

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA SOBRE O PANORAMA HISTÓRICO DA PRÉ-FABRICAÇÃO DE CONCRETO

SOUZA, Felipe (1); OLIVEIRA, Adla (1); FERRO, Ivan (1); Fontanini, Patrícia (1)

(1) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unicamp, souzafelipesantos@gmail.com, adla.sousa@ufersa.edu.br, eng.ivanpassuelo@gmail.com, patricia@fec.unicamp.br

Resumo: A pré-fabricação de concreto é um sistema que, pela industrialização, consegue melhor desempenho tecnológico, com mais qualidade e produção, além de ser mais sustentável se comparado aos sistemas convencionais. Este artigo busca identificar os estudos e pesquisas já realizadas acerca da evolução da pré-fabricação de concreto e apresentar com base na literatura um estudo do panorama temporal, desde seu surgimento até os dias atuais e perspectivas futuras. Pretende-se fazer isso por meio da condução de um Mapeamento Sistemático de Literatura (SMS - "Systematic Mapping Study"). O SMS é uma das ferramentas da aplicação do paradigma baseado em evidências (evidence-based) e fornece uma visão geral de uma área de pesquisa, além de por meio dele ser possível identificar a quantidade, o tipo de pesquisa e os resultados disponíveis. Espera-se compreender a evolução histórica do segmento da pré-fabricação e seus desafios ao longo do tempo, bem como analisar as perspectivas futuras.

Palavras-chave: SMS, Industrialização, Panorama Histórico.

Abstract: By industrialization way, precast concrete is a system that allows higher technological performance and construction quality. Moreover, it is more sustainable if compared to conventional ones. Based on the literature data, this paper aims to identify the researches on the evolution of precast concrete and present its historic overview and future prospects. This study was conducted by means of a Systematic Mapping Study (SMS). In addition to provide an evidence-based, this tool enables to obtain some information on a certain research field, the type and quantity of an investigation and the available results. Thus, it is expected to understand the historical evolution on the precast concrete field and its challenges over time as well as to analyze it from the standpoint of future prospects.

Keywords: SMS, Industrialization, Historical Background.

Área do Conhecimento: Tecnologia de processos e sistemas construtivos – processo de desempenho.

1 INTRODUÇÃO

A demanda por estruturas duráveis, estruturalmente seguras e construídas a menores prazos, tem aumentado a busca por sistemas construtivos industrializados. Ribeiro (2002) enumera algumas vantagens de industrializar-se a construção, como a redução da utilização de materiais e um melhor controle dos elementos produzidos. Alguns exemplos de sistemas construtivos que adotam esse conceito são: steel frame, wood frame e pré-fabricação de concreto.

A pré-fabricação de concreto é uma forma de construir que alia versatilidade arquitetônica, plasticidade e qualidade. Dentre suas aplicações destacam-se: edifícios, complexos esportivos, galpões industriais em geral, shopping centers, supermercados e obras de infraestrutura. Logo, julga-se pertinente conhecer de que modo se deu sua introdução no mercado da construção. Para isso, é importante conhecer a evolução da pré-fabricação de concreto, isso pode ser feito através dos estudos que existem na literatura acerca do assunto.

Nesse sentido, o Mapeamento Sistemático de Literatura (SMS - *Systematic Mapping Study*) surge como um recurso útil, abrangente e prático. Trata-se de uma ferramenta analítica que mensura as publicações de um determinado campo do conhecimento, fornecendo uma visão geral dos trabalhos existentes (PETERSEN et al, 2015). Além disso, o SMS aponta as lacunas presentes nas áreas de interesse, de forma a estimular estudos posteriores. As etapas do SMS passam pela necessidade da criação de perguntas que nortearão a busca das informações pretendidas, definição de palavras-chave, análise e refinamento dos dados coletados.

Quando se trata da pré-fabricação de concreto, observa-se que o histórico é um assunto pouco recorrente justificando a necessidade do SMS sobre o tema. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é identificar os estudos e pesquisas já realizadas acerca da evolução histórica da pré-fabricação de concreto. Além disso, apresenta-se com base em dados da literatura informações acerca da evolução temporal da pré-fabricação de concreto, passado, presente e perspectivas futuras. A partir dos resultados alcançados, apresenta-se um panorama histórico desse sistema construtivo, abrangendo seu início, os desafios enfrentados para sua implementação ao longo do tempo e, por fim, apresentar as suas perspectivas e tendências futuras.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho foi aplicado o SMS (*"Systematic Mapping Study"*), também conhecido como *Scoping Studies* ou *Scoping Review*. Esse método consiste em uma pesquisa em base de dados para determinar as publicações existentes sobre determinado assunto, fornecendo uma visão ampla da área da pesquisa. Para Petticrew e Roberts (2006), "esse processo, "envolve uma busca da literatura para determinar que tipos de estudos abordando a questão da revisão sistemática foram realizados, onde foram publicados, em que bases de dados eles foram indexados, que tipos de resultados eles avaliaram e em quais populações".

O SMS permite, conforme Kitchenham e Charters (2007) e Budgen et al. (2008), identificar lacunas e agrupamentos no conjunto de estudos primários (artigos que contribuem para uma revisão sistemática), o que permite identificar áreas que são necessárias estudos primários e as adequadas para realização de Revisões Sistemática da Literatura (SLR - *Systematic Literature Reviews*). Portanto, o SMS é um precursor da SLR. O resultado de um SMS é um mapa de alto nível, geralmente sob a forma de um conjunto de tabelas e gráficos, contendo informações condensadas sobre uma área de pesquisa e visualizando o status do campo com relação às questões de pesquisa (FEBRERO et al., 2014).

Kitchenham e Charters (2007) afirmam que os estudos de mapeamento são mais amplos que de uma revisão sistemática. Da comparação entre o SMS e a SRL realizada pelos autores e analisando-se as etapas definidas por Febrero et al. (2014), verifica-se que o SMS segue as seguintes etapas:

- a) Planejamento: consiste na definição do foco através da formulação de perguntas relacionadas à pesquisa, definição dos termos de busca, seleção das fontes de busca (base de dados). Febrero et al. (2014), ainda inclui nessa etapa a definição de critérios de inclusão e os critérios de exclusão (permitem selecionar estudos primários relevantes e incluí-los e excluir estudos que não correspondem a pesquisa);
- b) Realização da pesquisa: procura por documentos relevantes com o emprego dos termos de busca (palavras-chave) definidos;
- c) Extração dos dados: o objetivo é classificar os documentos, com detalhes para responder as questões elaboradas da pesquisa. Pode-se aplicar os critérios de inclusão e exclusão definidos.
- d) Análise do estudo: consiste em resumir os dados para a pergunta formulada. De acordo com Febrero et al. (2014), os revisores podem ler o título e o resumo com o intuito de encontrar termos e conceitos indiquem a contribuição do artigo. Os documentos podem ser agrupados em categorias de acordo com a aproximação das pesquisas. Os autores tomados como base para essa sequência afirmam que nessa fase, representações gráficas por tipo de classificação é um mecanismo de comunicação eficaz, pois proporciona melhor visualização dos dados.

2.1 Processo de aplicação do SMS

O primeiro passo foi definir a pergunta de investigação: Qual o panorama histórico da evolução do concreto pré-moldado, do passado até perspectivas futuras? Em seguida foram definidas as palavras-chave, que são os termos da busca para a pesquisa, as quais foram: "*precast and overview and manufacturing*", "*prefabricated and evolution and review*" e "*prefabrication and evolution and review*". As bases de dados escolhidas para o estudo foram: Compendex, Science Direct, Scopus, Springer e Web of Science.

Os critérios de seleção empregados foram os documentos que continham as palavras-chave e eram artigos em inglês. Artigos de áreas como, medicina e odontologia foram excluídas. Esses critérios foram adotados ainda nas bases de dados. Durante a pesquisa observou-se alguns artigos relevantes, como consequência da busca nas bases, esses artigos considerados como efeito bola de neve (*snowball sampling*) também foram incluídos no estudo. Após a seleção dos artigos, eles foram organizados em uma mesma

planilha eletrônica em ordem alfabética para exclusão dos artigos duplicados (1ª triagem). Na segunda triagem, a seleção foi realizada pelo título, foram excluídos os artigos que não eram relevantes ao assunto. A última triagem foi realizada após a leitura dos resumos, foram excluídos os artigos que não seguiam o tema da pesquisa.

Os dados extraídos das bases de dados foram analisados quanto à evolução da quantidade de publicações com a triagem; distribuição nas bases (antes e após os ciclos de análises). Os textos selecionados classificados de acordo com o ano de publicação, em três categorias: passado, presente e futuro.

2.2 Aderência dos textos e a evolução da pré-fabricação

Neste trabalho, além da aplicação do SMS optou-se por apresentar uma revisão dos artigos resultantes da seleção final do SMS. Com o objetivo de complementar as informações dos artigos decidiu-se por utilizar alguns termos de busca definidos no SMS em bases em português, de universidades brasileiras e na literatura cinzenta. Em relação à literatura cinzenta, Aina (2000) relata que na 3ª Conferência Internacional de Literatura Cinzenta, realizada em Luxemburgo em 1997, houve um consenso sobre a definição desse termo. Definiu-se um conceito abrangente que afirma que a literatura cinzenta não é controlada por interesse de publicação comercial e a publicação não é a principal atividade da organização, e que esse tipo de literatura é produzida em formatos impressos e/ou eletrônicos, pela academia, pelo governo, pelas empresas e indústrias.

Nesta pesquisa, a literatura cinzenta é considerada aquela literatura de artigos que não foram escritos em inglês, de congressos, conferências, apresentações em eventos, trabalhos acadêmicos, livros e apostilas.

3 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA EXISTENTE RELACIONADA A PRÉ- FABRICAÇÃO DE CONCRETO

Os resultados das publicações existentes a respeito do histórico da pré-fabricação de concreto, são apresentados aqui, primeiro da perspectiva bibliométrica e em seguida da análise das informações dos artigos selecionados, a partir da leitura dos resumos, por meio do agrupamento e classificação.

3.1 Perspectiva bibliométrica

A análise do ponto de vista da bibliometria foi realizada com o objetivo de fazer uma análise quantitativa da informação. Fonseca¹ (1986) apud Araújo (2006), define a bibliometria como sendo uma técnica quantitativa e estatística que serve para medir os índices de produção e difusão da ciência, assim como é realizado o procedimento de censo da população para a demografia.

As Figuras 1 e 2 ilustram em termos dos aspectos bibliométricos as informações resultantes da pesquisa. Na Figura 1 é apresentada a evolução do SMS em relação quantidade de artigos em cada triagem. Da pesquisa em todas as bases de dados especificadas utilizando os três termos de busca informados, resultaram em 566 textos, onde 22,8% eram duplicados, ou seja, resultou em 437 textos sem duplicidade. Após a análise dos títulos e em seguida dos resumos obteve-se 20 textos, com considerável redução de 96,5%.

O aspecto do quantitativo por base de dados é apresentado na Figura 2, ou seja, a distribuição dos textos de acordo com as bases de publicação. Essa distribuição é apresentada considerando o resultado total da busca e o resultado após a leitura dos resumos. Observa-se que dos 566 textos do total da busca, 197 é da base Compendex, sendo, portanto, a mais representativa quando se considera as palavras-chave empregadas. Após a leitura dos resumos, dos 20 textos selecionados, constatou-se que a Sciencedirect é a base mais representativa relacionada ao assunto, com 35% dos textos resultantes (7 de 20). A busca pelos artigos resultou, como afirmado anteriormente, em um efeito bola de neve, do qual se considerou dois textos da base Taylor & Francis, os dois da editora Routledge, que também foram selecionados no final.

¹ FONSECA, Edson Nery da (Org). **Bibliometria**: teoria e prática. São Paulo: Cultrix, Ed. da USP, 1986

Figura 1 - Evolução MSL nas triagens

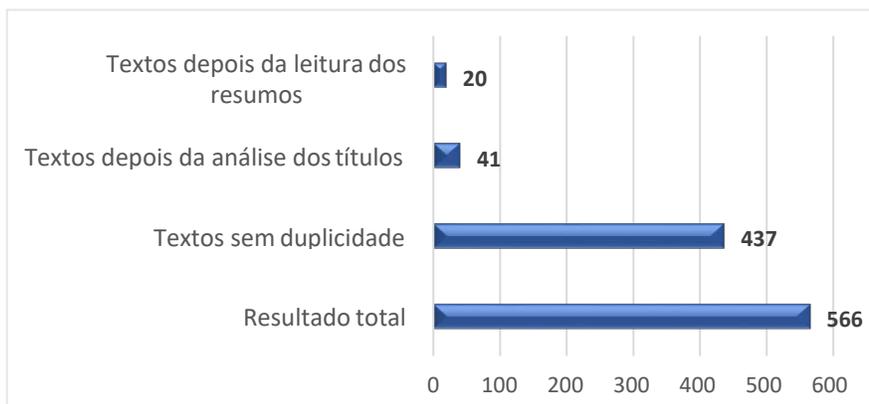
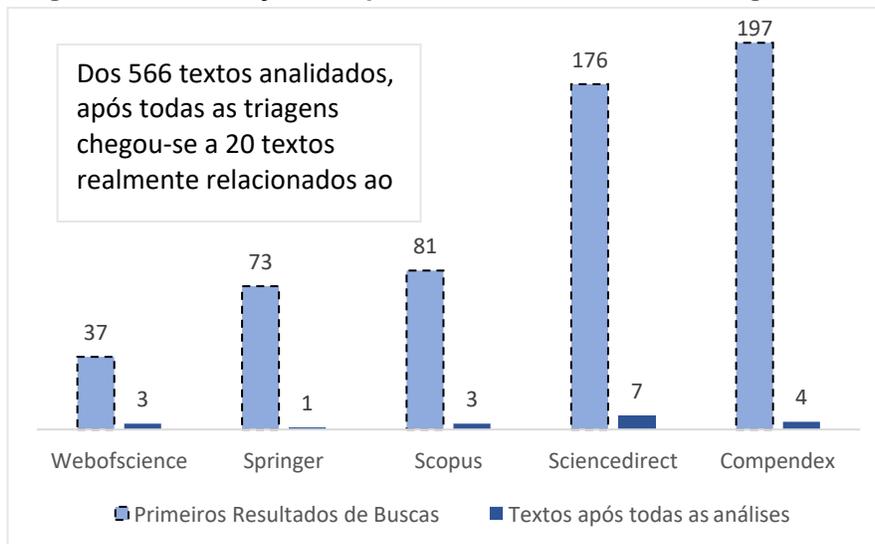


Figura 2 - Distribuição dos por base de dados início e triagem final

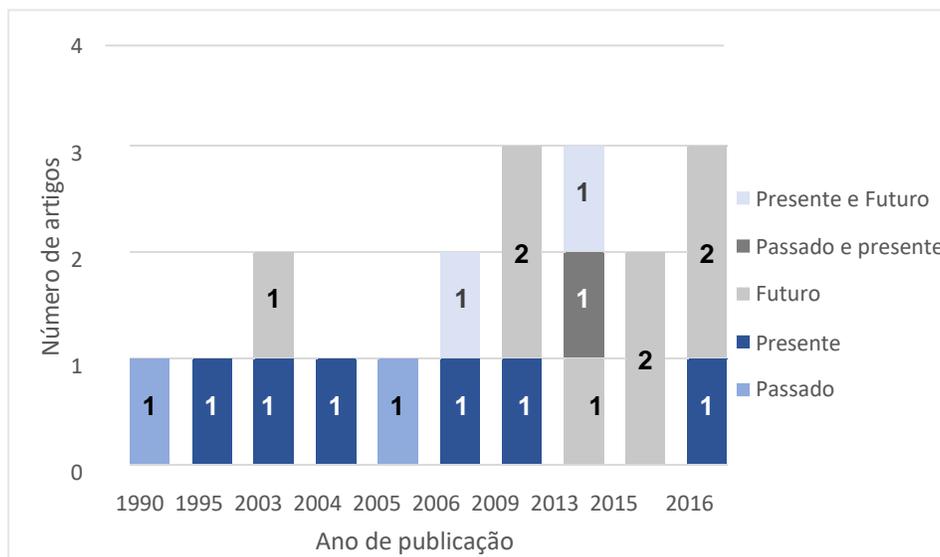


3.2 Análise dos textos selecionados

Após a leitura dos títulos e em seguida dos resumos obteve-se 20 textos diretamente relacionados ao assunto. Esses textos foram classificados em presente, passado e futuro. Durante a categorização observou-se que alguns artigos tratavam de mais de um período temporal, por exemplo dois artigos tratavam simultaneamente do presente e do futuro da pré-fabricação.

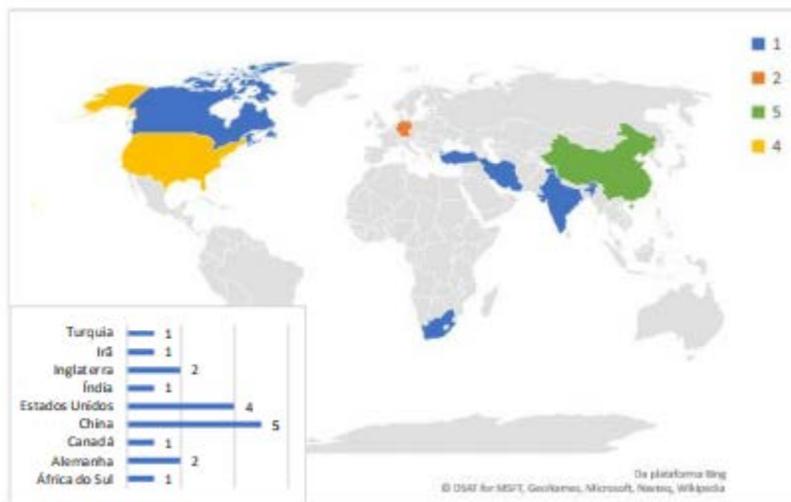
Na Figura 3 é possível observar que o tempo com menor quantidade de artigos é sobre o passado da pré-fabricação de concreto, somando dois artigos. Em relação ao presente, nota-se que há uma melhor distribuição, de artigos tratando sobre o presente do assunto, quando se considera o ano de publicação dos artigos. Já os textos que tratam sobre o futuro, em maior quantidade, estão concentrados nos anos de 2009- 2016 (ano de publicação). Verifica-se ainda que ocorreu uma evolução, com o passar dos anos, da publicação sobre o assunto, pois nos primeiros anos (1990-2005) a quantidade de publicações foi praticamente uma por ano, enquanto a partir de 2006 observa-se um crescimento, evidenciado principalmente em 2009, 2013 e 2016, anos que foram publicados três artigos sobre o assunto, principalmente sobre perspectivas futuras. Essa quantidade de artigos sobre o futuro evidencia a preocupação com o assunto em relação a melhoria de tecnologia empregadas na pré-fabricação.

Figura 3 - Distribuição por ano e por tempo



A partir dos títulos analisados verificou-se que a maior parte dos textos se trata sobre a pré-fabricação na China, pois dos 20 trabalhos obtidos 5 são da China e 4 dos Estados Unidos, como ilustrado na Figura 4. Dois artigos são oriundos de dois países diferentes, um deles de Israel e Inglaterra e o outro da Suécia e Inglaterra, por esse motivo não estão representados na Figura 4. Verifica-se uma escassez de dados temporais sobre a evolução da pré-fabricação na maioria dos países, inclusive no Brasil, que não foi obtido nenhum texto.

Figura 4 - Distribuição por país



4 PANORAMA DA PRÉ-FABRICAÇÃO DE CONCRETO

4.1 Histórico

O termo Pré-fabricação se deve a utilização de elemento estruturais confeccionados industrialmente antes do seu posicionamento final na obra e surgiu como uma ferramenta para suprir a falta de mão-de-obra qualificada, suplementos tradicionais e a necessidade de acelerar o tempo de execução de uma obra. Acredita-se que a pré-fabricação surgiu no pós-guerra, no entanto, segundo O'Neill e Organ (2016), há evidências de habitações com estruturas compostas com madeiras curvadas cruck frame entre 1200-1600.

Porém, para os autores grandes avanços tecnológicos e de empregos das técnicas originaram-se em períodos pós-guerra impulsionados principalmente, de acordo com Agren e Wing (2013) pelos arquitetos Walter Gropius, Mies van der Rohe, Frank Lloyd-Wright e Le Corbusier.

Conforme, Elliott (1995), nos anos de 1897-1898 foi construído a primeira estrutura de concreto pré-fabricado, o Moinho Weaver's (Figura 4) em Swansea. O grande edifício era parte do complexo de moinho de farinha da Weaver e Co e foi construído no sistema inventado ("béton armé") pelo francês, François Hennebique.

Com o fim da segunda guerra Mundial e a industrialização do setor a pré-fabricação de concreto foi amplamente utilizado entre 1950 a 1970 para reconstrução das cidades europeias. As repetições de peças, com estruturas modulares, monótonas e rígidas, além da falta de investimento no conhecimento tecnológico, provocaram acidentes e o aparecimento de inúmeras manifestações patológicas, isso acarretou uma rejeição social ao sistema. Com a aversão social, a pré-fabricação ficou isolada principalmente ao uso de painéis para fechamento, galpões e estruturas que necessitavam de grandes vãos e/ou montagem rápida. No decorrer das décadas, a pré-fabricação de concreto evoluiu suas técnicas, procurando reduzir a aversão ainda existente e criando um sistema flexível e aberto além de criar uma nova gama de produtos, como os painéis arquitetônicos e a laje alveolar.

Figura 4 - Moinho Weaver's. Primeira estrutura em concreto pré-fabricado da Grã-Bretanha.



Fonte: ididitthisway.wordpress.com/2011/12/14/weavers-flour-mill/ No Brasil, Vasconcelos (2002) destaca três fatos relevantes:

- a) O uso da pré-fabricação de peças de concreto na obra do hipódromo da Gávea em 1926, pela construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com a utilização de estacas de concreto nas fundações e das cercas no perímetro da obra;
- b) As obras realizadas pela Construtora Mauá, especializada em construções industriais, que utilizou de peças pré-moldados no próprio canteiro de obras para montagem de galpões; e
- c) A obra da Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo - CRUSP (Figura 5) da cidade universitária Armando Salles de Oliveira, em São Paulo, para abrigar estudantes provenientes de outras cidades, obra está que necessitava de um prazo curto para entrega. Nesta obra seis prédios foram construídos em concreto armado e outros seis foram montados com peças pré-fabricadas de canteiro.

O uso da pré-fabricação no Brasil foi consolidado a partir da década de 1980, pelo uso da Telha W e da importação de equipamentos para a produção de lajes pré-fabricadas alveolares. Limitava-se basicamente a obras de galpões e estruturas que necessitavam de grandes vãos, além da chegada de multinacionais já familiarizadas com o emprego do sistema. Com o destaque estrutural, as lajes alveolares foram utilizadas em prédios de sistemas convencionais. A criação de shoppings centers, com prazos curtos e vãos e cargas desafiadoras, acarretou o destaque e desenvolvimento da pré-fabricação na construção brasileira. Assim como na Europa, a pré-fabricação brasileira buscou se adaptar a um sistema aberto e flexibilizado para uma melhor inserção ao mercado nacional.

Figura 5 –Vista aérea do CRUSP: em primeiro plano a construção térrea do conjunto da Reitoria, unindo os blocos K e L, ambos construídos com pré-fabricados de concreto.



Fonte: Cabral, 2009.

4.2 Situação Atual e Projeção Futura

A falta de conhecimento sobre a pré-fabricação e o baixo número de mão-de-obra operacional qualificada dificultam a disseminação desse sistema. Além disso, o custo final do sistema industrializado pré-fabricado de concreto é mais caro quando comparado ao de uma construção convencional. Isso se deve ao controle tecnológico, requisitos básicos de qualidade e de resistência, tanto para atender a resistência mínima como a protensão, para acelerar o desmolde e reutilização das formas, para o transporte e montagem das peças. Associado a tudo isso ainda é preciso fazer o transporte do pré-fabricado até a obra.

Para atingir a maior gama possível do mercado, a pré-fabricação de concreto buscou um sistema aberto e flexível, que começou a utilizar a modelagem em BIM. Além disso, tem-se buscado a interação entre projetos e fabricação, o que torna a produção pré-fabricada cada vez mais complexa, com uma grande gama de diferentes peças (moldes) para infinitas possibilidades de fabricação, praticamente com diversas peças específicas para cada tipo de projeto.

Com um setor com fluxos complexos e grande variação de prazos, as fábricas sofrem para atender as grandes viradas de demanda, criando um grande número de produtos nos estoques entre os processos. Ray et al. (2016), relataram que a cada dez empresas americanas, oito já apresentam programas de produção enxuta. Para Bock (2015), uma futura "automação de construção" auxiliaria na implementação dos conceitos Lean.

Neelamkavil (2009) comenta sobre a utilização de robôs na indústria de pré-fabricados, ele relata que foram utilizados primeiro na fabricação e produção de casas modulares. O autor ainda relata que o uso do ambiente de realidade virtual pode ser empregado para integração. Um ambiente de realidade virtual é importante, pois pode suportar o projeto e a montagem de um edifício como componentes pré-fabricados. Associado a isso, pode ser empregado o escaneamento a laser para produção das peças e o uso do 3D.

No Brasil, sabe-se das variáveis e complexidades dos processos construtivos, o que influencia nos fluxos construtivos, assim o emprego das técnicas Lean e o uso do Bim podem contribuir para a melhoria dos processos, redução dos custos e melhoria da qualidade. Vale destacar a sanção da Norma de Desempenho que poderá impactar no futuro deste setor. Uma vez que para atender ao desempenho irá exigir, segundo Retik e Warszawski (1994), um grande controle tecnológico e produtos com qualidade e vida útil de projetos já presentes na pré-fabricação de concreto e que impactam nos custos atuais das construções convencionais, melhorando a participação deste segmento no mercado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo isso em vista que o objetivo deste artigo que foi identificar os estudos e pesquisas existentes sobre a evolução da pré-fabricação de concreto, e apresentar um estudo, com base na literatura, sobre a evolução da pré-fabricação de concreto, verificou-se que foram encontrados 566 textos nas bases de dados, mas apenas 20 apresentaram aderência ao tema (evolução histórica da pré-fabricação de concreto). Em seguida, classificou-se os trabalhos resultantes em períodos temporais (passado, presente e futuro). A maior quantidade concentrou-se em "Futuro", com oito artigos, e a menor em "Passado", com dois artigos. Os resultados obtidos sinalizam a necessidade de maiores estudos sobre o tema. Considera-se que, para um melhor entendimento da pré-fabricação, que é um sistema construtivo que possibilita vantagens tecnológicas, é importante conhecer os desafios enfrentados desde sua introdução no mercado até as suas perspectivas futuras.

A partir dos aspectos observados com no panorama histórico da pré-fabricação de concreto verificou-se que, essa indústria evoluiu muito com o tempo, passou tempos de grande uso como no pós-guerra, decaiu e nos últimos anos está em ascensão. Além disso, a produção dos componentes para uso no sistema flexibilizado permite modificações dos elementos e o emprego de várias formas arquitetônicas atraindo a escolha para o modelo da pré-fabricação.

Portanto, considerando a evolução da pré-fabricação de concreto, os produtores de pré-fabricados de concreto podem melhorar significativamente a produtividade através da aplicação de tecnologias enxutas de produção, informação e automação do processo produtivo. Isso pode incluir estratégias para reduzir os desperdícios, adoção de métodos de reciclagem e de armazenamento e ainda implantação de tecnologias para um transporte eficiente sem causar defeitos nos componentes pré-fabricados.

6 REFERÊNCIAS

- ÅGREN, Robert; WING, Robert D.. Five moments in the history of industrialized building. *Construction Management And Economics*, v. 32, n. 1-2, p.7-15, 17 out. 2013.
- AINA, L.O. Grey literature and library and information studies: a global perspective. *International Journal on Grey Literature*, Vol. 1 No. 4, pp. 179-182, 2000.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, 12(1), p. 11-32, jan./jun, 2006.
- BOCK, Thomas. The future of construction automation: Technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics. *Automation In Construction*, v. 59, p.113-121, nov. 2015. Elsevier BV.
- BUDGEN, D.; TURNER, M.; BRERETON, P.; KITCHENHAM, B. Using mapping studies in software engineering. *Proc. PPIG 2008 (2008)* 195–204.
- CABRAL, Neyde A. Joppert. *A Recuperação do CRUSP*. São Paulo: 2009.
- FEBRERO, F.; CALERO, C.; MORAGA, M. A. A systematic mapping study of software reliability modeling. *Information and Software Technology*, v. 56, p. 839-849, Mar. 2014.
- ELLIOTT, K. S. *Multi-Storey Precast Concrete Framed Structures*. Blackwell Science, 1995.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE, Keele University and Durham University Joint, Report, 2007.
- NEELAMKAVIL, J. Automation in the Prefab and Modular Construction Industry. In: *International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 26., 2009, Austin Tx. Proceedings of the 26th ISARC. Austin Tx: Isarc, 2009. p. 299 - 306.
- O'NEILL, Daniel; ORGAN, Samantha. A literature review of the evolution of British prefabricated low-rise housing. *Structural Survey*, v. 34, n. 2, p.191-214, 9 maio 2016. Emerald.
- PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 2015, pp. 1-18.
- PETTICREW, M.; ROBERTS, H. *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Blackwell Publishing, 2006.
- RAY, Bill; RIPLEY, Paul; NEAL, Doug. Lean Manufacturing A Systematic Approach to Improving Productivity in the Precast Concrete Industry. *PCI Journal*. p. 62-71. 2006.
- RETIK, A.; WARSZAWSKI, A. Automated design of prefabricated building. *Building And Environment*, v. 29, n. 4, p.421-436, out. 1994. Elsevier BV.
- RIBEIRO, M. S. A industrialização como requisito para a racionalização da construção. 93 f. Dissertação – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002, Rio de Janeiro: Brasil.
- VASCONCELOS, A. C. (2002). *O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações*. Volume III. Studio Nobel. São Paulo.