

University of Cantabria / University of Granada

Organizers:



# REHABEND 2022

## Euro-American Congress

CONSTRUCTION  
PATHOLOGY,  
REHABILITATION  
TECHNOLOGY AND  
HERITAGE MANAGEMENT

Granada (Spain) - September 13<sup>th</sup>-16<sup>th</sup>, 2022

Sponsor entities:



# ***REHABEND 2022***

***CONSTRUCTION PATHOLOGY, REHABILITATION TECHNOLOGY AND  
HERITAGE MANAGEMENT***

*(9<sup>th</sup> REHABEND Congress)*

**Granada (Spain), September 13<sup>th</sup>-16<sup>th</sup>, 2022**

PERMANENT SECRETARIAT:

**UNIVERSITY OF CANTABRIA**

Civil Engineering School

Department of Structural Engineering and Mechanics

Building Technology R&D Group (GTED-UC)

Avenue Los Castros 34, 39005 SANTANDER (SPAIN)

Tel: +34 942 201 761 (43)

Fax: +34 942 201 747

E-mail: [rehabend@unican.es](mailto:rehabend@unican.es)

[www.rehabend.unican.es](http://www.rehabend.unican.es)

## REHABEND 2022

ORGANIZED BY:



UNIVERSITY OF CANTABRIA (SPAIN)  
[www.unican.es](http://www.unican.es) // [www.gted.unican.es](http://www.gted.unican.es)



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

UNIVERSITY OF GRANADA (SPAIN)  
[www.ugr.es](http://www.ugr.es)

CO-ORGANIZERS ENTITIES:



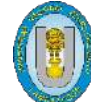
CHILE-UNIVERSIDAD AUSTRAL DE  
CHILE



ITALY-POLITECNICO DI BARI



MEXICO-UNIV. MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO



PERU-UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO



PORTUGAL-UNIVERSIDADE  
DE AVEIRO



PORTUGAL-INSTITUTO SUPERIOR  
TÉCNICO | UNIV. DE LISBOA



SPAIN-TECNALIA RESEARCH &  
INNOVATION



SPAIN-UNIVERSIDAD DEL  
PAIS VASCO



SPAIN-UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
DE CATALUÑA



SPAIN-UNIVERSIDAD DE BURGOS



SPAIN-UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
DE MADRID



SPAIN-UNIVERSIDAD DE SEVILLA



SPAIN-UNIVERSIDAD EUROPEA  
MIGUEL DE CERVANTES



UNITED STATES OF AMERICA-  
UNIVERSITY OF MIAMI



URUGUAY-UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA

CONGRESS CHAIRMEN:

IGNACIO LOMBILLO  
MARIA PAZ SÁEZ

CONGRESS COORDINATORS:

HAYDEE BLANCO  
YOSBEL BOFFILL

EDITORS:

HAYDEE BLANCO  
YOSBEL BOFFILL  
IGNACIO LOMBILLO

GUEST EDITOR:

MARIA PAZ SÁEZ

INTERNATIONAL SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE:

HUMBERTO VARUM – UNIVERSITY OF PORTO (PORTUGAL)  
PERE ROCA – TECHNICAL UNIVERSITY OF CATALONIA (SPAIN)  
ANTONIO NANNI – UNIVERSITY OF MIAMI (USA)

The editors does not assume any responsibility for the accuracy, completeness or quality of the information provided by any article published. The information and opinion contained in the publications are solely those of the individual authors and do not necessarily reflect those of the editors. Therefore, we exclude any claims against the author for the damage caused by use of any kind of the information provided herein, whether incorrect or incomplete.

The appearance of advertisements in these Scientific Publications (Printed Book of Abstracts & Digital Book of Articles - REHABEND 2022) is not a warranty, endorsement or approval of any products or services advertised or of their safety. The Editors does not claim any responsibility for any type of injury to persons or property resulting from any ideas or products referred to in the articles or advertisements.

The sole responsibility to obtain the necessary permission to reproduce any copyright material from other sources lies with the authors and REHABEND 2022 Congress can not be held responsible for any copyright violation by the authors in their article. Any material created and published by REHABEND 2022 Congress is protected by copyright held exclusively by the referred Congress. Any reproduction or utilization of such material and texts in other electronic or printed publications is explicitly subjected to prior approval by REHABEND 2022 Congress.

ISSN: 2386-8198 (printed)

ISBN: 978-84-09-42252-4 (Printed Book of Abstracts)

ISBN: 978-84-09-42253-1 (Digital Book of Articles)

Legal deposit: SA - 132 - 2014

Printed in Spain by Círculo Rojo

118	REHABILITATION OF THE TXATXARRAMENDI BRIDGE IN BUSTURIA-SUKARRIETA (BIZKAIA) <i>Pérez Salazar, Laura; Barroso Prados, Fran; Piñero Santiago, Ignacio; Orbe Mateo, Aimar; Ezquerro Andreu, Mikel</i>	..... 2139
175	MEMORIES OF IMMIGRATION - THE RESTORATION OF THE HOTEL LANFREDI <i>Betemps Vaz Da Silva, Juliana; Rauber Motter, Cristiane; Werner, Priscila; Lorscheiter, Aline; Matozo da Silva, Luana; Herpich, Bruna</i>	..... 2148
178	THE RESTORATION OF SANTA CRUZ CHURCH IN ECIJA (SEVILLE): THE BUILDING AS PLOT <i>Rincón-Calderón, José María; de Sola-Caraballo, Javier; Galán-Marín, Carmen; Rivera-Gómez, Carlos</i>	..... 2156
223	<b>ANALYSIS OF LEAN CONSTRUCTION INFLUENCE IN BUILDING PROCESSES USING BIM 4D: CASE STUDY</b> <i>Ferrer, Pedro A. M.; Ribeiro, Rodrigo S.; Oliveira, Rui A. F.</i>	..... 2165
225	PLANNING AND MANAGEMENT OF AGRICULTURE WAREHOUSE CONVERSION PROJECT: A CASE STUDY <i>Oliveira, Rui A. F.; Abreu, Maria Isabel; Lopes, Jorge</i>	..... 2174
228	THE ROOF OF THE SANTA LUCIA CHURCH - FERREÑAFE: INTERVENTIONS FOR THE MAINTENANCE OF THEIR STRUCTURAL AND FUNCTIONAL INTEGRITY <i>Chirinos, Haydeé; Zárate, Eduardo; Beltrán, Freddy</i>	..... 2184
229	INCORPORATION OF HIGH ENERGY PERFORMANCE AND SUSTAINABILITY CRITERIA IN THE ARCHITECTONIC AND STRUCTURAL RETROFIT OF INDUSTRIAL HERITAGE BUILDINGS: THE CASE OF THE NEW COURTS IN SERENA, CHILE <i>Videla, José Tomás; Huenchuñir, Marcelo; Bustamante, Fermín; Martínez, Patricia</i>	..... 2192
259	THE GOTHIC OF THE TWENTIETH CENTURY IN COLOMBIA. RESTORATION PROJECT OF THE CHURCH OF THE INMACULADA CONCEPCIÓN IN CARAMANTA, ANTIOQUIA <i>Carvajal Jaramillo, Henry H.; Ochoa Botero, Juan C.</i>	..... 2200

## CODE 223

### **ANALYSIS OF LEAN CONSTRUCTION INFLUENCE IN BUILDING PROCESSES USING BIM 4D: CASE STUDY**

#### ***ANÁLISE DA INFLUÊNCIA LEAN CONSTRUCTION EM PROCESSOS DE EXECUÇÃO DE OBRA COM A UTILIZAÇÃO DO BIM 4D: CASO DE ESTUDO***

**Ferrer, Pedro A. M.<sup>1</sup>; Ribeiro, Rodrigo S.<sup>2</sup>; Oliveira, Rui A. F.<sup>3</sup>**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Guarapuava

1: e-mail: [ferrer\\_pam@hotmail.com](mailto:ferrer_pam@hotmail.com)

2: e-mail: [rodrigorsribeiro@utfpr.edu.br](mailto:rodrigorsribeiro@utfpr.edu.br)

Instituto Politécnico de Bragança

3: e-mail: [roliveira@ipb.pt](mailto:roliveira@ipb.pt)

#### **RESUMO**

A construção é um sector de actividade que remonta da antiguidade e com grande importância para as sociedades. A qualidade das obras da construção envolve diversos processos e etapas que têm de ser geridos de forma acertiva. Durante a execução de uma obra que atende aos pressupostos LEAN construction, existem processos que podem ser melhorados com vista a uma maior eficiência, produtividade e consequente controlo da obra.

Seguindo a filosofia do LEAN, a par da utilização de ferramentas BIM 4D é possível detalhar a obra de forma virtual e adicionar o recurso tempo nos processos da obra, possibilitando ver o seu estado de execução praticamente em tempo real, face ao prazo estimado.

Este artigo utiliza a tecnologia BIM 4D do software REVIT e Navisworks da Autodesk, alicerçado nos pressupostos do LEAN construction, aplicado a um caso de estudo de uma obra de reabilitação de um edifício em estrutura metálica. A utilização do software Microsoft Project permite o desenvolvimento do planeamento da obra para ser adicionado na dimensão 4D no software BIM utilizados.

Os resultados evidenciam uma relação de redução de prazos de diferentes processos de execução e montagem da estrutura metálica, que quando aplicados os conceitos do LEAN construction mostram consideráveis melhorias comparativamente com os processos convencionais que foram constatados em situação real dessa obra.

**PALAVRAS CHAVE:** LEAN Construction; BIM 4D; Estrutura metálica; Tempo; Obra.

#### **1. INTRODUÇÃO**

A Construção Civil é um grande pilar da humanidade, sendo uma das atividades mais antiga a ser praticada, e responsável pela criação de inúmeros empregos e oportunidades. Com os passar dos anos a área da construção civil evoluiu com aplicação de novas tecnologias, tornando seus processos mais rápidos, seguros e econômicos. [1]

Durante a execução de uma construção existem processos que podem ser otimizados, para trazer benefícios tanto econômica quanto sustentavelmente. A possibilidade da aplicação da filosofia enxuta

do sistema Toyota de produção, que consiste em processos para melhorar a eficiência e produtividade, é uma das melhores ferramentas para garantir o equilíbrio desses benefícios. O sistema Toyota, quando aplicado na construção civil, é denominado Lean Construction (Construção Enxuta). Como diversos problemas ambientais aumentaram, uma construção sustentável torna-se cada vez mais valorizada, porém seu equilíbrio com a parte econômica é importante para se tornar atraente [2] [3].

O BIM (Building Information Modeling) aparece como uma ferramenta capaz de ajudar a avaliação dos processos a serem realizados, principalmente na modelagem 4D, o qual é adicionado o tempo à simulação. Os modelos são utilizados para explicar e prever o comportamento de objetos ou sistemas reais, assim trazendo a uma melhor visualização da obra e seus processos. A possibilidade de analisar a execução de uma obra, juntamente com a utilização do Lean Construction faz com que a tecnologia BIM se torne um diferencial para o trabalho.

Este artigo divide-se em 5 capítulos, sendo eles, introdução, revisão de literatura, metodologia de investigação, resultados e discussão e por fim as conclusões.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Cenário atual da construção civil**

#### **i) Processos construtivos convencionais**

Na construção civil diversos processos são fundamentais durante a obra, e alguns deles são realizados da mesma maneira há anos. Existem processos que podem ser modificados pelo Lean Thinking em busca de melhorias, tanto econômicas, como também em relação ao tempo de execução e sustentabilidade. A obra pode ser separada em diversas etapas, e essas etapas contendo diversos processos até sua conclusão.

#### **ii) Dificuldades em inovar**

Segundo Koskela (2000), existem barreiras conceituais e culturais para implementação de uma nova filosofia de produção na construção civil, e assim mudar seus processos. A possibilidade de perder força dentro da empresa por distribuição de tarefas, faz com que os gestores repensem em aceitar as mudanças, além de não confiarem em que sua equipe seja capaz de se adaptar a tal filosofia. Para iniciar a mudança é necessário um equilíbrio em 4 fatores internos, nomeadamente [3] [4]:

- Compromisso de gestão – compromisso e vontade de gestão em aplicar o novo conceito;
- Focalizar actividades – resultados mensuráveis e curtos, para motivar a equipa e acelerar melhorias;
- Envolvimento de equipas – colaboradores autogeridos são valorizadas na melhoria de processos;
- Aprendizagem – na gestão e nos colaboradores, feita através de experiência, inovando sempre.

Uma das dificuldades enfrentadas na mudança dos processos é que a construção civil mesmo que seja uma indústria é tratada como se fosse uma classe própria, diferente da fabricação, pois tem uma complexidade maior, é uma multiorganização temporária, e tem produção local [3] [5].

#### **iii) Potenciais problemas frequentes no decorrer de obras**

Para tratar dos problemas que existem em obras podemos separá-los em temas para abordar. Assim temos o problema com gastos inesperados, seja por falta de planejamento ou por condições imprevisíveis, eles aparecem frequentemente durante uma construção. Existe também a entrega dos materiais fora do prazo que pode desencadear outros problemas [6].

Temos os imprevistos que acontecem ao longo dos processos. Algumas causas comuns são: o período de chuva, desfalque na equipe de mão de obra, problemas com documentação, entre outras. Outros problemas mais frequentes são os erros de execução, problemas com desnível, portas e tomadas instaladas nos lugares errados, revestimentos desalinhados, entre outros [7] [8].

Além destes temos problemas com os períodos em que algumas atividades da obra são realizadas. Como por exemplo a execução de betonagem exposta ao clima de inverno rigoroso, quando tem ocorrência de geadas, faz com que a resistência seja influenciada negativamente. Em vários lugares da Europa existem temperaturas mínimas muito baixas, as quais influenciam diretamente na resistência do betão quando realizada a betonagem nessas épocas. Quando sujeita a temperaturas negativas, a água do betão congela, e assim diminui a quantidade de água líquida disponível para as reações de hidratação, retardando a presa e o endurecimento do betão [9].

## **2.2 Lean Construction**

O pensamento enxuto é o pensamento utilizado na construção enxuta, e vários processos dele são aplicados em busca de melhorias nas empresas em geral. A Lean Thinking tem ganho destaque em diferentes âmbitos, por se tratar de um estilo diferente e efetivo de gerenciamento que busca não somente otimizar processos em busca de melhorias em toda parte de uma empresa, mas também concilia a preocupação ambiental em suas bases. A origem do nome pensamento enxuto vem da produção enxuta, a Lean Production, provinda do sistema de produção da Toyota Co. a qual teve um crescimento de produção jamais visto e onde o planejamento e gestão dos processos mostrou ser o diferencial para melhorar desempenho [10] [11]. Um desenvolvimento enxuto tem 4 princípios, sendo eles não adicionar nada além do necessário (eliminar desperdícios), foco nas pessoas que agregam valor, fluxo de valor da demanda (sem atrasos), e otimizar ligação dentro das organizações [10].

O sistema de produção Toyota (SPT) que é a base para a construção enxuta, desse método foi retirado a maioria dos princípios desse tipo de construção. Este sistema surgiu com a necessidade de um novo conceito de produção, capaz de lidar com as condições da época, a que levou a um desempenho inigualável, e assim virou foco de estudos para entender como funcionavam os fatores que levavam aqueles resultados. Assim revelou-se a utilização dos elementos chave que rompiam a tradicional forma de produção, o Just in Time (JIT) e o Kanban, onde a conclusão dos pesquisadores, foi de que para o sucesso maior do novo sistema de produção, as suas ferramentas não poderiam ser utilizadas de maneira isolada, e sim atribuindo todos seus métodos, princípios e técnicas juntos [2].

O Last Planner System (LPS) foi desenvolvido nos Estados Unidos da América por Ballard e Howell nos anos 1990. Ao longo dos anos tornou-se a ferramenta mais popular do Lean Construction devido ao sucesso obtido em vários casos de estudo da sua implementação. Este visa o aumento da produtividade, permitindo que as restrições tenham sido removidas antes das programações semanais, concentrando-se ativamente no início dos trabalhos e onde as restrições são bem definidas [12].

Dentro da construção civil, a possibilidade de aplicação de processos enxutos busca a melhoria na relação custo/tempo/sustentabilidade. Os processos Lean são baseados nos onze princípios da construção enxuta apresentados por Koskela (2000), sendo eles [3]: Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; Aumentar o valor do produto através da consideração nas necessidades do cliente; Reduzir variabilidade; Reduzir o tempo do ciclo de produção; Simplificar através da redução do número de passos ou partes; Aumentar a flexibilidade de saída; Aumentar a transparência do processo; Focar o controle no processo global; Introduzir melhoria contínua no processo; Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; Referenciais de ponta (benchmarking).

## **2.3 Building information model (bim)**

O Building information model (BIM) simula o projeto da construção num meio virtual. Quando completo, o BIM contém informações precisas em relação ao design, fabricação, compras de

materiais, e processos que vão ser realizados. Após a construção é possível utilizar para operações e manutenção. [13] O BIM caracteriza a geometria, relações entre projetos, informações geográficas, quantidades e propriedades dos elementos da construção, custos estimados, inventário dos materiais e o calendário do projeto. Assim o modelo pode demonstrar o ciclo da obra por completo. [14]

Dentro da indústria da construção civil, o BIM representa um novo desafio, que seria a integração de todas as partes interessadas no projeto. No início da utilização da ferramenta, os arquitetos não compartilhavam os modelos digitais com os empreiteiros, algo que causava problemas durante a execução, mas com o compartilhamento das informações, foi possível o alinhamento da equipe e assim a ocorrência de menos erros. [15]

A definição para o projeto BIM ser 4D, é a utilização do tempo no projeto, fornecendo informações que facilitam para planejar e identificar possíveis problemas no futuro controle da obra, minimizando problemas de comunicação. Também ocorre a melhoria na comunicação, e gerenciamento durante o avanço físico da construção [13]. Um obstáculo enfrentado pela indústria da construção é a dificuldade em visualizar corretamente o planejamento da obra no espaço, o que gera cronogramas de interpretação abstrata para os usuários devido à grande quantidade de informações em atividades e precedências [16]. Segundo Brito e Ferreira (2015), na modelação de modelos BIM 4D identificam-se algumas potencialidades desse modelo a partir de uma revisão literária e observação de pesquisadores e engenheiros, assim a importância e aplicabilidade dessas potencialidades variam dependendo do projeto executado, sendo as seguintes: Redução do esforço na visualização e interpretação mental do planejamento; Identificação de possíveis conflitos e interferências de espaço e tempo durante a construção; Inserção de equipamentos, elementos de canteiro e recursos para análises do planejamento; Apoio no sequenciamento e na conformação ideal do ritmo de trabalho do cronograma; Transmissão de possíveis impactos causados por mudanças no planejamento; Integração e comunicação entre todos os envolvidos no projeto. [17]

### **3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO: ESTUDO DE CASO**

#### **3.1 Descrição da obra**

O estudo de caso do tipo único e não generalizável envolve a consideração do projeto de reabilitação do Seminário Maior de São José, em Bragança (Portugal). Justifica-se este estudo por ser um acontecimento único num edifício com este tipo de estrutura e com esta tipologia [18]. A obra envolve substituição da estrutura principal da ala central do seminário, inicialmente construída em madeira, tendo a reforma por objetivo retirar a estrutura antiga e instalar uma nova que melhore a segurança estrutural, mantendo a arquitetura externa do edifício. Internamente, o novo projeto visa criar espaços adaptados às actuais necessidades, como a implementação de um auditório e de uma biblioteca de grandes dimensões. O projecto considera a reabilitação em estrutura metálica, decisão tomada levando em consideração aspectos como dificuldade da execução, tempo e custo do projeto.

O edifício é constituído por 5 pavimentos, sendo a cave (parcialmente enterrada), o rés do chão, piso 1, piso 2 e teto do piso 2 (aproveitamento de cobertura). A estrutura metálica e de lajes do piso 1, piso 2 e teto do piso 2 são idênticas como descritas em projeto. Já as estruturas do rés do chão são diferentes dos restantes pisos. Na cobertura a planta estrutural mostra que foi feita uma estrutura em betão armado. Além disso, foi realizada uma escada na parte de fora da estrutura que serviu para transporte de materiais durante obra.

#### **3.2 Problemática e enquadramento com a lean construction**

O estudo de caso envolve a optimização de um cronograma de obra, de forma que a betonagem de uma laje em período de Inverno exposta a baixas temperaturas, possa ser executada num período mais quente, seguindo a metodologia descrita no fluxograma da figura 1.

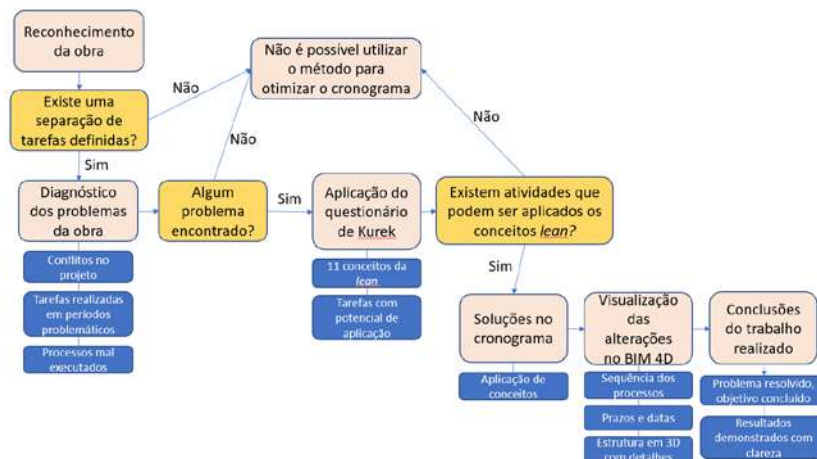


Figura 1 - Fluxograma da metodologia utilizada

O objetivo era a partir da aplicação dos conceitos LEAN analisar a possibilidade de antecipação da betonagem, que foi realizada em dias de inverno mais rigorosos, para data com dias mais quentes (no caso meados de dezembro), pois quando feita em dias muito frios, a resistência do betão é afetada negativamente em função da cura, como já referido [9]. Sendo assim, o estudo foi desenvolvido em relação a essa mudança do cronograma, tendo em vista não alterar o prazo final de entrega da obra e a utilização dos conceitos lean para fundamentar as alterações.

Os dados recolhidos para realização do estudo foram o projeto estrutural do seminário em formato DWG, o cronograma da obra repassado em formato word, fotos realizadas em obra e um questionário de verificação de aplicação da lean construction. Com o projeto estrutural em DWG bastante detalhado, foi possível analisar completamente como foi realizada a estrutura metálica no edifício. O cronograma da obra disponibilizado, continha informações como data da realização dos processos, quantidade de funcionários utilizados por tarefa, dias de férias, dias parados por problemas na entrega de produtos e todos os processos realizados desde a fundação até a limpeza final da obra. Com as fotos realizadas em uma visita técnica foi possível ter uma visualização melhor da reforma em geral, como sua dimensão e quais processos influenciariam uns aos outros para possibilitar mudanças no cronograma. O questionário proposto por Juliana Kurek em seu estudo realizado em uma construtora em Passo Fundo (RS), é utilizado para verificar quais os conceitos da lean construction podem ser aplicados na obra. Este foi preenchido para essa obra em acordo com o fiscal da obra, que respondeu em concordância com o que foi pedido, fornecendo as informações que ele tinha sobre a obra.

Após se perceber os conceitos Lean concretos a utilizar, modelou-se o edifício recorrendo aos softwares MS Project da Microsoft, Revit e Navisworks da Autodesk, cujo interpretação se percebeu ser possível anteciar a betonagem para uma época sem grandes geadas, não alterando o prazo de conclusão da obra, de forma a cumprir o objectivo estabelecido inicialmente.

### 3.3 Estratégia construída a partir do método aplicado

Com o foco do trabalho orientado neste estudo de caso passou-se para a verificação da possibilidade de adequação da reforma para se enquadrar no novo cronograma. Tendo como base a retirada da betonagem dos dias críticos do inverno, sem impacto negativo no prazo da entrega da obra, sendo as alterações baseadas em conceitos *lean* para otimizar a obra e alcançar o resultado previsto. Inicialmente foi repassado o cronograma realizado na obra para o MS Project, contendo as datas, prazos, férias, atrasos e quantidade de mão de obra. Com as tarefas no software, foi possível verificar quais eram suas predecessoras (tarefas que necessitam ser realizadas antes) e quais seriam potenciais objetos de estudo. Foram escolhidas atividades para verificar a possibilidade de mudança e que influenciavam diretamente nos prazos de betonagem. Além dessas, foram selecionadas tarefas que não

eram predecessoras da atividade em que esse estudo estava focado (betonagem do aproveitamento de cobertura) mas poderiam ser objetos de estudo para auxiliar na alteração necessária.

Já com as tarefas separadas, foi realizado o preenchimento do questionário proposto por Juliana Kurek, de forma a mapear a obra em relação a quais conceitos *lean* já são aplicados, e quais são possíveis de serem aplicados, como um diagnóstico da construção enxuta na obra. Com as atividades da obra escolhidas e os possíveis conceitos para aplicação, foi estudado quais se enquadrariam para cada atividade, e como isso faria com que fosse possível ganhar dias para ocorrer a antecipação da betonagem para em dezembro, eliminando a mesma do tempo de geadas.

Primeiramente, foi identificado a possível aplicação de 2 conceitos *lean* em conjunto para algumas atividades, o conceito de “reduzir a variabilidade”, e “reduzir o tempo do ciclo de produção”. A redução da variabilidade trata da padronização de procedimentos de execução de tarefas e recebimento de materiais, o que não acontece nessa obra como verificado no preenchimento do questionário, já para redução do tempo do ciclo de produção, uma das alternativas é a contagem do tempo requerido para atividades com mesma quantidade de processos e tamanho, no objetivo de mostrar como é possível realizar a atividade em um prazo menor se feita corretamente. As atividades identificadas para aplicação desses conceitos foram a colocação de vigas metálicas (1º piso, 2º piso e aproveitamento de cobertura) e colocação de chapas colaborantes e armadura (1º piso, 2º piso e aproveitamento de cobertura). Essas 2 atividades foram escolhidas para aplicação pois são realizadas em uma área igual, tem a mesma quantidade de processos, e mesma quantidade de mão de obra nos 3 pisos que são executadas. Assim realizando a padronização dos processos e a contagem do tempo requerido para execução é possível ganhar dias de trabalho dentro do cronograma.

Verificando a atividade da colocação de chapas colaborantes e armadura da mesma forma que a colocação das vigas metálicas, também é possível aplicar os mesmos conceitos. Com a aplicação desses 2 conceitos *lean*, foram obtidos 8 dias para alteração do cronograma da obra em busca do objetivo de antecipar a betonagem.

Buscando conseguir mais dias dentro do cronograma, foi identificado a possível aplicação de mais um conceito *lean*, o “focar o controle no processo global” que aborda o planejamento das atividades de curto, médio e longo prazo, sem adiantar as tarefas desnecessárias, sendo assim possível transferir as atividades dentro do cronograma. A atividade identificada para aplicação desse conceito foi a execução das paredes envoltentes da caixa de escadas, pois essa tarefa não é uma predecessora da betonagem do aproveitamento de cobertura. Ou seja, não necessita ser executada anteriormente a betonagem, tratando-se de uma atividade que não está relacionada diretamente com a tarefa principal do estudo, o que possibilita que seja realocada dentro do cronograma, não afetando o prazo final.

Após a identificação de quantos dias de obra foram ganhos com a aplicação dos conceitos da construção enxuta nas tarefas, foi realizado a atualização do cronograma da obra, corrigindo as datas e realocando as atividades propostas. Assim foi possível verificar que eram necessários pelo menos 10 dias úteis de antecedência para que o objetivo de antecipar a betonagem para dezembro fosse alcançado, e com a aplicação dos conceitos foram ganhos 12 dias úteis de obra (8 com a aplicação dos 2 primeiros conceitos, e mais 4 com a aplicação do terceiro).

### **3.4 Aplicação do bim 4d**

Nesse estudo foi realizado o projeto 4D para melhorar a comparação dos cronogramas da obra, o original (disponibilizado pelo fiscal da obra), e o alterado pelo trabalho com base na implementação dos pressupostos da lean construction. Além disso o objetivo é demonstrar de forma mais didática os benefícios com a aplicação, o decorrer do projeto, sua sequência de execução e seu formato físico.

Para realização do BIM 4D do estudo de caso foram utilizados 3 softwares, sendo eles o MS Project da Microsoft, Revit e Navisworks da Autodesk. Com as tarefas de ambos os cronogramas já

adicionadas no MS Project, foi iniciado a realização do projeto no Revit. Com o projeto original em DWG, foi possível realizar o projeto 3D no software Revit.. Como o objetivo é visualizar a parte estrutural, foram modeladas a evolução das estruturas que fazem parte do cronograma inicial e o proposto com aplicação do LEAN. As figuras 2 e 3 mostra uma comparação entre o cronograma original e o alterado no mesmo período executando-se primeiro a laje e depois as paredes das escadas.

Esta situação foi conseguida com os cronogramas e o projeto 3D concluídos, sendo iniciada a utilização do software Navisworks. Para abrir o projeto realizado em Revit dentro do Navisworks, foi necessário exportá-lo em formato compatível (IFC). Com os 2 arquivos já inseridos no software é iniciada a sincronização. Para a sincronização das tarefas do cronograma com a estrutura 3D, foi necessário a seleção de cada tarefa em conjunto com sua estrutura, para o programa interligar os dois e assim conseguir realizar a simulação da construção em função das datas e tarefas.

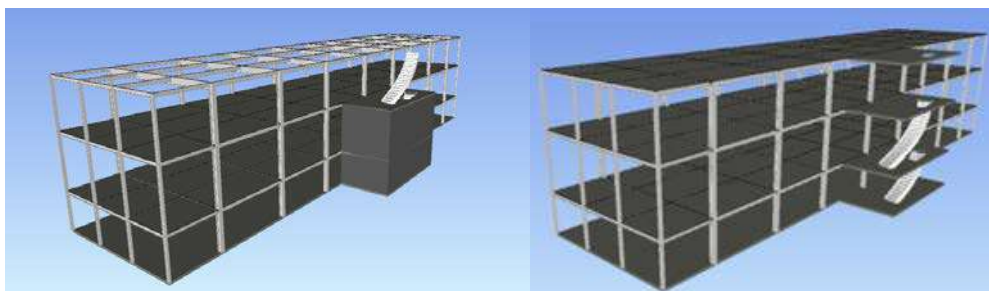


Figura 2 - Vista do projeto 4D cronograma original    Figura 3 - Vista do projeto 4D cronograma alterado

### 3.5 Considerações do estudo apresentado

Com a metodologia utilizada no estudo, temos que é possível realizar o diagnóstico para aplicação da construção enxuta em obras onde exista separação de tarefas, de forma a otimizar a obra e colocar a atividade no período desejado, sem que afetasse o prazo de entrega da obra. Lembrando que a otimização do cronograma sempre deve ter sua relação os rendimentos e mão de obra disponíveis.

Portanto, nesse estudo de caso podemos ver que a utilização do questionário, juntamente com a aplicação da construção enxuta e a realização do projeto BIM 4D, é uma metodologia possível para solução de problemas em construções. Esta pode ser replicada para um padrão de obras/reformas, as quais tem suas tarefas definidas, pois sua abordagem seguirá sendo a mesma se tiver ocorrência de algum problema e existirem atividades em que podem ser aplicados os conceitos lean.

Como por exemplo, caso fosse uma obra com mais pavimentos, sendo esses diferentes, ou não, seria possível a utilização da mesma linha de orientação, pois o que interfere no uso é a separação das tarefas que serão realizadas. Da mesma forma, podemos dizer que a realização dessa sequência não depende do período em que a obra é construída, já que existem outros problemas frequentes.

Em suma, para aplicação da mesma linha de orientação utilizada nesse trabalho pode ser aplicada em outros casos, existe uma ordem em que deve ser realizado o uso das ferramentas: Deve-se ocorrer o reconhecimento da obra, qual sua estrutura, qual sua dimensão, seu prazo, e qual parte dela será estudada. Obtenção do cronograma previsto para a obra, mesmo que seja apenas aproximado. Verifica-se a existência da separação das atividades que serão executadas na construção, as quais devem ser distribuídas em um cronograma. Caso exista essa separação, é possível realizar o diagnóstico da obra em busca de problemas para servir como objeto de estudo, procurando atividades que tenham alguma complicação. Quando encontrado algum problema, realiza-se o questionário de Kurek na obra, para encontrar quais os princípios da construção enxuta a aplicar. A aplicação dos conceitos obtidos pelo questionário é realizada nas atividades em que são viáveis buscando resolver o problema, sem alterar mão de obra e rendimentos necessários. Conhecendo com alguma fiabilidade os recursos humanos e técnicos do empreiteiro pode ajustar-se a alteração do cronograma. Após isso é

realizado o projeto BIM 4D da obra, onde é possível visualizar com clareza as mudanças e resultados derivadas da aplicação dos conceitos lean, tendo o objetivo sido alcançado e resolvido o problema.

No fluxograma da Figura 1 é possível estabelecer uma sequência lógica em que são utilizadas todas as ferramentas como linhas de orientação possíveis de seguir para diversos tipos de obras.

#### **4. PRINCIPAIS CONCLUSÕES**

A construção enxuta é um conceito que está cada vez mais difundido, como mostra o estudo. Os seus benefícios e aplicações podem ser vistos em diversos processos da construção, assim torna-se ainda mais interessante sua aplicação. O presente estudo mostra o cenário atual dos processos construtivos e como existem problemas para inovação desses procedimentos. Assim com a análise do conceito que tem como base o pensamento enxuto, em que está implícita a metodologia LPS, foi percebido que sua aplicação abrange muitas áreas dentro da construção. Então surgiu a possibilidade de aplicação no estudo de caso objeto deste trabalho, em que após a realização de um diagnóstico da obra, foi possível encontrar o problema que seria o foco do trabalho. A problemática descrita foi a betonagem da laje de aproveitamento da cobertura, inicialmente realizada em período de inverno mais rigoroso, que quando executada em condições de temperaturas baixas, influencia negativamente na resistência do material.

Tendo em vista a problemática e as ferramentas que seriam utilizadas foi demonstrado uma das soluções possíveis. Com a aplicação dos conceitos enxutos foi viável realizar mudanças no cronograma original da obra para chegar ao objetivo proposto com a problemática.

Considerando que a obra foi executada de acordo com o cronograma disponibilizado para estudo, foi demonstrado que com a aplicação da lean construction é possível realizar alterações nos prazos e datas para que sejam corrigidos patologias e problemas durante a execução. Com o apoio do questionário de Kurek (2005) utilizado para identificar quais conceitos podem ser aplicados na obra, a escolha das ferramentas que foram utilizadas foi mais fácil, já que com o questionário preenchido é possível visualizar quais aspectos tem maior necessidade de aplicação.

Ao comparar o cronograma original com o alterado pela aplicação dos conceitos enxutos é possível perceber que a tarefa da betonagem da laje do aproveitamento da cobertura foi colocada para um período com clima mais ameno, e isso graças ao ganho de alguns dias de obra, devido a realocação de tarefas dentro do período de execução, baseadas na aplicação da construção enxuta. Em conjunto com o BIM 4D, os detalhes das estruturas presentes no projeto, a comparação da sequência de execução e mudança de datas, é demonstrada de maneira otimizada para compreensão dos diferentes stakeholders.

Portanto, o objetivo do estudo foi alcançado, já que ocorreu a mudança necessária no cronograma e foram aplicados conceitos enxutos para resolver problemas em obra, assim também indicando essa como uma das soluções para as betonagens em temperaturas muito baixas. Além disso o estudo demonstra como a aplicação da lean construction pode resolver obstáculos no cronograma de execução de obra. O estudo de caso aborda apenas um caso, mas a metodologia que pode ser aplicada para solucionar e melhorar processos em outras construções, desde que existam repetições de tarefas, edifícios de múltiplos pavimentos e outros casos com tarefas definidas.

Por fim, constata-se que a utilização da lean construction em conjunto com o BIM 4D, além de trazer diversos benefícios para a obra analisada, pode ser utilizada para resolver problemáticas em processos e cronogramas de execução, melhorando o planejamento e cronograma de obras de construção.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

[1] Correia, J. V. F. B. Contextualização dos princípios da construção enxuta: aplicação da filosofia enxuta do sistema Toyota de produção na indústria da construção civil em exemplos práticos. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT, v. 4, n. 3, p. 29, 19 abr. 2018.

- [2] Ghinato, Paulo. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. Prod., São Paulo, v. 5, n. 2, p. 169-189, Dec. 1995.
- [3] Koskela, L. Lean Construction core concepts and new frontiers. 1. ed. New York: Koskela, 2020.
- [4] Toledo, Raquel de; Abreu, Aline F. de; Jungles, Antônio E. A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil. Brasil – Salvador/ BA. v.1 p.317-324. ENTAC, 8º, Salvador, 2000.
- [5] Câmara, M. R. G.; Bergamasco, F. L. Competitividade e Inovação nas empresas de construção civil de Londrina. In: SEMINÁRIO LATINO-IBERO AMERICANO DE GESTÃO TECNOLÓGICA (ALTEC), 2005, Salvador. Anais... Salvador, 2005.
- [6] Limmer, C. V. Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras, Rio de Janeiro, Editora LTC. 1997.
- [7] Castro, E. M. C. de. Patologia dos edifícios em estruturas metálicas Ouro Preto: Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, UFOP, (Dissertação de Mestrado), Ouro Preto. 1999.
- [8] Hammarlund, Y; Josephson, P. “Qualidade: cada erro tem seu preço”. Téchne, n. 1, p. 32-34. 1992.
- [9] Vieira, M.; Gonçalves, A. Ação das temperaturas negativas no betão às primeiras idades. BE2008 – Encontro Nacional Betão Estrutural. Guimarães. 2008.
- [10] Womack, D.P.; Jones, D.T. A Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- [11] Poppendieck, M. et al. Principles of Lean Thinking. USA, p. 7, 2002.
- [12] Ballard, H. G. The last planner system of production control. 192 p. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- [13] Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. - BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley. 2011.
- [14] Bazjanac, V. “Virtual building environments (VBE) - Applying information modeling to buildings.” Engineering, Computer Science (<http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBNL-56072>). 2006.
- [15] Azhar, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering, Vol. 11, pp.241-252. 2011.
- [16] Koo, B.; Fischer, M. Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction. Journal of Construction Engineering and Management, v. 126, n. 4, p. 251-260. 2000.
- [17] Brito, D. M. D.; Ferreira, E. D. A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. Ambiente construído, 203-223. 2015.
- [18] Gil, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.