RASTREABILIDADE DO CONCRETO ATRAVÉS DE MODELO BIM 4D. ESTUDO DE CASO: EDIFICIO RESIDENCIAL DE 4 PAVIMENTOS[1]

BENACHIO, G. L. F., Universidade Federal do Paraná, e-mail: gabrielfbenachio@gmail.com; BINDO, G. G., Universidade Federal do Paraná, e-mail: giullianobindo@gmail.com; MARQUES, J. L. S., Universidade Federal do Paraná, e-mail: zejlsm@gmail.com

ABSTRACT

Most of the pathological manifestations found in reinforced concrete structures derive from poor execution in the concreting period, and searching the causes of these problems can be very difficult. Given this, it is important to carry out the concrete tracking, mapping the concrete used in each part of the structure. However, the current process is usually manual, serving only as a control to the contractor, making it difficult for the owner to have access, when necessary. Considering this scenario, this paper proposes the use of BIM technology for the creation of a BIM 4D model of concrete mapping. For this purpose, a four-story building was studied, in which the concreting tracking process was carried out. Subsequently, it was created the structural 3D model on Revit software (Autodesk), built the concreting schedule on MS Project (Microsoft) and incorporated the concrete information, collected on site, on Navisworks software (Autodesk). As a result, it was possible to obtain a BIM 4D model with the information of the concrete for each structural part of the studied building, document the executive sequence, analyze cases in which the structural element had its concreting interrupted and review executive failures.

***Keywords**: Concreting tracking. Concrete mapping. Building Information Modeling. BIM.*

1 INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado são as predominantes no Brasil, sendo portanto, essa metodologia construtiva a mais comum. Assim, é de grande importância compreender as manifestações patológicas que podem ocorrer durante o ciclo de vida das estruturas, relacionadas a esse método (SANTOS e OLIVEIRA, 2008). Segundo Piancastelli (2017) metade dos problemas ocorridos com a estrutura de concreto armado são causados por má execução no período de concretagem.

Para identificar possíveis causas de uma manifestação patológica, pode ser utilizado o rastreamento da concretagem da estrutura (NAKAMURA, 2011). Esta prática permite o conhecimento de informações relevantes do concreto aplicado na peça estrutural, que pode vir a apresentar alguma manifestação patológica. Apesar de ser um processo com grande importância para vida útil da estrutura, sua realização ainda é feita de forma manual (CARMONA, 2017). A NBR 12655, responsável pelo regulamento da

[1]BENACHIO, G. L. F., BINDO, G. G., MARQUES, J. L. S. Rastreabilidade do concreto através do modelo BIM 4D. Estudo de caso: Edifício residencial de 4 pavimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

atividade de rastreio e mapeamento de concreto, determina que a documentação referente ao concreto empregado deve estar disponível e arquivada pelo prazo de cinco anos.

Diante disso, este artigo propõe a utilização do processo de Modelagem da Informação da Construção (BIM) como ferramenta de modelagem, visualização e armazenamento de dados para o mapeamento de um edifício residencial de quatro pavimentos na região metropolitana de Curitiba.

BIM é o processo responsável pela criação e simulação de um projeto (LI et al., 2018) que consiste de modelos tridimensionais paramétricos conectados com seu planejamento, construção e operação (ABANDA e BYERS, 2016). Dentro deste processo, uma análise possível com a adição do cronograma como parâmetro de tempo é conhecida como BIM 4D (GOURLIS e KOVACIC, 2016), permitindo que os construtores possam simular e gerenciar as diversas etapas do projeto antes do início da obra de maneira mais efetiva (JUPP, 2017).

Para a análise desta pesquisa foi realizado o mapeamento da concretagem *in-loco* e posteriormente criado um modelo BIM 4D com os dados coletados, gerando informações importantes para a manutenção deste edifício.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O concreto armado é o principal produto fabricado na construção civil, devido a durabilidade de suas estruturas, resistência e pela facilidade de execução (RIBEIRO et al., 2014). Segundo Freire (2001) a confecção da estrutura de concreto armado pode ser subdivida em eventos cronológicos que envolvem desde sua preparação até a concretagem final. Sendo assim, há uma série de variáveis no processo que influenciam na qualidade final da estrutura.

Na concretagem, as etapas de lançamento e adensamento são fundamentais para garantir a resistência, impermeabilização e durabilidade do concreto no estado endurecido (NEVILLE E BROOKS, 2010; MEHTA e MONTEIRO, 2014). Diante disso, Piancastelli (2017) afirma que a má execução da concretagem é responsável por 51% das causas de manifestações patológicas em estruturas de concreto no Brasil.

Segundo Nakamura (2011), o mapeamento da concretagem é imprescindível, devendo conter a identificação do caminhão-betoneira, data e hora da entrega do concreto, número da nota fiscal e a área do concreto lançado. Mapear os lançamentos é essencial para uma identificação rápida do concreto que está sendo afetado por uma eventual manifestação patológica (ABESC, 2007).

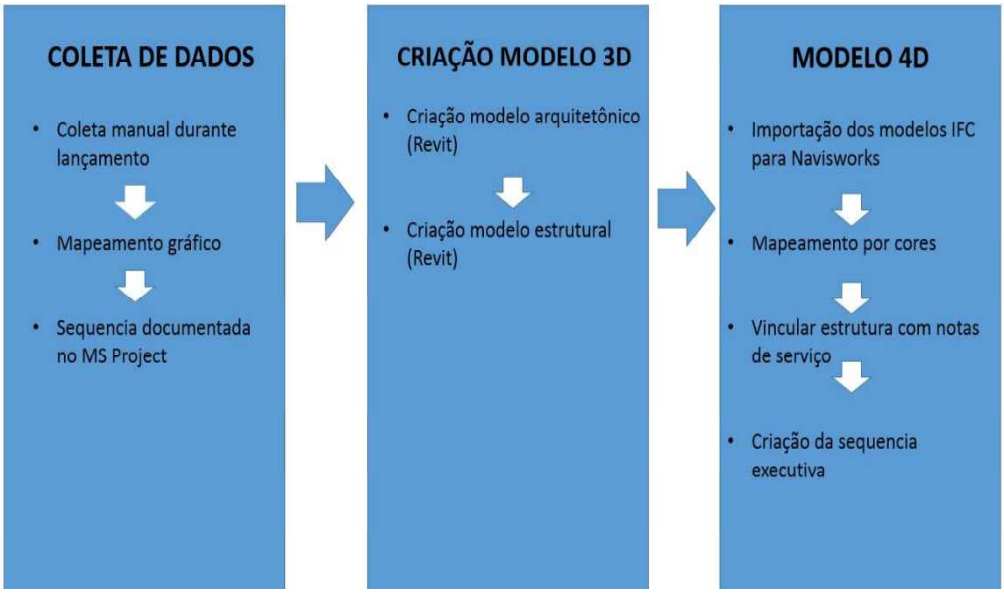
Helene (2004) propõe que a durabilidade da estrutura seja uma cooperação de esforços entre projetistas, construtores e proprietários. O processo BIM

utilizado nesta pesquisa permite essa integração entres os diversos envolvidos.

3 MÉTODO

Para esta pesquisa foi realizado um estudo de caso de um edifício residencial de 4 pavimentos, com o objetivo de garantir a rastreabilidade do concreto usado na execução da superestrutura. A sequência executiva descrita com detalhes neste item é simplificada pela Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do Método



Fonte: Os autores

3.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada durante as datas do lançamento do concreto, sendo efetuadas anotações referentes a sequência executiva e marcação dos tempos de início de cada caminhão. Essas informações foram correlacionadas com uma planta do pavimento concretado para identificação dos elementos estruturais e efetuar o mapeamento correspondente aos caminhões. Por fim foram realizados registros fotográficos e digitalizadas as ordens de serviço. Estes dados coletados foram posteriormente digitalizados no software MS Project, para a possibilidade de compatibilização com os modelos BIM 3D que seriam criados.

3.2 Criação do Modelo 3D

O software escolhido para a modelagem BIM 3D do projeto arquitetônico e estrutural foi o Revit (Autodesk). A escolha da realização da modelagem do projeto arquitetônico foi apenas para a facilidade de visualização do modelo completo, portanto apenas as paredes, esquadrias, pisos e telhado.

A modelagem do projeto estrutural apenas contemplou a superestrutura, por ser o foco desta pesquisa. A sequência executiva utilizada para este modelo foi a modelagem completa dos elementos estruturais de cada pavimento, dividindo-os em diferentes famílias, devido a intenção de posteriormente compatibilizar cada elemento estrutural com os dados coletados no período da concretagem.

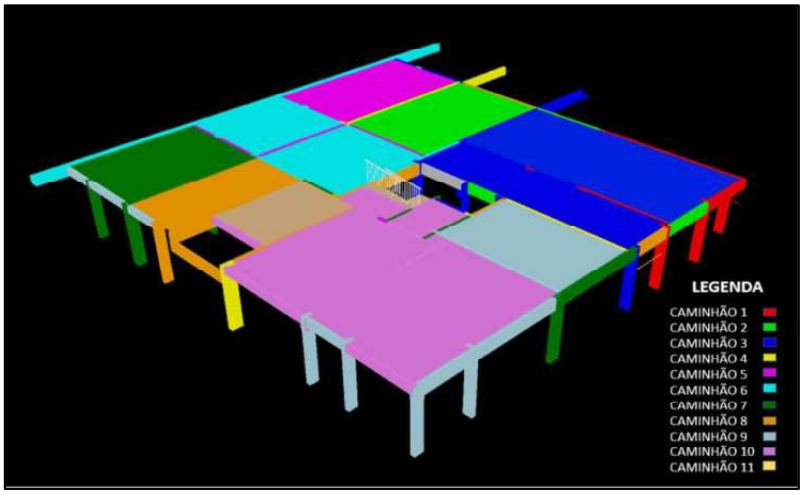
3.3 Modelo BIM 4D

O software escolhido para o gerenciamento do modelo no tempo foi o Navisworks Manage (Autodesk), possibilitando que os modelos arquitetônico e estrutural fossem exportados em formato compatível, IFC. Ao modelo estrutural foram anexadas as seguintes propriedades em seus elementos: cor, inclusão dos arquivos de ordem de serviço, fotos e sequência executiva.

3.3.1 Mapeamento por cor

Para identificação do elemento estrutural com o respectivo caminhão, utilizou-se a inclusão de cores com uma sequência lógica. A Figura 2 demonstra o mapeamento do pavimento térreo, que apresentou maior número de caminhões para a execução.

Figura 2 – Mapeamento do pavimento térreo



Fonte: Os autores

3.3.2 Documentos

A fim de melhorar a compreensão de qual o concreto foi utilizado para cada parte da estrutura, além das cores, foi anexado no modelo a correspondente ordem de serviço em formato PDF. A identificação dos problemas ocorridos durante e após a execução também foram registrados no modelo, sendo abordados nos resultados.

3.3.3 Sequência executiva

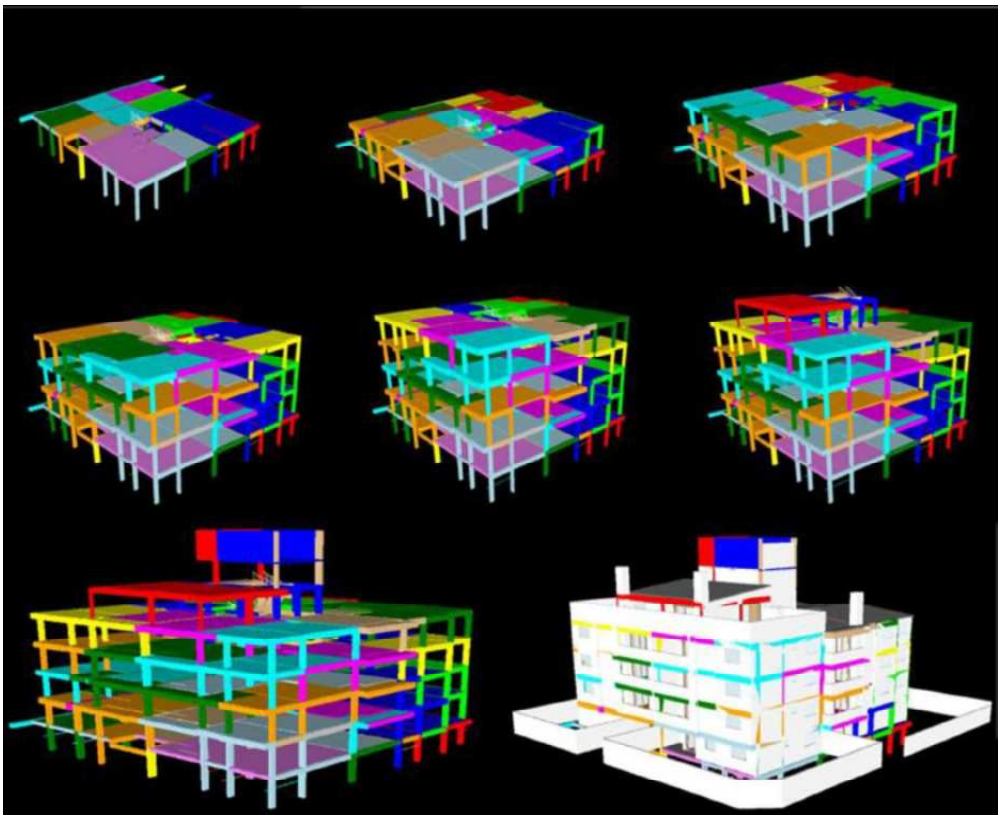
A inclusão da sequência executiva buscou facilitar a compreensão do lançamento de concreto na estrutura. Para isso foi necessário criar um vínculo entre a planilha do MS Project e o modelo estrutural 3D. A Figura 3 mostra a Timeliner do Navisworks Manage com a sequência executiva dos elementos estruturais modelados, enquanto a Figura 4 mostra a evolução executiva do modelo por pavimento.

Figura 3 – Timeliner do Navisworks Manage

Active	Name	Status	Actual Start	Actual End	Task Type	Attached
☑	⊟ New Data Source (Root)		25/01/2017	29/05/2017		
☑	⊟ CONCRETAGEM		25/01/2017	29/05/2017	Construct	
☑	⊞ PAVIMENTO TÉRREO		25/01/2017	25/01/2017	Construct	
☑	⊞ PAVIMENTO 2		16/02/2017	17/02/2017	Construct	
☑	⊞ PAVIMENTO 3		15/03/2017	15/03/2017	Construct	
☑	⊟ PAVIMENTO 4		05/04/2017	05/04/2017	Construct	
☑	⊞ 305197		05/04/2017	05/04/2017	Construct	
☑	⊞ 305201		05/04/2017	05/04/2017	Construct	
☑	⊟ 305205		05/04/2017	05/04/2017	Construct	
☑	Concreto-Viga Retangular:V11a - T4:618707		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	Concreto-Viga Retangular:V46 - T4:618799		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	M_Concreto-Retangular-Coluna:P27 - T4:733025		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	Concreto-Viga Retangular:V14 - T4:618721		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	M_Concreto-Retangular-Coluna:P26 - T4:731410		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	Concreto-Viga Retangular:V43 - T4:618791		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	L14 - T4:L14 - T3:633311		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	L14 - T4 (2):L14 - T3 (2):633384		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	Concreto-Viga Retangular:V47b - T4:645638		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	Concreto-Viga Retangular:V18b - T4:645612		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	M_Concreto-Retangular-Coluna:P33 - T4:731484		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	Concreto-Viga Retangular:V18a - T4:618731		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...
☑	L26 - T4:L26 - T3:645145		05/04/2017	05/04/2017	Construct	Explicit...

Fonte: Os autores

Figura 4 – Evolução do modelo por pavimento



Fonte: Os autores

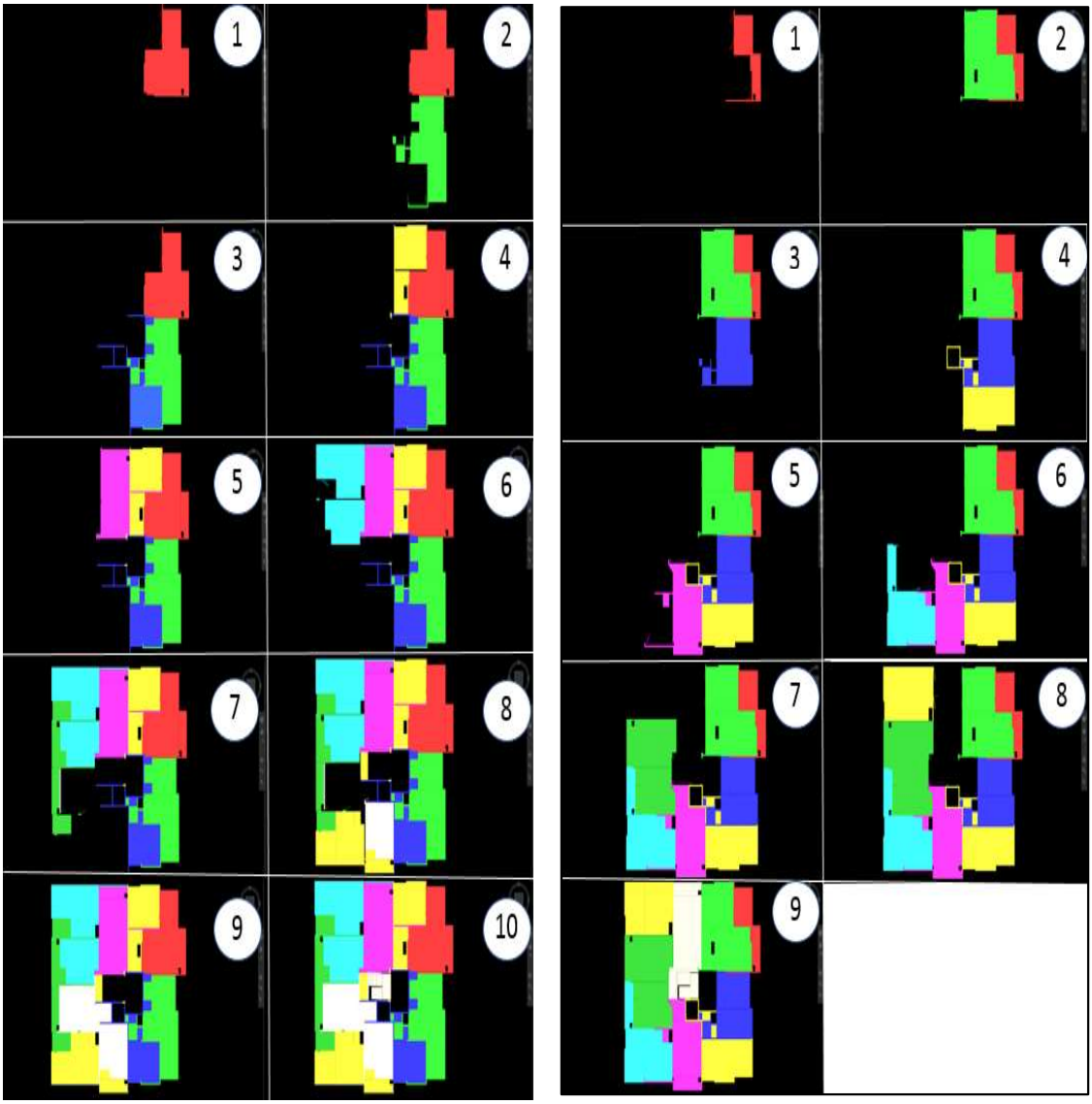
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do modelo criado, foi possível a obtenção de três principais resultados, a sequência executiva da concretagem, os elementos estruturais que tiveram a sua concretagem interrompida e possíveis situações de risco.

4.1 Sequência executiva

Através do modelo foi possível identificar a não padronização da concretagem. A Figura 5 compara a evolução da concretagem para a forma do 3º pavimento e a do 4º pavimento, devido a ambos serem pavimento tipo. Os números contidos na figura representam a ordem de chegada dos caminhões, e, portanto, a sequência executiva.

Figura 5 – Concretagem do 3º pav. (esquerda) e 4º pav. (direita)



Fonte: Os autores

Nota-se a que os lançamentos não foram planejados, uma vez que no lançamento do 3º pavimento há uma descontinuidade entre o 3º caminhão e o 4º caminhão, possuindo a partir desse um sentido anti-horário na concretagem. Já a concretagem do 4º pavimento apresenta um sentido horário em seu lançamento, deixando em aberto a interface esquerda em que o 2º caminhão preencheu.

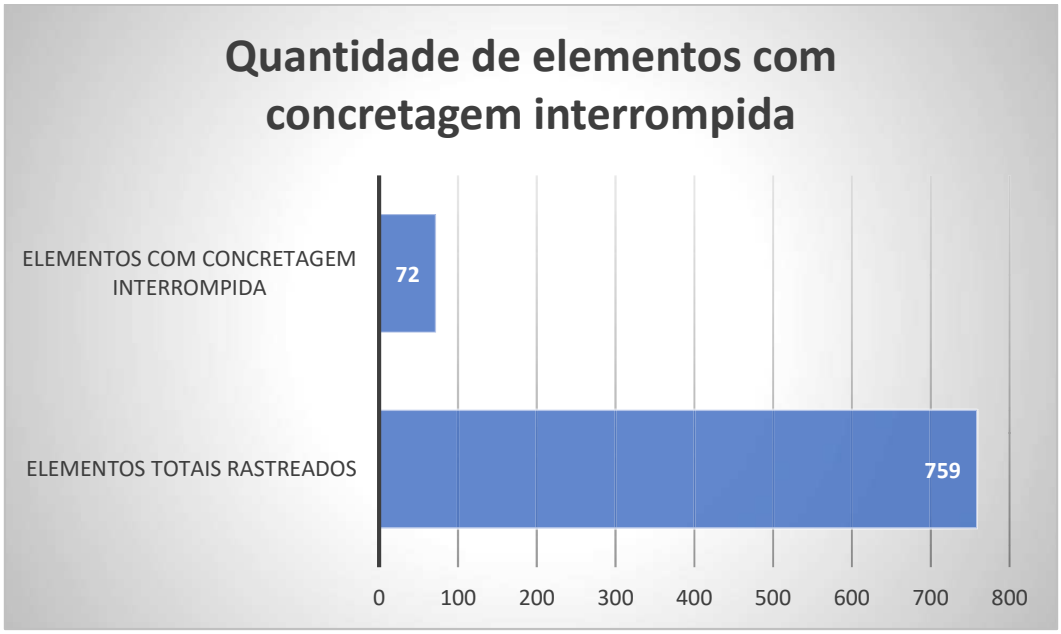
A descontinuidade do 3º pavimento, só foi preenchida depois de 2 horas, metade do tempo de descarregamento para o pavimento. Esse período corresponde ao intervalo de 2 a 4 horas em que deve ser evitado a sua interrupção do lançamento (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

4.2 Elementos estruturais com sua concretagem interrompida

Com o mapeamento da concretagem, foi possível a identificação das estruturas que tiveram sua concretagem interrompida, continuando apenas com a chegada de um novo caminhão de concreto. Devido a concretagem ter sido feita sem uma sequência executiva planejada, diversas peças estruturais foram executadas em etapas distintas espaçadas no tempo, gerando juntas frias. Além de ocasionar a não homogeneidade do concreto lançado, essa descontinuidade nas concretagens é mais propensa a erros executivos.

Para esta análise, foram consideradas quatro tipos de peças estruturais diferentes, os pilares, as vigas, as lajes e a escada. O resultado foi extraído a partir dos elementos que possuem mais de uma ordem de serviço do caminhão de concreto associada. O Gráfico 1 mostra a quantidade total de elementos estruturais que foram rastreados durante a concretagem e a quantidade daqueles que apresentaram interrupções. É possível notar que 9,5% de todos os elementos tiveram sua concretagem interrompida.

Gráfico 1 – Quantidade de elementos com concretagem interrompida



Fonte: Os autores

4.3 Possíveis situações de risco

Por fim foram identificadas as situações de risco referente aos principais problemas observados na estrutura após o termino da concretagem. Através do modelo foi possível identificar os seguintes problemas: concretagem interrompida, nichos de concretagem, segregação do concreto e armadura exposta.

Para o acesso destas informações no modelo foram inseridas fotografias vinculadas a cada um dos elementos estruturais que apresentaram os problemas identificados. Na Figura 6 é mostrado como pode ser feito o acesso a estas informações.

Figura 6 – Elemento estrutural com nicho de concretagem



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

Através do modelo BIM 4D foi possível identificar qual o caminhão responsável para cada concretagem, de qualquer peça estrutural pertencente a superestrutura do edifício estudado. Essa informação foi obtida através das ordens de serviços em PDF, da visualização da execução e identificação da ordem de chegada dos caminhões e sua concretagem sequencial. Também foram identificadas possíveis situações de riscos e estruturas que tiveram sua concretagem interrompida. Além disso, a adição do modelo arquitetônico tornou as informações claras e acessíveis, para que no futuro, a peça estrutural seja identificada através da comparação entre o edifício concluído e o modelo.

Em suma, o modelo criado se apresentou como uma excelente ferramenta para a concentração de dados, evitando que os mesmos se percam com o tempo. Para estudos futuros, seria interessante a criação de uma estrutura de armazenamento dos dados da concretagem dentro do modelo BIM, possibilitando uma constante entrada de dados da edificação, permitindo que este modelo funcione como uma *Facility Management* do empreendimento, tornando-o uma ferramenta importante para a manutenção, um conceito tão importante, mas muitas vezes desprezado no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

ABANDA, F. H.; BYERS, L. An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using BIM (Building Information Modeling). **Energy**, v.97, p. 517-527, fev. 2016.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL (ABESC). **Manual do concreto dosado em central**. São Paulo, 2007. Disponível em <http://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>. Acesso: 4 ago. 2017.

CARMONA, T. Mapeamento da concretagem traz informações essenciais sobre elementos concretados. **Mapa da Obra**, jan. 2017. Disponível em: <http://www.mapadaobra.com.br/inovacao/mapeamento-da-concretagem-traz-informacoes-essenciais-sobre-elementos-concretados/>. Acesso em: 04 set. 2017. Entrevista.

FREIRE, T. M. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações**: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo. 2001. 325f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

GOURLIS, G.; KOVAVIC, I. Building Information Modeling for analysis of energy efficient industrial buildings – A case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p. 953-963, mar. 2016.

HELENE, P. A nova ABNT NBR 6118 e a vida útil das estruturas de concreto. In: SEMINÁRIO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2004, Porto Alegre. **Proceedings**... Porto Alegre: UFRGS, 2004. p. 1-30.

JUPP, J. 4D BIM for Environmental Planning and Management. **Procedia Engineering**, v. 180, p. 190-201, 2017.

LI, X.; WU, P.; SHEN, G. Q.; WANG, X.; TENG, Y. Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM): A bibliometric approach. **Automation in Construction**, v. 84, p. 195-206, set. 2017.

METHA, P.K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2014.

NAKAMURA, Juliana. **Mapeamento de concretagem**. Julho de 2011. Disponível em: < http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/37/mapeamento-de-concretagem-220680-1.aspx>. Acesso em 14 de setembro de 2017.

NEVILLE, A.M; BROOKS, J.J.; **Concrete Technology**, 2nd ed. England: British Library Cataloguing, 2010.

PIANCASTELLI, E.M. **Patologias no concreto: Sintomas, causas e reparos**. Grupo IDD, 2017. Relatório Técnico.
RIBEIRO, D. V.; SALES, A.; SOUSA, C. A. C. de; ALMEIDA, F. C. R.; CUNHA, M. P. T.; LOURENÇO, M. Z.; HELENE, P. **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 272 p.

SANTOS, R. E. dos; OLIVEIRA, B. J. de. A armação do concreto no Brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 15, n. 16, jun. 2008.