavimentação (LIMA, 2018).

O concreto permeável, também conhecido como concreto poroso ou drenante, foi desenvolvido para combater os impactos ambientais e toda a problemática associada à impermeabilização urbana. Pode ser utilizado como pavimento, favorecendo a infiltração e o retardo do escoamento superficial das águas pluviais. Além disso, também pode ser aplicado na fabricação de elementos do sistema de drenagem de águas pluviais (LAMB, 2014). A Norma Brasileira 16416 (2015) define pavimento permeável como aquele que “atende simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou o acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à sua estrutura” (ABNT, 2015, p. 2).

O concreto permeável apresenta em sua composição uma redução significativa ou ausência total de agregados miúdos, o que garante um índice de vazios maior quando comparado ao concreto convencional (ACI, 2010). De acordo com Höltz (2011), o concreto permeável, além de demandar um menor custo durante o seu ciclo de vida em detrimento aos sistemas de drenagem convencionais, auxilia, também, na redução da incidência das enxurradas urbanas, responsáveis por carrear uma grande quantidade de resíduos e poluentes aos corpos de água.

Buscando melhorar a permeabilidade do concreto permeável, pesquisadores têm estudado cada vez mais a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado. Isso se deve ao fato da alta porosidade que o agregado reciclado apresenta em suas características, podendo, assim, aumentar o índice de vazios das misturas e, conseqüentemente, as propriedades hidráulicas do material (LIMA, 2018).

Dessa forma, o presente artigo aborda a temática do concreto permeável com a utilização de resíduos em sua composição. O objetivo deste estudo foi elaborar uma pesquisa bibliométrica das publicações científicas indexadas na base de dados *Scopus*, capaz de examinar a literatura científica e conhecer o atual estado da arte sobre o tema, além de identificar quais os ensaios mais utilizados para avaliação das propriedades do material e quais os resíduos mais estudados para aplicação no concreto permeável. Buscou-se responder à seguinte questão de pesquisa: Qual é o estado da arte a respeito da utilização de resíduos na elaboração de concreto permeável?

2 Metodologia

Buscando compreender o estado da arte de produções científicas relativas ao concreto permeável utilizando resíduos em sua confecção, a metodologia adotada neste artigo é baseada na pesquisa bibliométrica. Esse tipo de pesquisa consiste em um conjunto de métodos e ferramentas que possibilitam o mapeamento de uma determinada área científica, de forma a evidenciar elementos como os principais autores, as instituições de pesquisa que mais atuam na área e os periódicos mais relacionados ao tema. Por

meio dela é possível obter indicadores a respeito do crescimento e da distribuição geográfica das publicações relativas ao tema de interesse (PITILIN; SANCHES, 2020).

Assim, foi utilizada como ferramenta para a busca das publicações a base de dados *Scopus*, que fornece acesso a dados confiáveis, métricas e ferramentas analíticas de uma ampla variedade de áreas de pesquisa. Ela indexa conteúdo que é verificado e selecionado por um conselho de revisão independente. Essa base de dados foi escolhida por seu alcance e cobertura abrangente, tanto de periódicos nacionais como internacionais (MUGNAINI; SALES, 2011).

Nesse contexto, a presente pesquisa seguiu as etapas apresentadas na Figura 1 e descritas adiante.

Figura 1. Etapas da análise bibliométrica



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Na Etapa 1, foram escolhidos os termos de pesquisa para a busca na base. Como a procura pelos termos em português retornou apenas um resultado, buscou-se utilizar diversos termos equivalentes a “concreto permeável” em inglês, como: “*permeable pavement*”, “*pervious concrete*”, “*permeable concrete*”, “*pervious pavement*”, “*porous concrete*” e “*porous pavement*”; e a “resíduo” em inglês, como: “*waste*” e “*recycled*”, de forma mais ampla, com vistas a incluir uma maior quantidade de trabalhos, ressaltando-se que o resultado encontrado com a pesquisa em português também constou no resultado da pesquisa em inglês, evitando que algum estudo importante fosse excluído do levantamento inicial. Como critério de inclusão, optou-se pela seleção de artigos publicados nos últimos dez anos.

Posteriormente, na Etapa 2, os termos escolhidos e os filtros de inclusão foram inseridos no banco de dados, e os artigos encontrados foram extraídos para análise. O acesso à *Scopus* se deu pelo Portal de Periódicos CAPES, com credenciais IdIFF, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, em 29 de outubro de 2021.

Na Etapa 3, após a busca inicial e a partir da análise do título e do resumo, foram excluídos os artigos que não tinham relação direta com o tema pesquisado. Para definir o número final de artigos a serem

considerados, foram adotados quatro critérios de elegibilidade: idioma (trabalhos disponibilizados em português, inglês e espanhol), permissão de acesso ao texto completo para leitura, natureza de artigo científico publicado em periódico e novo refinamento de aderência ao tema durante a leitura do artigo na íntegra.

Por último, na Etapa 4, as principais informações dos artigos foram sintetizadas em planilhas e gráficos, para que pudessem orientar, na Etapa 5, a análise e a discussão dos resultados.

O Quadro 1 sintetiza a estratégia de pesquisa utilizada na análise bibliométrica descrita anteriormente.

Quadro 1. Estratégia de pesquisa utilizada na análise bibliométrica

Questão de pesquisa
Qual é o estado da arte a respeito da utilização de resíduos na elaboração de concreto permeável?
Fonte de pesquisa
<i>Scopus</i>
Termos de pesquisa
(“permeable pavement” OR “pervious concrete” OR “permeable concrete” OR “pervious pavement” OR “porous concrete” OR “porous pavement”) AND (“waste” OR “recycled”)
Crítérios de inclusão na busca inicial
Publicações dos últimos 10 anos
Crítérios de elegibilidade
Aderência ao tema; idioma (português, inglês e espanhol); acesso ao texto completo; artigo publicado em periódico.
Data de realização da pesquisa bibliométrica
29 de outubro de 2021

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Na Etapa 2, de busca inicial, foram obtidos 364 artigos para análise. Desse total, na Etapa 3, foram identificados 201 artigos com aderência ao tema após leitura dos títulos e dos resumos. Após a avaliação dos critérios de elegibilidade, 114 trabalhos foram selecionados para o prosseguimento da análise. A Tabela 1 resume os dados obtidos a partir da pesquisa realizada na base *Scopus*.

Tabela 1. Registros encontrados na base de dados e selecionados para análise bibliométrica

Etapas	Registros	Nº de Artigos
2	Total de registros identificados por meio de pesquisa na base de dados	364
3	Registros excluídos após a análise do título/resumo	163
	Total de registros em texto completo para aplicação dos critérios de elegibilidade	201
	Registros em texto completo excluídos por idioma	08
	Registros em texto completo excluídos por falta de acesso ao texto completo	12
	Registros em texto completo excluídos por não serem artigos científicos publicados em periódicos	64
	Registros em texto completo excluídos por falta de aderência ao tema após leitura integral	03

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

As principais informações dos artigos foram sintetizadas em planilhas e gráficos, para que pudessem orientar a análise.

3 Resultados

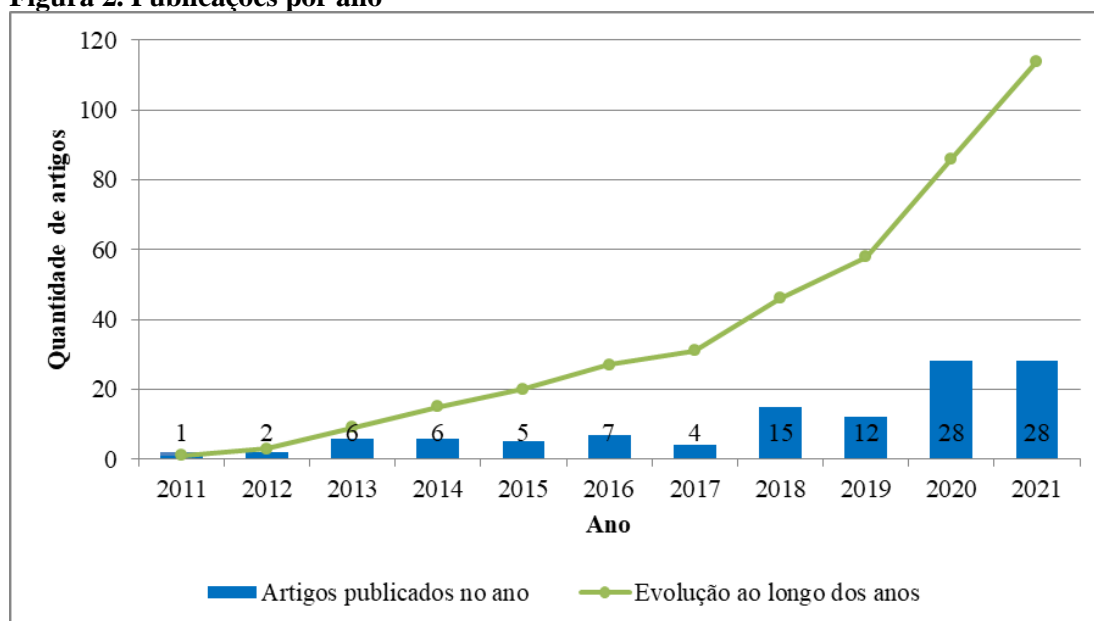
A análise bibliométrica dos 114 artigos selecionados após a leitura completa foi dividida em indicadores gerais, com identificação e localização dos artigos, e indicadores específicos, com análise de quais ensaios foram utilizados nas pesquisas e quais tipos de resíduos foram incorporados ao concreto permeável.

3.1 Indicadores gerais

Para a caracterização bibliométrica geral dos artigos, foram analisados dados relativos ao ano de publicação, país de origem das instituições pesquisadoras, principais periódicos, fator de impacto e quartil dos periódicos.

A Figura 2 mostra o quantitativo de trabalhos publicados por ano (barras) e a evolução das publicações (linha) ao longo dos últimos 10 anos. O gráfico em linha apresenta as frequências acumuladas das publicações com o passar dos anos.

Figura 2. Publicações por ano



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Pela Figura 2, verifica-se que ocorreu um aumento no número de pesquisas na área a partir do ano de 2013, saltando de duas para seis publicações. A partir do ano de 2018, a temática se tornou ainda mais

pesquisada, com número de publicações 150% maior do que a quantidade observada em 2013. Apenas nos últimos dois anos, 2020 e 2021 (ainda corrente), foram publicados, aproximadamente, 50% (56 em valor absoluto) do total de artigos analisados. Dessa maneira, a inclusão de resíduos na composição do concreto permeável se mostra um assunto atual, reflexo da busca por um desenvolvimento mais sustentável.

Outro indicador pertinente é o dos países de origem das instituições de ensino dos autores que desenvolvem as pesquisas. Essa informação encontra-se apresentada no mapa da Figura 3. O mapa ilustra a distribuição por países, considerando que uma mesma publicação pode conter autores que são afiliados a instituições de diferentes países e, por isso, a contagem não é associada ao número de publicações, mas sim à frequência de publicação do país da instituição.

Figura 3. País de origem das instituições de pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Nota-se que o país com maior destaque no número de publicações é a China, aparecendo com 36%, o que corresponde a 41 artigos. Em seguida, aparecem a Malásia, com 10% das publicações (11 artigos) e, empatados, Brasil e Índia, com 8% (nove artigos) cada. Austrália e EUA aparecem em 7% (oito artigos) cada. Isso demonstra que o Brasil tem avançado em pesquisas na linha do concreto permeável utilizando resíduos, acompanhando tendências mundiais de pesquisa e se equiparando aos EUA, país tradicionalmente conhecido por avanços tecnológicos.

Da mesma forma, torna-se relevante analisar o indicador referente aos artigos por periódico, de forma a identificar os periódicos com maior número de publicações no tema analisado, assim como seus respectivos fatores de impacto e quartil. Para tanto, a Tabela 2 apresenta os periódicos mais relevantes dentro da temática, que possuem três ou mais artigos publicados na área, elencados em ordem decrescente do quantitativo de publicações.

Tabela 2. Periódicos com maior número de publicações na área

Periódicos	Quantidade	%	FI	Quartil
<i>Construction and Building Materials</i>	35	30,7%	6.141	Q1
<i>Journal of Cleaner Production</i>	9	7,9%	9.297	Q1
<i>Applied Sciences (Switzerland)</i>	3	2,6%	Não informado	Q2
<i>International Journal of Pavement Research and Technology Materials</i>	3	2,6%	Não informado	Q1
<i>Materials</i>	3	2,6%	3.623	Q2
<i>Materials and Structures/Materiaux et Constructions</i>	3	2,6%	3.428	Q1
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	3	2,6%	3.251	Q1

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

O Fator de Impacto (FI) avalia a importância do periódico em sua respectiva área. Já o quartil considera as citações recebidas num determinado ano pelos documentos publicados na respectiva revista nos três anos anteriores e permite comparar revistas de áreas temáticas distintas, uma vez que atribui um parâmetro relativo à área temática. O desempenho de um periódico do quartil Q1 é melhor do que, pelo menos, 75% das revistas que pertencem à mesma categoria.

Nessa análise, pode-se destacar o periódico *Construction and Building Materials*, com 30,7% das publicações (35 em valor absoluto) e boas classificações no FI (6.141) e Quartil (Q1). Trata-se de um periódico internacional dedicado à investigação e ao uso inovador de materiais na construção e reparação. Além deste, destaca-se também o periódico *Journal of Cleaner Production*, com 7,9% das publicações (nove em valor absoluto) e boas classificações no FI (9.297) e Quartil (Q1). Trata-se de um periódico internacional transdisciplinar que abarca pesquisas e práticas de produção mais limpa, ambiental e sobre sustentabilidade. Juntos, os dois periódicos somam 38,6% das publicações (44 de 114).

3.2 Indicadores específicos

Os indicadores específicos, referentes aos ensaios e aos resíduos utilizados nas pesquisas científicas, foram elaborados com base nos dez artigos mais citados dentro da amostra. O número de citações se refere à quantidade de artigos que citam o artigo analisado e é um importante indicador da qualidade da pesquisa e de seu alcance no meio científico.

A Tabela 3 apresenta os artigos com maior número de citações segundo informações da base *Scopus* na data de realização da pesquisa (29 de outubro de 2021), elencados em ordem decrescente do quantitativo de citações, com a identificação dos autores, dos títulos das publicações, dos quantitativos de citações, dos periódicos e dos fatores de impacto.

Tabela 3. Artigos mais citados da amostra

Referências	Títulos	Nº de citações	Periódicos	FI
Sata, Wongsu e Chindaprasirt (2013)	<i>Properties of pervious geopolymer concrete using recycled aggregates</i>	127	<i>Construction and Building Materials</i>	6.141
Zaetang et al. (2016)	<i>Properties of pervious concrete containing recycled concrete block aggregate and recycled concrete aggregate</i>	104	<i>Construction and Building Materials</i>	6.141
Gesoğlu et al. (2014a)	<i>Abrasion and freezing-thawing resistance of pervious concretes containing waste rubbers</i>	94	<i>Construction and Building Materials</i>	6.141
Gesoğlu et al. (2014b)	<i>Investigating properties of pervious concretes containing waste tire rubbers</i>	90	<i>Construction and Building Materials</i>	6.141
Nguyen et al. (2013)	<i>Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers</i>	85	<i>Construction and Building Materials</i>	6.141
Shen et al. (2013)	<i>Investigation on polymer-rubber aggregate modified porous concrete</i>	78	<i>Construction and Building Materials</i>	6.141
Kuo, Liu e Su (2013)	<i>Use of washed municipal solid waste incinerator bottom ash in pervious concrete</i>	71	<i>Cement and Concrete Composites</i>	7.586
Sriravindrarajah, Wang e Ervin (2012)	<i>Mix Design for Pervious Recycled Aggregate Concrete</i>	71	<i>International Journal of Concrete Structures and Materials</i>	2.483
Toghroli et al. (2020)	<i>Evaluating the use of recycled concrete aggregate and pozzolanic additives in fiber-reinforced pervious concrete with industrial and recycled fibers</i>	70	<i>Construction and Building Materials</i>	6.141
Li et al. (2019)	<i>Application of polymer, silica-fume and crushed rubber in the production of Pervious concrete</i>	70	<i>Smart Structures and Systems</i>	3.342

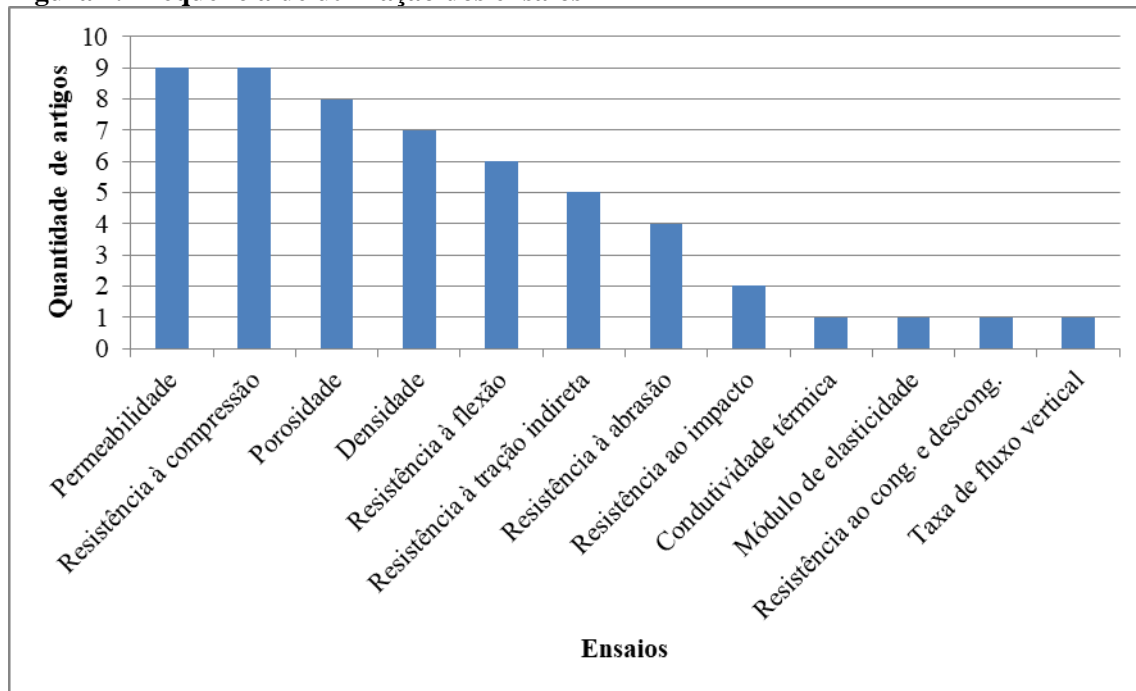
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Pela Tabela 3, nota-se que os autores dos trabalhos mais citados são Sata, Wongsu e Chindaprasirt; Zaetang et al.; Gesoğlu et al.; Nguyen et al.; Shen et al.; Kuo, Liu e Su; Sriravindrarajah, Wang e Ervin; Toghroli et al.; e Li et al.. Os primeiros, Sata, Wongsu e Chindaprasirt e Zaetang et al., ultrapassam a marca de 100 citações, contemplando 127 e 104 citações, respectivamente. Percebe-se que 70% dos artigos mais citados (7 de 10) foram publicados na revista *Construction and Building Materials*, já identificada como a que apresenta maior número de publicações na área, conforme pode ser visto na Tabela 2.

Identificar quais ensaios foram realizados nos artigos é importante para subsidiar futuras pesquisas, de forma a indicar o que é necessário ser feito e quais novas etapas ainda não foram estudadas. Já a análise dos resíduos utilizados indica quais materiais têm sido mais reciclados e reaproveitados na confecção de concretos permeáveis, permitindo também identificar quais ainda não foram muito pesquisados.

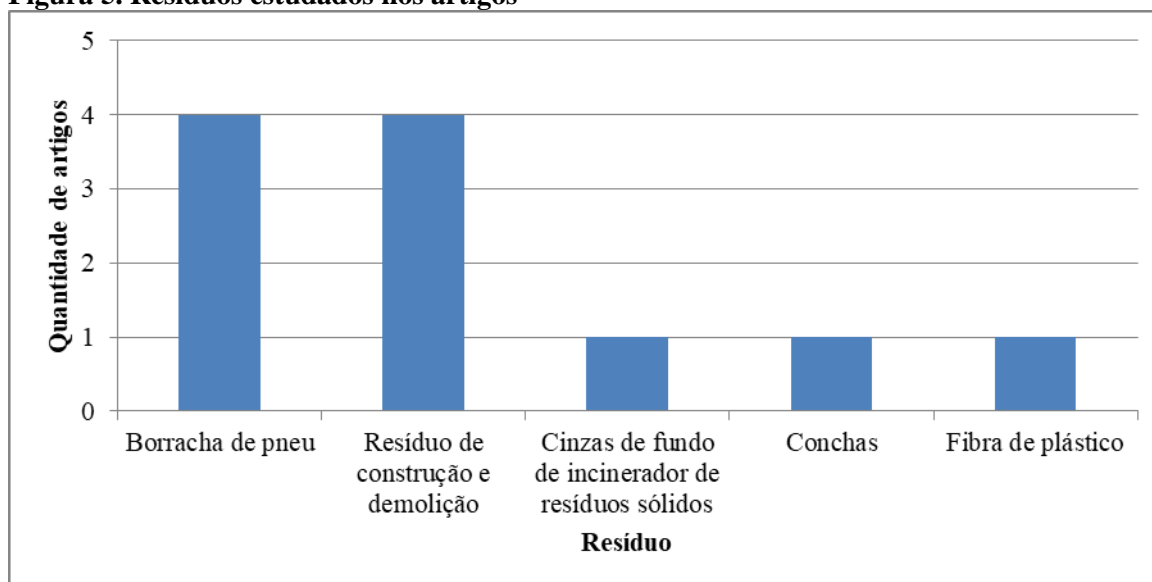
As Figuras 4 e 5 ilustram a frequência de utilização dos ensaios e resíduos nos 10 artigos mais citados.

Figura 4. Frequência de utilização dos ensaios



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Figura 5. Resíduos estudados nos artigos



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Nota-se que os ensaios mais frequentemente utilizados pelos 10 trabalhos mais citados são os de permeabilidade, de resistência à compressão e de porosidade, como já esperado. Os ensaios de permeabilidade e de resistência aparecem em nove dentre os 10 artigos selecionados pela frequência de citações. Já a avaliação da porosidade é mencionada em oito artigos dentre 10 artigos. Avaliações da

densidade, resistência à flexão, resistência à tração indireta, resistência à abrasão e resistência ao impacto aparecem, respectivamente, em sete, seis, cinco, quatro e três publicações. Já a condutividade térmica, o módulo de elasticidade, a resistência ao congelamento e ao descongelamento e a taxa de fluxo vertical são mencionados em apenas um artigo (cada propriedade).

Já os resíduos mais frequentemente pesquisados na composição do concreto permeável por esses 10 trabalhos são a borracha de pneu e o Resíduo de Construção e Demolição (RCD), que figuram em quatro artigos (cada um deles), sendo que em um trabalho é realizada a investigação da utilização do RCD no concreto permeável reforçado com resíduo de fibra de plástico. Além desses, outros resíduos utilizados foram cinzas de fundo de incinerador de resíduos sólidos e conchas, que estão em um artigo (cada um deles) dentre os 10 selecionados.

No trabalho feito por Sata, Wongsá e Chindaprasirt (2013), o mais citado, é estudado o uso de agregados reciclados na confecção de concreto de geopolímero permeável. Foram utilizados resíduos de construção e demolição, e os ensaios compararam características como resistência à compressão e à tração do concreto com material reciclado e do concreto confeccionado com agregado natural. Os resultados indicaram que os resíduos de construção e demolição podem ser utilizados como agregado graúdo na confecção do concreto permeável, obtendo propriedades aceitáveis.

A pesquisa desenvolvida por Zaetang *et al.* (2016) estudou as propriedades de concretos permeáveis contendo dois tipos de agregados reciclados: agregado de bloco de concreto reciclado e agregado de concreto reciclado. Eles foram incorporados em concretos permeáveis em substituição ao agregado natural em diferentes níveis, e os resultados indicaram melhoria na resistência à compressão e na resistência à abrasão em determinados níveis de substituição.

Já Gesoğlu *et al.* (2014a, 2014b) publicaram dois artigos a respeito do tema, nos quais avaliaram de forma evolutiva a utilização de resíduos de borracha de pneu em substituição parcial do agregado graúdo natural. Amostras de concreto permeável com e sem borracha de pneu foram testadas em diversos ensaios. Alguns dos resultados indicaram que o uso de borracha aumentou a resistência à abrasão e ao degelo, mas diminuiu a resistência à flexão dos concretos permeáveis.

Outro artigo que merece destaque é o dos autores Toghrolí *et al.* (2020), que, apesar de ser recente, já possui um significativo número de citações (70). Nesse estudo, foram investigados os efeitos do uso de agregado de RCD como substituição de parcial a total de agregado graúdo natural nas propriedades mecânicas e de permeabilidade de misturas de concreto permeável. De forma geral, observou-se um aumento na permeabilidade e uma redução nas propriedades de resistência quando há aumento da substituição do agregado graúdo natural, sendo que essa redução pode ser compensada com a utilização de sílica ativa e nano-argila, devido à capacidade de microenchimento e reatividade pozolânica. Além disso, foram utilizados reforços com fibras de aço e fibras de plásticos reciclados para aumentar a resistência mecânica das misturas que se mostraram eficazes.

4 Considerações finais

Apesar do desenvolvimento tecnológico, a relação das cidades com o meio ambiente é problemática, pouco saudável, com um desenvolvimento que confronta a natureza. O concreto permeável é uma tecnologia que busca mitigar as consequências do crescimento das cidades. A incorporação de resíduos na composição do concreto pode colaborar ainda mais para um desenvolvimento urbano sustentável.

Esta pesquisa identificou um total de 364 artigos ao buscar pelos termos “concreto permeável” e “resíduo”, em inglês (“*permeable pavement*” or “*pervious concrete*” or “*permeable concrete*” or “*pervious pavement*” or “*porous concrete*” or “*porous pavement*” and “*waste*” or “*recycled*”), na base de dados *Scopus*. Desses, 114 foram selecionados para a análise bibliométrica, após aplicação dos critérios de elegibilidade.

Os resultados bibliométricos mostram que o tema analisado continua em expansão, tendo como ápices no número de publicação os anos de 2020 e 2021, o que demonstra que o assunto é extremamente atual. Nota-se também que periódicos com alto fator de impacto e de alta classificação de quartil publicaram sobre o assunto, como o *Construction and Building Materials* e o *Journal of Cleaner Production*. O país com a maior produção científica na área é a China, porém Malásia, Brasil, Índia, Austrália e EUA também possuem um significativo número de artigos publicados.

Os ensaios mais utilizados nos 10 trabalhos mais citados foram os de permeabilidade, de resistência à compressão e de porosidade. Os resíduos mais pesquisados pelos 10 trabalhos, por sua incorporação ao concreto permeável, foram a borracha de pneu e o RCD. O artigo mais citado foi o elaborado por Sata, Wongsá e Chindaprasirt (2013), que trata do uso de agregados de RCD na confecção de concreto permeável, contemplando 127 citações na data de realização da pesquisa.

É perceptível que o tema é bastante abrangente e importante para o desenvolvimento tecnológico no âmbito dos concretos permeáveis. Existem pesquisas abrangendo a utilização de uma diversidade de resíduos, das quais a maioria indica a viabilidade dessa utilização, o que contribui para o desenvolvimento sustentável.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se expandir as buscas para outras bases de dados além da *Scopus*, assim como refinar a análise para publicações nacionais, de forma a se obter um melhor panorama com relação à pesquisa em território brasileiro e, também, a inclusão de documentos do tipo dissertações e teses. Espera-se avançar na pesquisa envolvendo resíduos incorporados ao concreto permeável, obtendo embasamento para contribuir ainda mais para a caracterização dessa tecnologia.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16416 – **Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos**. ABNT, Rio de Janeiro. 2015.

ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Committee 522. ACI 522R-10: **Pervious Concrete**. Farmington Hills, Michigan, 40 p. 2010.

BLUMENSCHNEIDER, R. N. **A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção**. 2004. 249 f. Tese (Doutorado). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

GEHL, J. *Cidades Para Pessoas*. Trad. Anita Di Marco. 3ª Edição. São Paulo, **Perspectiva**, 262 p., 2015.

GESOĞLU, M. *et al.* Abrasion and freezing–thawing resistance of pervious concretes containing waste rubbers. **Construction and Building Materials**, v. 73, p. 19-24, 30 dez. 2014a.

GESOĞLU, M. *et al.* Investigating properties of pervious concretes containing waste tire rubbers. **Construction and Building Materials**, v. 63, p. 206-213, 30 jul. 2014b.

HÖLTZ, F. C. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental**. 2011. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

KUO, W.-T.; LIU, C.-C.; SU, D.-S. Use of washed municipal solid waste incinerator bottom ash in pervious concrete. **Cement and Concrete Composites**, v. 37, p. 328-335, 1 mar. 2013.

LAMB, G. S. **Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 152 p., 2014.

LI, D. *et al.* Application of polymer, silica-fume and crushed rubber in the production of Pervious concrete. **Smart Structures and Systems**, v. 23, n. 2, p. 207-214, 1 fev. 2019.

LIMA, G. T. S. **Influência da substituição total e parcial do agregado graúdo natural por agregado reciclado nas propriedades do concreto permeável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 179 p., 2018.

MUGNAINI, R.; SALES, D. P. **Mapeamento do uso de índices de citação e indicadores bibliométricos na avaliação da produção científica brasileira**. In: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação. Brasília, DF. 23 a 26 de outubro de 2011.

NGUYEN, D. H. *et al.* Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers. **Construction and Building Materials**, v. 49, p. 151-160, 1 dez. 2013.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. Curitiba, 150 p., 2008.

PITILIN, T. R.; SANCHES, S. P. A caminhabilidade: uma análise bibliométrica. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 8, n. 2, p. e00129-e00129, 2020.

SATA, V.; WONGSA, A.; CHINDAPRASIRT, P. Properties of pervious geopolymer concrete using recycled aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 42, p. 33-39, 1 maio 2013.

SHEN, W. *et al.* Investigation on polymer-rubber aggregate modified porous concrete. **Construction and Building Materials**, v. 38, p. 667-674, 31 jan. 2013.

SRIRAVINDRARAJAH, R.; WANG, N. D. H.; ERVIN, L. J. W. Mix Design for Pervious Recycled Aggregate Concrete. **International Journal of Concrete Structures and Materials**, v. 6, 1 dez. 2012

TOGHROLI, A. *et al.* Evaluating the use of recycled concrete aggregate and pozzolanic additives in fiber-reinforced pervious concrete with industrial and recycled fibers. **Construction and Building Materials**, v. 252, p. 118997, 1 ago. 2020.

TUCCI, C. E. M. **Inundações e drenagem urbana**. In: Carlos E. M. Tucci e Juan Carlos Bertoni (Org.). *Inundações urbanas na América do Sul*. 1ª ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 45-150, 2003.

ZAETANG, Y. *et al.* Properties of pervious concrete containing recycled concrete block aggregate and recycled concrete aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 111, p. 15-21, 15 maio 2016.