

Primeiro campus no Brasil da WPP: edificação sustentável na esfera da transformação criativa

DANIELA GUTSTEIN – DR^a. Prof^a. – <https://orcid.org/0009-0009-7519-9177> (danielag@utfpr.edu.br) | UTFPR

LARISSA QUEIROZ HENZ – ENG. | CASSOL PRÉ-FABRICADOS

LUIS ANDRÉ TOMAZONI – DIR. | CASSOL PRÉ-FABRICADOS/ABCIC

RESUMO

O EMPREGO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO TEM SIDO CADA VEZ MAIOR NOS EMPREENDIMENTOS ONDE A RAPIDEZ CONSTRUTIVA, QUALIDADE E RACIONALIZAÇÃO DOS PROCESSOS SÃO PREMISSAS PRINCIPAIS. A OBRA DO PRIMEIRO CAMPUS NO BRASIL DA WPP CONCILIA UM PROJETO DE ARQUITETURA COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS E ESTRUTURAIS PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO, ALIADOS ÀS NECESSIDADES DE SUSTENTABILIDADE E DE INOVAÇÕES FUNCIONAIS E ESTÉTICAS IDEALIZADOS PELOS PROJETISTAS E PROPRIETÁRIO. ESTE ARTIGO TEM COMO OBJETIVO APRESENTAR AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO, BEM COMO OS PRINCIPAIS DESAFIOS SOLUCIONADOS DURANTE AS FASES DA OBRA, COM A FINALIDADE DE ATENDER AOS REQUISITOS DE SEGURANÇA E ARQUITETURA. TAMBÉM SÃO APRESENTADOS A SOLUÇÃO DE FACHADAS ARQUITETÔNICAS EM PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS E OS USOS DO BIM DURANTE AS FASES DA OBRA. DENTRE OUTRAS CONCLUSÕES, EVIDENCIA-SE AO FINAL DO TRABALHO A APLICABILIDADE DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PRÉ-FABRICADOS EM CONCEPÇÕES ESTRUTURAIS DE GRANDE VERSATILIDADE, FUNCIONALIDADE E APELO ARQUITETÔNICO.

PALAVRAS-CHAVE: ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA, BIM, PAINEL, PAINEL ARQUITETÔNICO, CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA.

1. INTRODUÇÃO

O projeto de arquitetura do primeiro Campus do Brasil da WPP, em São Paulo, pertencente a uma das maiores empresas de publicidade do mundo, utilizou conceitos para atingir objetivos de maior sustentabilidade e funcionalidade, materializados com o emprego de sistemas de concreto pré-fabricados. Segundo Rob Reilly, Diretor Executivo Global de Criação da WPP,



FIGURA 1

EDIFÍCIO CAMPUS WPP — PERSPECTIVA DE PROJETO DA OBRA ACABADA EM SISTEMA PRÉ-FABRICADO

FONTE: WWW.WPP.COM

“A transformação criativa é alimentada por ideias que nascem de um poderoso senso de propósito e são executadas de forma massivamente disruptiva”.

Segundo Sugahara e Lacourarie (2022), o projeto deste Campus foi lançado com uma competição aberta para criar um espaço de trabalho verdadeiramente inédito para a cidade. Com área total construída de 68.731 m², o projeto de arquitetura foi idealizado com cinco pavimentos, conectados por passarelas e escadas, envolvendo grandes áreas e galerias de acesso às áreas externas e espaços de trabalho colaborativos.

Segundo Doniak e Gutstein (2022), o paradigma no qual a utilização de sistemas construtivos pré-fabricados estaria associado a obras com pouca liberdade arquitetônica foi quebrado no Brasil no final da década de 1990 com a introdução de novas concepções arquitetônicas e inovações tecnológicas. Desde então, as aplicações em soluções arquitetônicas diferenciadas

vêm evoluindo, utilizando-se também de inovações tecnológicas em ferramentas computacionais de projeto e evoluções normativas. Segundo as autoras, isso vem ocorrendo de forma mais acentuada nesta última década no Brasil, promovendo a evolução das ferramentas computacionais e sua utilização na integração com os demais sistemas dentro da metodologia em BIM, propiciando antecipação de interfaces com outras áreas, para todas as etapas, fundamentais para garantir o sucesso de cada projeto.

É nesse contexto que a obra do Campus WPP se insere, pois compreende um estudo de caso relevante de concepção arquitetônica diferenciada e viabilizada em estrutura pré-fabricada, bem como de utilização de novas tecnologias de pré-construção e de modelagem BIM.

Este artigo tem como objetivo apresentar as principais características, inovações e etapas de projeto e construção



A



B

FIGURA 2

(A) PEÇAS DE TESTE INICIAL CONFECCIONADAS EM FÁBRICA PARA APROVAÇÃO DO ACABAMENTO TEXTURIZADO PELA ARQUITETURA E (B) PEÇAS DE TESTE DE MAIORES DIMENSÕES

deste empreendimento, dando maior ênfase nos desafios solucionados pela construção pré-fabricada durante as fases da obra, de forma a atender à arquitetura e ao cliente. São discutidos ao longo do trabalho as características de projeto e produção dos painéis arquitetônicos de concreto armado, dos pilares e vigas paramétricos modelados em ambiente BIM, plano de ataque e metodologia de controle da obra em BIM 4D, dentre outros.

2. ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA

O projeto da superestrutura do Campus WPP foi idealizado pela arquitetura com elementos compondo a estrutura se integrando perfeitamente à arquitetura (Figura 1). Foram utilizados na concepção elementos lineares pré-fabricados (vigas e pilares), elementos bidimensionais pré-fabricados na fachada (painéis arquitetônicos em concreto armado) e no sistema de pisos dos pavimentos. Os sistemas de pisos foram compostos por lajes alveolares pré-fabricadas protendidas e capa estrutural executada na obra. As lajes alveolares foram projetadas de forma a vencer vãos de até 11m, resistir aos carregamentos nas fases transitórias de produção à montagem por meio de sua seção transversal e resistir aos carregamentos de vida útil com a seção transversal final composta (laje alveolar + capa estrutural). As vigas, em sua maioria com vãos de até 11m (exceto as vigas das rampas de estacionamentos), bem como também os pilares, foram dimensionadas para as situações transitórias

e fase final de vida útil, atendendo demais recomendações normativas e critérios de projetos usuais (conforme indicado em IBRACON, 2022).

2.1 Viabilidade técnica-econômica

Segundo Barth e Vefago (2007), como principais vantagens de utilização de elementos pré-fabricados nas fachadas de edificações, destacam-se: a possibilidade de redução significativa dos prazos de execução e da obtenção de fachadas com grande complexidade formal, que através dos meios convencionais seriam de difícil execução e exigiriam mão de obra especializada. Para viabilizar a solução de fachada requerida pela arquitetura foram selecionados detalhes construtivos com a utilização de pilares acoplados nos painéis de fachada, pilares do sistema reticulado com seção transversal em cruz, vigas com seções variáveis para promover a ligação entre os demais elementos (lajes e painéis), além de diversos dispositivos de fixação e ligações entre estes elementos. O estudo de viabilidade técnica-econômica

proporcionou a seleção da solução construtiva e estrutural pré-fabricada em concreto, levando-se em consideração o conjunto de vários aspectos de engenharia aliados aos princípios de sustentabilidade e inovação idealizados pelos projetistas e proprietários. Os sistemas construtivos pré-fabricados foram assim adotados por permitirem maior agilidade construtiva, aliada à qualidade e racionalidade, além de garantir o planejamento inicialmente traçado, os custos orçados na ocasião da contratação da estrutura e atendimento aos prazos pactuados entre as partes.

2.2 Pré-construção

As vigas, pilares, painéis e lajes alveolares foram produzidos na fábrica da Cassol

MOCK-UPS EMPENA

Forma feita pelo Gustavo Utrabo + Cassol | 2ª concretagem

Arquitetura solicitou mais uma amostra para a Cassol, com uma mistura de brita zero + brita já utilizada. As britas foram salpicadas na forma aleatoriamente antes da concretagem, aproveitando a forma moldada pelo Gustavo. Amostra foi apresentada por fotos e agradou a Arquitetura. Fotos abaixo (23.03.22).

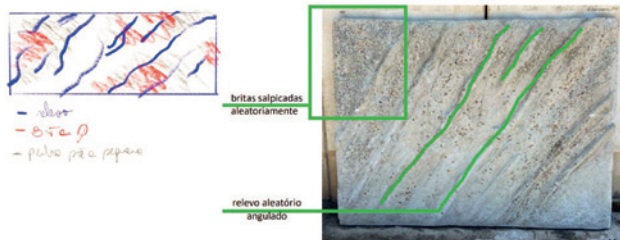


FIGURA 3

ESQUEMA DE ACEITAÇÃO E CONFECCÃO DOS MOCK-UPS EMPENA, COM ORIENTAÇÕES PARA A TEXTURA DOS PAINÉIS DE FACHADA

FONTE: IMAGENS CEDIDAS PELO ARQUITETO GUSTAVO UTRABO



FIGURA 4

PAINÉIS DE FACHADA TEXTURIZADOS CONFECCIONADOS EM ESCALA REAL NA FÁBRICA

Pré-fabricados, localizada em Monte Mor/SP. Entre estes elementos, merece especial atenção os painéis de fachada (empenas), que foram projetados com função estrutural, de vedação e de acabamento diferenciado. Para atingir os objetivos, inicialmente foram confeccionadas peças em escala reduzida (Figura 2) para apreciação da arquitetura, que desejava obter um acabamento texturizado similar entre os painéis (porém, não padronizados) e ao mesmo tempo natural, conforme pode ser visualizado nos *mock-ups* na Figura 3. Em seguida, os painéis foram confeccionados em escala real em fábrica (Figura 4) para posterior montagem e solidarização na obra.

Além do apelo arquitetônico da face

dos painéis, o projeto da estrutura pré-fabricada concebeu a integração dos painéis com pilares, com consolos de apoios às vigas e lajes e com aberturas (Figuras 5 e 6), em complexidades variadas conforme o posicionamento do painel no contexto da estrutura da obra. Estas tipologias de painéis, idealizadas para atender às necessidades da estrutura e da arquitetura, implicaram o desenvolvimento e inovação de soluções para fabricação e concretagem, bem como estudos específicos para montagem e solidarização dos mesmos em obra. As etapas de concretagem e detalhamento de armadura dos painéis foram minuciosamente estudadas para garantir a viabilidade de execução, sendo que a garantia final do pro-

duto foi dada por ensaios de arrancamento que atestaram a ligação da interface entre as concretagens do painel.

2.3 Montagem dos painéis

Os painéis projetados com grandes dimensões (2,70 x 16,40 m²) e peso de aproximadamente 28 toneladas apresentaram, também, grandes desafios de montagem, estudados por meio de plano de *rigging*. Nos casos dos painéis com pilares acoplados, para a execução das ligações de continuidade dos pilares (Figura 7), foi necessário realizar uma acoplagem de armaduras de pilares através de bainhas metálicas concretadas ligadas por armaduras de continuidade com as bainhas do painel superior. Isso demandou elevado rigor de fabricação e montagem através de gabaritos metálicos, demandando que a execução da forma e produto fossem bastante precisos e a montagem tivesse o mesmo grau de acerto. A Figura 8 apresenta um detalhe do aspecto da fachada finalizada. Caso as tolerâncias pré-estabelecidas não fossem atendidas, o acabamento ficaria comprometido, ou ainda, a montagem das peças poderia ser impossibilitada, ocasionando perdas.

3. USOS DO BIM

3.1 Concepção da estrutura: compatibilização e estudo de fôrmas

A modelagem BIM da estrutura foi desenvolvida desde a fase de orçamentação

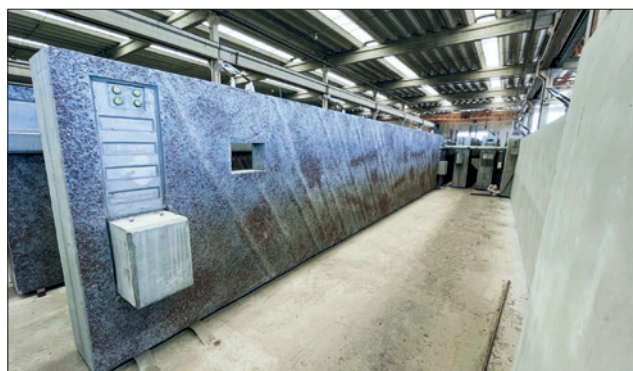


FIGURA 5

FACE DE ACABAMENTO DO PAINEL ARQUITETÔNICO TEXTURIZADO COM PILAR ACOPLADO, CONSOLO DE APOIO PARA VIGA E ABERTURA

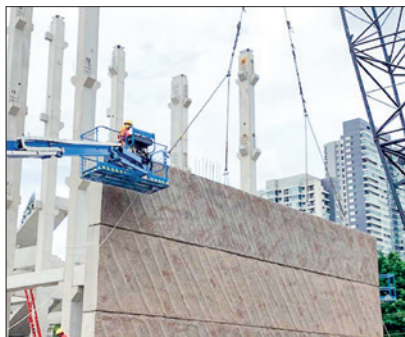


FIGURA 6

FACE INTERNA DO PAINEL ARQUITETÔNICO TEXTURIZADO COM PILAR ACOPLADO, CONSOLOS DE APOIO (PARA LAJES E VIGAS) E ABERTURA



A



B

FIGURA 7

MONTAGEM DOS PAINÉIS ARQUITETÔNICOS: (A) COLOCAÇÃO DA ARMADURA DE CONTINUIDADE DOS PILARES ACOPLADOS AOS PAINÉIS E (B) POSICIONAMENTO DOS PAINÉIS NA FACHADA



FIGURA 8

MONTAGEM DOS PAINÉIS ARQUITETÔNICOS: DETALHE DO ACABAMENTO TEXTURIZADO NATURAL (NÃO PADRONIZADO) NA FACHADA

do projeto. O modelo permitiu a visualização e compreensão das soluções adotadas para a estrutura pré-fabricada, facilitando a análise visual da interface entre a arquitetura e a estrutura (Figura 9), principais disciplinas envolvidas no empreendimento.

Neste sentido, os modelos proporcionaram a visualização e estudo de interfaces de elementos que apresentaram soluções inovadoras no projeto de pilares e vigas (Figura 10). Os pilares em cruz, cuja seção transversal foi predominante no empreendimento, impactaram o apelo estético da obra e a diminuição do vão real das vigas. A produção foi desafiadora não apenas pela complexidade da forma, mas também devido às emendas empregadas nos pilares com mais de 21 metros

de altura, sendo necessário um conjunto de emendas em cada vértice da seção (totalizando oito conjuntos de emendas por pilar). Com relação às vigas, o estudo da estrutura apresentou um número significativo de seções especiais, que surgiram em função das condicionantes do projeto, tais como: continuidades na estrutura, desníveis entre regiões do mesmo pavimento, variação de espessuras das lajes e detalhes arquitetônicos de fachada.

A solução dos painéis arquitetônicos também foi um ponto crucial, visto o alto nível de exigência em relação à aparência e desempenho estrutural. O desafio foi subdividir as prumadas de painéis em peças pré-fabricadas (Figura 11), respeitando-se dimensões máximas e grau de

complexidade dos elementos que tornassem viáveis a produção, içamento, transporte, montagem e solidarização em obra.

O modelo em BIM da estrutura foi idealizado com o emprego de objetos paramétricos e possibilitou a extração das informações dimensionais de todas as peças do projeto. Esses dados foram base para estudo de padronização e recorrência das seções, resultando na definição das formas metálicas a serem produzidas para a obra.



A



B

FIGURA 9

(A) MODELO EM BIM — SOBREPOSIÇÃO DAS DISCIPLINAS DE ARQUITETURA (EM CINZA) E ESTRUTURA (EM LARANJA) E (B) VISUALIZAÇÃO NA OBRA (INTERFACE COM AS ESQUADRIAS)

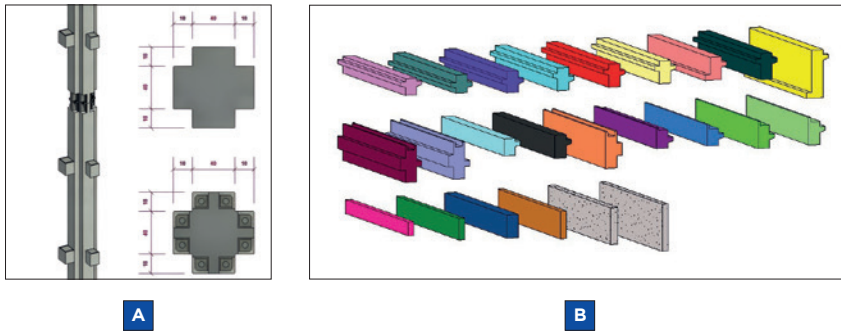


FIGURA 10

(A) EXEMPLO DE PROJETO DE PILAR EM CRUZ E (B) AMOSTRAGEM VISUAL DAS TIPOLOGIAS DE VIGAS

3.2 Análise crítica das soluções

Na etapa de liberação das peças para a produção, foi realizado um processo de construção virtual para revisão e análise crítica de fôrma de todos os componentes pré-fabricados do projeto. Cada elemento foi modelado de acordo com seu projeto detalhado específico, respeitando suas dimensões, especificação de materiais e detalhes de encaixes, como esperas e neoprene. Cada peça foi disposta em uma região do modelo BIM que simulava o pátio de fábrica. A locação das peças em sua posição final no empreendimento foi feita posteriormente, de acordo com o projeto de montagem e sequência de quadrantes. O objetivo foi mitigar qualquer falta de informação nas pranchas de detalhamento ou incompatibilidade na obra que poderiam causar retrabalhos, custos adicionais e atrasos na montagem ou produção. O item mais relevante durante essa etapa foi

o de *Clash*, ou seja, conflito físico entre peças, podendo ser elementos sobrepostos ou falta de componentes que impossibilitariam ou dificultariam a execução. Além da análise visual no modelo e checklists de verificação, foi utilizado como apoio a ferramenta *Clash Detection* no software *Navisworks*. Os principais *clash tests* foram relacionados às interferências entre apoios das peças, envolvendo posicionamento, alinhamento e níveis de consolos, vigas e lajes (Figura 12).

3.3 Plano de ataque

3.3.1 PLANEJAMENTO PRELIMINAR

O plano de ataque teve como premis-

sa inicial a montagem de toda a estrutura pré-fabricada em 148 dias úteis. Com a informação das quantidades e características das peças do estudo em BIM, junto de seus índices de fabricação e montagem, foram definidas as equipes de montagem necessárias para cumprimento do prazo. Também foram estabelecidas as quantidades de produção de fábrica para atendimento às equipes. A partir da definição dos acessos no software *Infraworks*, foi determinado o sentido de montagem e a subdivisão da estrutura em 18 quadrantes, que foram associados às equipes de montagem (Figura 13).

Foi analisada a distribuição de peças por tipologia, por volumes e por equipe (Figura 14), visando manter as necessidades em obra compatíveis com a fabricação. Ou seja, como o plano de ataque considerava todas as equipes de montagem trabalhando simultaneamente, variações bruscas na demanda por tipologia de peças poderiam sobrecarregar ou tornar ociosa uma linha de produção.

Foram desenvolvidas animações em BIM 4D no software *Navisworks* e *Fuzor* (Figura 15). As datas de montagem de cada peça foram estipuladas com base no centro de gravidade dos sólidos, hierarquia de tipologia de peças e na ordem de montagem definida. O objetivo das simulações foi visualizar e apresentar o plano de ataque, facilitando o entendimento dos envolvidos na negociação do empreendimento.

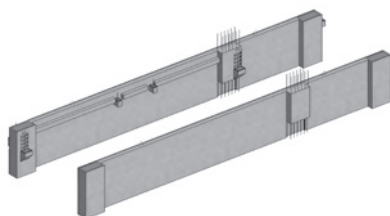


FIGURA 11

ESTUDO PRELIMINAR DE TIPOLOGIAS DOS PAINÉIS ARQUITETÔNICOS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO COM PILARES ACOPLADOS

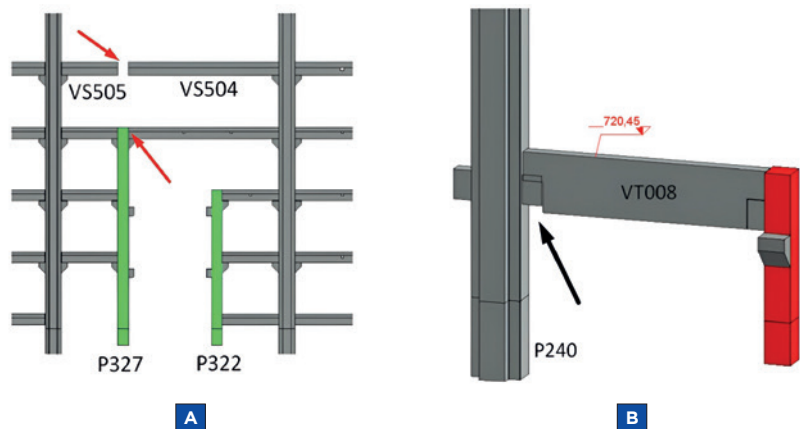


FIGURA 12

INCOMPATIBILIDADES (A) NO NÍVEL DE TOPO DO PILAR P327 E (B) NO NÍVEL DO CONSOLO DO PILAR P240

3.3.2 LOGÍSTICA DE TRANSPORTE E MONTAGEM

A fim de garantir a exequibilidade da operação, foram realizados estudos de logística para viabilidade da chegada de equipamentos e caminhões ao canteiro de montagem. Para reduzir o impacto no entorno da obra, foi feito um estudo de vizinhança compatibilizando horários e fluxos de trânsito. Ao todo, foram utilizadas na obra 1.784 cargas transportadas por carretas normais (de 12 m) e 153 cargas por carretas extensivas (acima de 12 m), entregando 15 a 20 cargas por dia para quatro frentes de montagem. Foram utilizados quatro guindastes de capacidade entre 75 e 140 t, máquinas treliçadas sob pneus e sob esteira e 10 plataformas para montagem e acabamento da estrutura pré-fabricada.

3.3.3 PLANEJAMENTO FINAL PEÇA A PEÇA

A partir da validação da estratégia de execução, iniciou-se o detalhamento do plano de ataque peça a peça. Os quadrantes de montagem iniciais foram subdivididos em regiões menores, resultando em 73 quadrantes, com o objetivo de aumentar o número de marcos de controle de projeto. As equipes de montagem foram responsáveis por um conjunto de quadrantes, cada um com prazos de projeto, fabricação e montagem (Figura 16). A estrutura pré-fabricada executada foi composta por 402 pilares, 124 painéis, 1932 vigas, 5855 lajes alveolares e 87 escadas.

Os quantitativos para desenvolvimento do planejamento peça-a-peça foram

extraídos com automações em *Dynamo*, envolvendo parâmetros como pavimento,

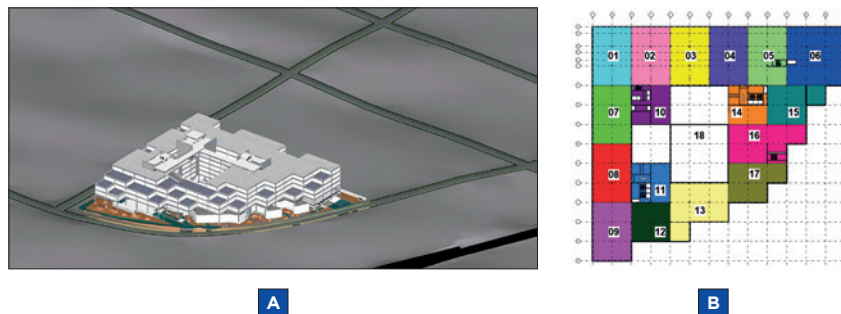


FIGURA 13

(A) POSICIONAMENTO DO MODELO BIM NO TERRENO E (B) DISTRIBUIÇÃO PRELIMINAR DE QUADRANTES E SENTIDO DE MONTAGEM

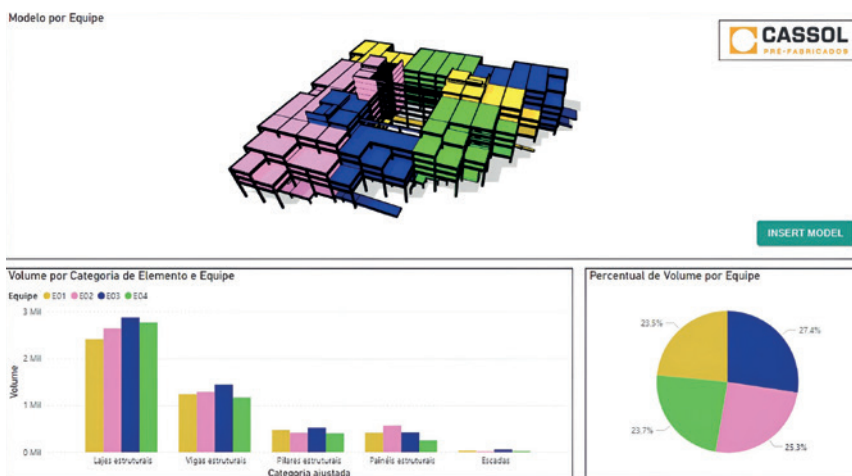


FIGURA 14

DISTRIBUIÇÃO PRELIMINAR DE PEÇAS POR TIPOLOGIA, VOLUMES E EQUIPES

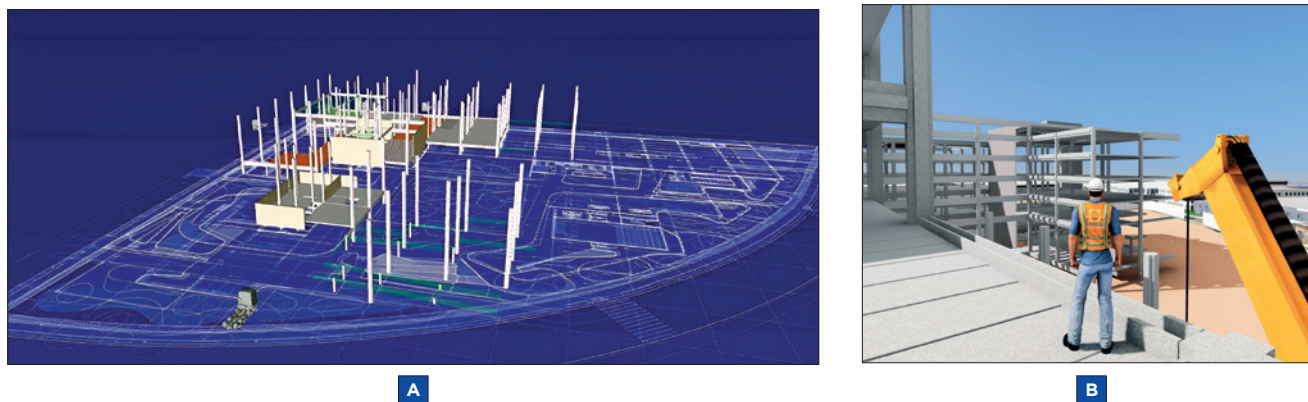


FIGURA 15

SIMULAÇÃO BIM 4D NOS SOFTWARES NAVISWORKS (A) E FUZOR (B)

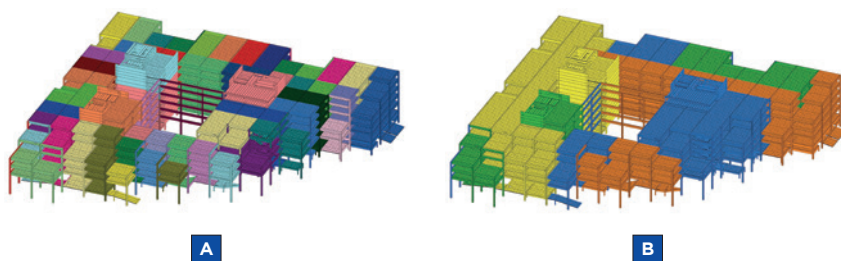


FIGURA 16

DISTRIBUIÇÃO FINAL DA ESTRUTURA, SENDO (A) DOS QUADRANTES E (B) DAS EQUIPES DE MONTAGEM

tipologia de forma e nomenclatura de peças. Foi necessário compreender e adaptar as informações importantes para cada fase executiva, para que a base de dados gerada fosse útil e confiável. Sendo assim, o único parâmetro incluído manualmente no modelo (que não era nativo do processo de projeto) foram os quadrantes de montagem. Para simulações 4D eram feitas associações automáticas com base no parâmetro de ID das peças no modelo BIM. Com a setorização peça a peça, a análise crítica e adaptabilidade do cronograma tende a ser mais

simples. Isso ocorre em função do equilíbrio entre a base de dados robusta e o planejamento ágil, pois encara-se inicialmente a complexidade do número de quadrantes e não do número de peças.

3.3.4 ACOMPANHAMENTO DA OBRA

O acompanhamento do avanço físico do empreendimento foi feito com auxílio do modelo BIM. Foi utilizado a plataforma *Nimble* para navegação e atualização em tempo real dos status das peças por

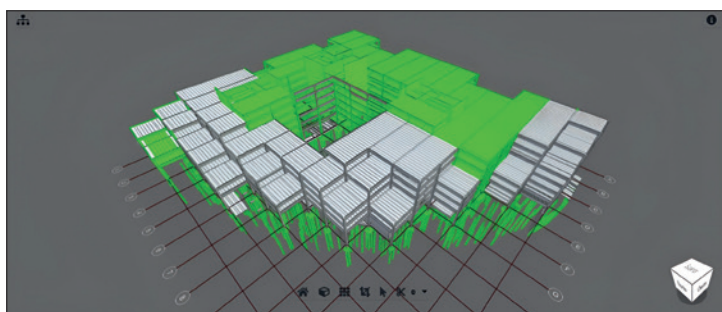
meio de dispositivos móveis no campo (Figura 17). A partir desse controle, *dashboards* de análise de produtividade e conformidade de prazos também foram feitos em *PowerBI*.

4. CONCLUSÕES

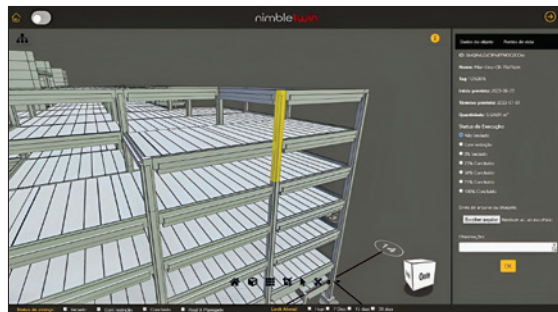
O presente artigo trouxe um case relevante evidenciando a aplicabilidade de sistemas construtivos pré-fabricados em concepções estruturais de grande versatilidade, funcionalidade e apelo arquitetônico, conforme abordado pela literatura de referência. O uso do BIM permitiu a finalização da obra dentro do prazo e premissas acordadas com sucesso, promovendo uma integração detalhada e antecipada à obra de todas as partes envolvidas (detalhamento da arquitetura e de projeto estrutural, planilhas de produção, projeto de montagem e planejamento da obra).

AGRADECIMENTOS

À Rocontec Construção e Tecnologia, à Brookfield Properties, ao Arquiteto Gustavo Utrabo, à CMA Engenharia e à Cassol Pré-fabricados pelas informações fornecidas. ☺



A



B

FIGURA 17

MODELAGEM NA PLATAFORMA NIMBLE: (A) VISUALIZAÇÃO DE PEÇAS MONTADAS (EM VERDE) E (B) ATUALIZAÇÃO DO STATUS DAS PEÇAS (SELEÇÃO DO PILAR)

FONTE: ROCONTEC

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BARTH, F.; VEFAGO, L.H.M. Tecnologia de fachadas pré-fabricadas. Ed. Letras Contemporâneas, 2007.
- [2] DONIAK, I.L.O.; GUTSTEIN, D. Concreto Pré-fabricado. In: TUTIKIAN B., PACHECO F., ISAÍÁ G. e BATAGIN I. (editor). Concreto: Ciência e Tecnologia, 3ª ed. São Paulo: Editora Ibracon, 2022.
- [3] ABNT NBR 9062:2017 - Comentários e Exemplos. Editores NURNBERG, R. e DONIAK, I.L.O., 1ªed. São Paulo: Editora Ibracon, 2022.
- [4] SUGAHARA, J.; LACOURARIE, L. WPP Anuncia seu primeiro Campus no Brasil. Disponível em: <https://www.wpp.com/en/news/2022/11/wpp-announces-its-first-campus-in-brazil-portuguese>.