

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADOS COM ESTRUTURAS MOLDADAS *IN LOCO*

Gustavo José Valões Sousa

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(gustavovaloes.56@gmail.com)*

Keller César Monteiro Carmaço

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(kellercamarco@gmail.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (ana.carrijo@unievangelica.edu.br)

Kíria Nery Alves do Espírito Santo Gomes

*Professora Mestra, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(kiriagomes@gmail.com)*

RESUMO

O tema abordado vem comparar o método construtivo convencional, de estruturas moldadas *in loco*, com o sistema pré-fabricado de concreto, que elucida não somente o avanço da tecnologia na construção civil, mas também a evolução da construção de maneira geral, que está ligada diretamente ao estilo de vida da sociedade contemporânea, pretendendo sempre a evolução e mudanças, com o intuito de conseguir praticidade, eficiência em tempo hábil, qualidade executiva e um melhor custo-benefício. No contexto da modernização, está evidente os benefícios proporcionados pela estrutura pré-fabricada, gerando agilidade na construção, estratégias diversificadas, além de se alcançar vãos relativamente altos devido à protensão. O presente trabalho apresenta o modo de execução de ambos os métodos, desde o processo de fabricação do elemento pré-fabricado, com também a montagem de uma trama de fôrmas para a execução de um elemento moldado *in loco*. Expõe as avaliações de grandes pensadores e profissionais da área e apresenta um estudo de caso, onde compara custos detalhados e prazos de entrega da estrutura. A partir dos resultados levantados, além dos aspectos econômicos e de otimização do tempo construtivo, a compatibilidade das peças pré-fabricadas com o objetivo arquitetônico e estético da edificação, tornam-se fatores decisivos na escolha da construção modular a optar-se.

PALAVRAS-CHAVE: Pré-fabricado, Pré-moldado, Convencional, Estrutura, Concreto.

1 INTRODUÇÃO

É da natureza do ser humano sempre procurar por evolução, inovação, destaque pessoal e profissional, muitas das vezes sendo impulsionados pela necessidade e pelo avanço da industrialização, este último alinhado a essência da sociedade contemporânea que se baseia em: economia, produtividade e tempo. A partir desse princípio, tem-se a Revolução Industrial como marco zero do desenvolvimento industrial, no que se refere à criação de máquinas, produção em larga escala e especialização de mão de obra.

Aliada a Revolução Industrial, o fim da Segunda Guerra Mundial (1945) foi importante para o progresso não só da indústria como também da construção civil, com o surgimento das primeiras construções em concreto pré-fabricado, estas derivadas da necessidade de reconstrução das grandes cidades de forma rápida e econômica, levando-se em consideração a escassez de mão de obra existente no período (EL DEBS, 2017). Isto conferindo com o exposto por Ordonéz (1974, *apud* Serra, 2005), que ressalta que foi, principalmente, na Europa, pós-guerra, onde verdadeiramente deu-se início a história da pré-fabricação oriunda da precisão de construir-se em larga escala.

No Brasil, segundo El Debs (2017), apesar deste método construtivo ter efetivo crescimento na atualidade, se comparado à evolução tecnológica de outros setores profissionais, a engenharia civil ainda se encontra com defasagem de produção e pesquisas no âmbito tecnológico. Entretanto, estes avanços vêm, aos poucos, reformulando o conceito de construção civil, por meio da diminuição dos custos, impactos visuais e ambientais, racionalização de materiais e aumento de produtividade, refutando assim a ideia de ser um setor arcaico através de novas técnicas e conhecimentos específicos.

Baseando-se nesta constante necessidade profissional do setor em obter novas técnicas e soluções para se sobressair mediante a um nicho saturado, o presente trabalho busca abordar as construções modulares (pré-fabricados e pré-moldados), no que se refere aos custos de execução de ambas, com enfoque principal para as pré-fabricadas, de forma a elucidar e contribuir para o melhor entendimento a respeito desta última, considerando o fato desse método ainda demandar grandes estudos no cenário brasileiro.

2 DIFERENÇA ENTRE O PRÉ-FABRICADO E O PRÉ-MOLDADO

Os pré-fabricados e os pré-moldados, também chamados de construção modular, surgiram a partir do momento que as obras de grande porte começaram a exigir o aumento da eficiência na construção civil, referente ao aumento da produtividade e otimização do tempo de execução, e apesar dos dois processos serem similares, é essencial saber a diferença entre estes e qual se adequará a cada obra.

Segundo a norma brasileira NBR 9062 (ABNT, 2017), os elementos pré-moldados dispensam o uso de laboratório, não exigindo um controle de qualidade rigoroso, podendo ser moldados dentro do canteiro de obras. Já o pré-fabricado é moldado previamente fora do canteiro, executado em nível industrial, no qual já exige um rigor técnico e controle de qualidade maior, além de dar ao cliente toda especificação do material, como: registro de data, tipo de concreto, aço e as assinaturas dos responsáveis.

Sendo ambos, materiais revolucionários que geram menos resíduos, possibilitando aos projetos serem concluídos em curto prazo, além de reduzirem os riscos de acidentes e responsabilidades relacionadas aos trabalhadores.

3 EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO MODULAR

Segundo Vasconcelos (2002, apud Pagoto, 2013), o sistema modular de concreto industrializado teve início apenas no século XX, destacando-se especialmente em obras em que o prazo de execução é fator determinante, proporcionando à otimização do tempo e a qualidade nos canteiros de obras.

3.1 ELEMENTO PRÉ-MOLDADO

Os elementos pré-moldados de grandes dimensões para cobertura originaram-se nos Estados Unidos da América (EUA) em 1900, tendo como exemplo os pré-moldados de piso para um edifício de quatro andares no ano de 1905 (EL DEBS, 2000 *apud* BOIÇA, 2006). Outros exemplos são: a produção de treliças e estacas de concreto armado, em 1906, na Europa; e a execução de peças pré-moldadas, dentro do canteiro de obras, para a construção de um edifício no EUA no ano de 1907, por Thomas Alva Edson.

3.2 ELEMENTO PRÉ-FABRICADO

De acordo com Salas (1988), pode-se dividir o emprego da pré-fabricação na Europa em três estágios, que são: no período de 1950 a 1970, como a fase pós-guerra, composta pela busca por se construir edificações (habitação, escolares, hospitalares e industriais), que se encontravam escassas devido às devastações ocorridas durante a guerra, tendo sido utilizados componentes pré-fabricados na execução destas, que se ajustaram ao ciclo fechado de produção; o segundo estágio, ocorreu entre os anos de 1970 a 1980, sendo composto pelo enfraquecimento deste sistema e pelo surgimento da rejeição social, ocasionada pela destruição de alguns edifícios construídos com painéis pré-fabricados, em contrapartida tal ocorrido serviu para aprofundamento da revisão deste método e compreensão de seu processo construtivo; e o último estágio, se deu após o ano de 1980, com a demolição de conjuntos habitacionais, decorrentes do desprezo social e da danificação funcional dos sistemas, seguindo da consolidação da fabricação de ciclo aberto, exigindo componentes adaptáveis e de grandes origens.

No Brasil, a primeira grande obra com aplicação de elementos pré-fabricados se deu no Rio de Janeiro, denominada de Hipódromo da Gávea (Figura 1), no ano de 1926, nesta utilizou-se diversos elementos pré-fabricados, tais como: as estacas nas fundações e as cercas no entorno da área reservada ao hipódromo (VASCONCELOS, ano *apud* DIÓGENES, 2010).

Figura 1 - Hipódromo da Gávea



Fonte: MACHADO (2016).

Oliveira (2002) ressalta que, além do desinteresse, existiram vários outros fatores significativos para o fraco desenvolvimento e utilização de pré-fabricados no país, como por exemplo, a política de desestímulo ao uso do pré-fabricado no setor de habitação, adotado pelo Banco Nacional Habitacional (BNH), com o intuito de incentivar o emprego maciço de mão-de-obra não qualificada no canteiro de obra.

Sendo os galpões, as construções mais usuais do sistema pré-fabricado, com um crescimento notório ao final da década de 80, como explanado pela Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto – ABCIC (1980, *apud* Oliveira, 2002), até a atualidade, o maior emprego deste método construtivo se dá em obras de grande porte (industriais, comerciais e hoteleiros), fato este decorrente da inexistência de uma política de desenvolvimento tecnológico no Brasil, onde a inovação até o início dos anos 90 prosseguiu devido a interesse da área empresarial em obras ágeis e econômicas.

Atualmente, o uso do elemento pré-fabricado encontra-se realmente em ascensão no cenário nacional em obras de grande porte, mas têm também aberto seu leque para construções habitacionais e de interesse social, um exemplo, mencionado pela ABCIC (2016), é a conclusão de 136 novas escolas dentro do programa da prefeitura do Rio de Janeiro, denominado Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Brizola, sendo esta considerada a maior obra executada com pré-fabricado da América Latina, abaixo exemplificada na Figura 2.

Figura 2 - Processo construtivo das escolas



Fonte: ROMAR (2015).

4 PRÉ-FABRICADO

4.1 DEFINIÇÃO

De acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2017), pré-fabricado é um elemento pré-moldado executado industrialmente em instalações permanentes da empresa destinada para este fim, que se enquadrem e estejam em conformidade com as especificações descritas na norma.

4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Pagoto (2013) afirma que, uma grande vantagem da pré-fabricação se trata da economia de materiais durante a execução e conseqüentemente em um desenvolvimento executivo estrutural mais sustentável derivado da economia de energia, fatores estes

proporcionados pela melhora na qualidade e precisão da obra com a utilização deste método construtivo. Conferindo com o exposto por El Debs (2017), que cita ainda, como benefícios, o controle mais apurado dos seus componentes, além da maior vantagem deste método construtivo: a otimização no prazo de execução.

Ainda em ressalva a agilidade de execução construtiva, Monteiro, engenheiro civil responsável pela ampliação do Aeroporto Internacional de Brasília, em entrevista a ABCIC, diz que, o percentual de redução do tempo de construção, com o uso de estruturas pré-fabricadas, se encontra entre 50% a 60% (ABCIC, 2014).

Tendo ainda como vantagens, a redução da quantidade de imprevistos, diminuição de mão de obra e conseqüentemente possíveis erros de execução, gerando assim economia de custos (ALMEIDA, 2015). Além de ser um sistema com produção em série, que se encontra interligada ao controle e garantia de qualidade da fabricação, fator dependente de procedimentos, instruções, inspeções regulares, testes e utilização dos resultados dos equipamentos de controle, matéria-prima, outros insumos, processos de produção e produtos (VAN ACKER, 2002).

O último citado ressalta ainda que, algumas empresas de pré-fabricados possuem certificação ISO 9000, vantagem adicional para a garantia de qualidade dos processos de organização.

Dentre as desvantagens, estão os altos investimentos iniciais compostos pela contratação de mão de obra especializada e os altos custos de locação dos maquinários e no transporte das peças, além do não planejamento adequado dos canteiros que dificultam o acesso dos caminhões e guindastes de montagem.

4.3 PROJETOS DE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO

Como aponta Melo (2007), o sucesso na realização de uma obra com elementos pré-fabricados está no projeto, este necessitando ter um alto índice de detalhamento, por ser o mecanismo que auxilia no processo de execução responsável, influenciando na qualidade da construção.

A NBR 9062 (ABNT, 2017), mais especificamente no item 5.2.1.4, ressalta que para a análise estrutural devem-se considerar todas as fases as quais os elementos estão sujeitos, principalmente se acarretarem suscetibilidade a condições desfavoráveis quanto aos Estado Limite Último (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS), previstos na ABNT NBR 6118:2014. No que refere-se aos pré-fabricados, as fases que exigem dimensionamento e verificação são: fabricação, manuseio, armazenamento, transporte e montagem.

4.3.1 Fabricação

El Debs (2017) retrata o processo de fabricação subdividindo-o em três grupos, que são: as atividades preliminares, fase de armazenamento das matérias primas, preparação da armadura, dosagem e mistura de concreto; a execução propriamente dita, etapa composta pela preparação da fôrma, recebimento das armaduras, seguida de sua concretagem e tempo de cura; e a desmoldagem, fase de conclusão de todas as atividades posteriores, constituída das etapas de inspeção, tratamentos finais e eventuais consertos, assim como do transporte do elemento construtivo do local até a área de armazenamento.

A armação deve seguir o prescrito na ABNT NBR 9062:2017, que especifica à preparação adequada das armaduras. A norma citada determina que as fôrmas devam ser adaptadas de acordo com as tolerâncias de dimensionamento constantes em seu item

5.2.2, ressaltando ainda os tipos de materiais que estas podem ser confeccionadas, tais como aço, alumínio, madeira, entre outros.

O preparo do concreto deve ser realizado obedecendo às exigências da ABNT NBR 12655:2015, que relata a necessidade ou não do uso de aditivos ou adições no concreto, já no que se referem as suas propriedades, segue-se o prescrito na ABNT NBR 9062:2017 e, quanto a sua resistência característica, o definido na ABNT NBR 6118:2014.

Segundo Melo (2007), dentre os cimentos existentes, o mais adotado na fabricação de pré-fabricados é o CP V-ARI, devido a sua propriedade de atingir altas resistências em um tempo reduzido de aplicação, que propicia uma desforma mais rápida e conseqüente aceleração na execução de grandes obras.

4.3.2 Logística na construção pré-fabricada

Segundo Silva & Cardoso (2000), a gestão da logística na construção civil desenvolve atividades de planejamento, organização, direção e controle dos fluxos físicos no canteiro de obras.

A mesma está diretamente relacionada ao transporte, manuseio e armazenamento das peças, além de promover recursos e dar informações para a execução de todas as atividades de forma organizada, todas essas características devem ser bem definidas, previamente, conforme as exigências da NBR 9062 (ABNT, 2017), em resumo descritas abaixo:

Em seu item 10.3 é especificado a respeito do transporte dos elementos pré-fabricados, orientando sobre as precauções a serem tomadas referentes ao veículo apropriado de transporte e a disposição das peças construtivas durante o trajeto.

O item 10.1 trata-se do manuseio adequado das peças, onde os elementos devem estar suspensos e movimentados por intermédio de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados em pontos de suspensão, localizados nas peças de concreto, perfeitamente definidos em projeto, de forma a evitar choques e movimentos abruptos. No que se refere ao projeto de içamentos, seguir as especificações do disposto 5.3.3, sobre os ângulos e posicionamentos para os cabos de aço e outros dispositivos de içamentos. Enquanto o dimensionamento das máquinas de suspensão, balancins, cabos de aço, ganchos e outros dispositivos, devem ser realizados considerando as solicitações dinâmicas, conforme o disposto 5.3.2.

Figura 3 – Representação do a) Veículo de transporte, b) Manuseio e c) Armazenamento



a) Veículo de transporte

b) Manuseio

c) Armazenamento

Fonte: AUTORES.

A respeito do armazenamento a NBR 9062 (ABNT, 2017) prescreve que os elementos de concreto devem ser empilhados com os mesmos cuidados do manuseio, devem ser armazenados com apetrechos de apoio, como cavaletes, caibros ou vigotas,

constituídos ou revestidos de material suficientemente macio para evitar danificação das peças, garantindo a estabilidade necessária.

Sendo as exigências referentes ao transporte, manuseio e armazenamento das peças pré-fabricadas, acima citadas, representadas na Figura 3.


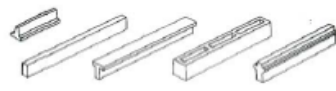


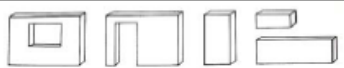



4.3.3 Montagem

A agilidade no processo de montagem do pré-fabricado é o grande atrativo encontrado pelos empresários no momento da escolha desse tipo de construção modular, devido ao retorno rápido de seus investimentos, além destes, a não geração de entulho, favorecendo a um canteiro limpo e organizado, também chama a atenção.

Segundo o manual da ABCIC (2014), recomenda-se a verificação dos elementos pré-fabricados antes do descarregamento das peças na obra, permitindo assim, a visualização de possíveis defeitos antes do início da montagem. Alguns dos itens a serem verificados são: a conferência do pedido na nota fiscal, garantindo que todas as peças solicitadas estão sendo entregues; a averiguação da existência do selo de qualidade ABCIC em todos os elementos; a análise da superfície das peças, de forma a verificar algum tipo de fissura oriunda do momento do carregamento; e o içamento com alças e inserção, assegurando que o plano onde será efetuado o içamento está em boas condições.

4.4 SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS APLICADOS NO CANTEIRO DE OBRAS

Figura 4 – Exemplos de elementos em concreto pré-fabricados

Concreto armado – Elementos de montagem		
Tipos	Elementos	Exemplos
Elementos uni-dimensionais	Pilares	
	Vigas	
	Barras de treliças	
Elementos bi-dimensionais	Placas de lajes	
	Placas de paredes	
	Placas especiais	
	Calhas e Rufos	
Elementos tri-dimensionais	Fundações	

Fonte: LAUTERBACH (2004).

Atualmente, as ramificações de elementos modulares são bastante significativas, indo de fachadas pré-fabricadas até elementos de fundação. As peças são relacionadas

de maneira uniforme em cada classe dos elementos e, usualmente, suas particularidades, propriedades e geometria das seções transversais, são padronizadas, o que não ocorre com regularidade em relação a sua seção longitudinal, como afirma VAN ACKER (2002).

De acordo com Lauterbach (2004), as seções transversais dos pré-fabricados são divididas em três tipos: elementos unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais, e alguns exemplos destas peças podem ser observados na Figura 4.

4.4.1 Elementos unidimensionais

Os modelos de elementos unidimensionais são constituídos de partes de barras ou componentes estruturais que, por sua vez, em segmentos de uma reta, são constituídos por pilares e vigas pré-moldadas. Sendo em um plano, constituídos por treliças planas, pórticos planos e grelhas. Já em um espaço tridimensional, por treliças e pórticos que possuem como característica um número finito de incógnitas (SORIANO, 2003).

Chastre & Lúcio (2012) ressaltam que este sistema é, geralmente, utilizado em galpões industriais, instalações comerciais como centros de distribuição e instalações de agronegócio. Enquanto, Van Acker (2002) conceitua que os sistemas esqueléticos, por permitirem alcançar espaços abertos sem interseção de vigas e pilares, tornam-se de ótima utilidade para construções de shopping centers, indústrias, estacionamentos, centros esportivos e construções de escritórios.

4.4.2 Elementos bidimensionais

Os elementos bidimensionais estão entre os mais utilizados nas construções atuais juntamente com os de ordem unidimensional (vigas, pilares e barras de treliças). Além de se destacarem em sua função estrutural, as placas de lajes e paredes também participam diretamente na função estética da edificação, tornando-se uma opção vantajosa pela junção da qualidade, rapidez e estética.

Segundo Oliveira (2002), os painéis de fachada têm sua base constituída por uma camada de concreto armado, feita essencialmente para garantir o desempenho para qual o elemento foi projetado, podendo-se destacar: o isolamento térmico e acústico, a segurança estrutural, a resistência ao fogo e a durabilidade compatível a qual o edifício foi projetado.

Em entrevista a ABCIC (2016), Rosilene Fontes, arquiteta responsável pelo projeto arquitetônico da fachada de um edifício comercial na cidade de São Paulo no ano de 2014, relatou que, com o uso do pré-fabricado, obteve-se a liberdade de criar e inovar esteticamente, adquirindo ainda a vantagem de uma execução rápida e limpa.

Outro exemplo de elemento bidimensional são as lajes alveolares, que como aponta Diógenes (2010), devido as suas características dimensionais serem vazadas e possuírem diversos formatos, reduzem o peso próprio e a quantidade de concreto empregado no elemento, alinhando-se as vantagens do seu comportamento estrutural, no que se refere à atuação em vãos na faixa de 5 a 15 metros de comprimento e larguras de 1 a 2,5 metros.

4.4.3 Elementos tridimensionais

Os modelos tridimensionais ou de volume são elementos com três direções, por exemplo, um bloco de fundação que transfere ao solo as cargas provenientes dos pilares, considerando as características mecânicas envolvidas (SORIANO, 2003).

Campos (2010) relata que a ligação por meio de cálice (modelo tridimensional de fundação superficial) é a mais aplicada atualmente no Brasil, apresentando grandes vantagens como: simplicidade na hora da montagem, boa capacidade de transmissão de momentos fletores e forças normal e cortante, dentre outras.

5 ESTRUTURAL CONVENCIONAL NO CONCRETO ARMADO

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define os elementos de concreto armado como: “aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência”.

Para Fajersztajn (1987, apud Salim Neto, 2009), o uso do concreto armado para a realização das estruturas no Brasil, ainda é o mais utilizado devido ao hábito tradicional da maneira de se construir. Representando, em uma concepção econômica geral, em média 20% do custo de uma construção.

5.1 ESTRUTURAS MOLDADAS *IN LOCO*

Esse sistema construtivo consiste em moldar pilares, vigas e lajes *in loco*, utilizando formas de madeira ou metálicas. Além disso, o aço é posicionado dentro delas, sendo fixado de acordo como o projeto estrutural e travado durante a concretagem, na sequência deve-se vibrar o concreto e esperar durante sete dias para a retirada das fôrmas (ALLEN & IANO, 2013).

5.1.1 Fôrmas, escoramento e armação

Usualmente, as estruturas convencionais de concreto moldado *in loco* demandam uma grande quantidade de fôrmas que, segundo Morikawa (2003), possuem peso relevante no custo da construção, podendo alcançar facilmente a metade dos gastos de uma obra com concreto armado, sendo assim, todo o cuidado com as mesmas pode resultar em uma economia significativa ao final da edificação.

Freire (2001) divide as fôrmas em três grupos quanto a sua função, que são: o primeiro, as fôrmas utilizadas como moldes, que são aquelas que ficam em contato direto com a superfície do concreto, dando à peça sua forma desejada; o segundo, denominado de cimbramento, trata-se dos elementos que auxiliam no suporte dos moldes, absorvendo e/ou transferindo as cargas recebidas para o local destinado, sendo subdividido em: travamento, vigamento, escoramento e mão francesa; e terceiro e último grupo, constituído pelas peças em conjunto participando no funcionamento do elemento como um todo.

As fôrmas, escoramento e armação da ferragem, constituem um sistema interligado, de maneira que a qualidade de execução de um, influencia na qualidade do serviço subsequente. Freire (2001, apud Salim Neto, 2009), define a armação como o ato de locar na estrutura as armaduras especificadas em projeto, sendo um serviço complexo que necessita de mão de obra especializada.

5.1.2 Concretagem

A concretagem *in loco* de elementos estruturais e de fundação requerem uma grande mobilização de recursos e mão de obra, visando atender as exigências prescritas em norma e a melhor qualidade durante a execução.

Proveniente da industrialização na construção e com intuito de acelerar o procedimento, a possibilidade de a concretagem ser efetuada pelas concreteiras, facilita demasiadamente o processo, devido ao preparado do concreto ser realizado industrialmente.

De acordo com Dantas (2006), a utilização de concreto usinado melhora a produtividade, reduz mão de obra, além de otimizar o tempo de concretagem de cada elemento através da bomba de lançamento.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 DESCRIÇÃO

O estudo de caso aborda a obra de um resort, em execução, na cidade de Alexânia, no estado de Goiás, iniciada em março de 2018 e com previsão de entrega para março de 2020, com uma área de, aproximadamente, 72.000m² (setenta e dois mil metros quadrados).

Tendo sido implantado dois métodos construtivos na execução das suas nove edificações, que são: os pré-fabricados, usados na construção de sete dos seus edifícios, chamados de Anexo, SPA Fitness, Centro de Convenções, J City, Entretenimento, Lobby e Vip Club; e os moldados *in loco*, usados na elevação das outras duas edificações, denominadas de Prédios Apartamentos.

A empresa responsável, aqui será denominada de empresa A, pregando pelo sigilo de sua real identidade, a mesma trata-se de um grupo de hotelaria em expansão, onde essa obra é a primeira a ser executada totalmente por esse grupo.

6.2 METODOLOGIA

Empregou-se para o desenvolvimento deste estudo de caso, a análise de viabilidade técnica financeira solicitada pela empresa A, para que a execução de um dos prédios moldados *in loco* tivesse ocorrido em pré-fabricados, tal análise forneceu as informações necessárias para a realização do comparativo entre esses dois métodos construtivos, através da exposição de dados financeiros, executivos e o prazo do produto final.

6.3 PRÉDIOS DOS APARTAMENTOS

Como mencionado, esses foram os únicos prédios do resort em que se utilizaram elementos moldados *in loco*. Com base nisso, o estudo de caso em questão, abordará como foco do comparativo entre esses dois tipos de construção modular, apenas um destes, o qual pode ser observado na Figura 6.

O mesmo possui uma área total de 3506,79 m² (três mil quinhentos e seis e setenta e nove metros quadrados), sendo dividida em seis pavimentos com 38 (trinta e oito) apartamentos por andar, totalizando 228 (duzentos e vinte e oito) apartamentos.

6.3.1 Método convencional: moldado *in loco*

A fundação do Prédio Apartamento foi realizada em estaca de hélice contínua, devido à análise do estudo de solo ter detectado quantidade de água expressiva no lençol freático, com blocos de coroamento seguindo especificações do projeto de fôrmas.

Figura 6 – Prédio Apartamento moldado *in loco*



Fonte: AUTORES.

No que se refere a sua estrutura, ela foi executada com moldagem dentro do canteiro de obras, nas quais para a execução dos pilares, vigas e lajes, foram usadas fôrmas do tipo madeirite, escoras metálicas para o travamento e concretagem realizada com concreto usinado, de resistência a compressão de 25 MPa e slump test de 12 ± 2 cm, bombeado com bombas estacionárias e lanças. Tendo as fôrmas e os travamentos adotados ilustrados na Figura 7.

Figura 7 - Fôrmas e travamentos dos pilares, vigas e lajes



Fonte: AUTORES.

A mão de obra adotada foi de empresas terceirizadas, constituídas por: armadores, destinados à preparação das armaduras dos blocos de fundação, cintas, vigas, pilares e lajes; carpinteiros, encarregados de executarem a montagem das fôrmas e escoramentos; pedreiros e auxiliares de pedreiros, responsáveis pelo auxílio nas concretagens, elevação da alvenaria, organização do canteiro e serviços afins.

Quantificando os elementos estruturais e de fundação, pode-se concluir que o Prédio Apartamento possui: 173 pilares, 882 vigas, 225 blocos de fundação, e todas as lajes maciças de espessura de 10 cm.

6.3.1.1 Aspecto financeiro

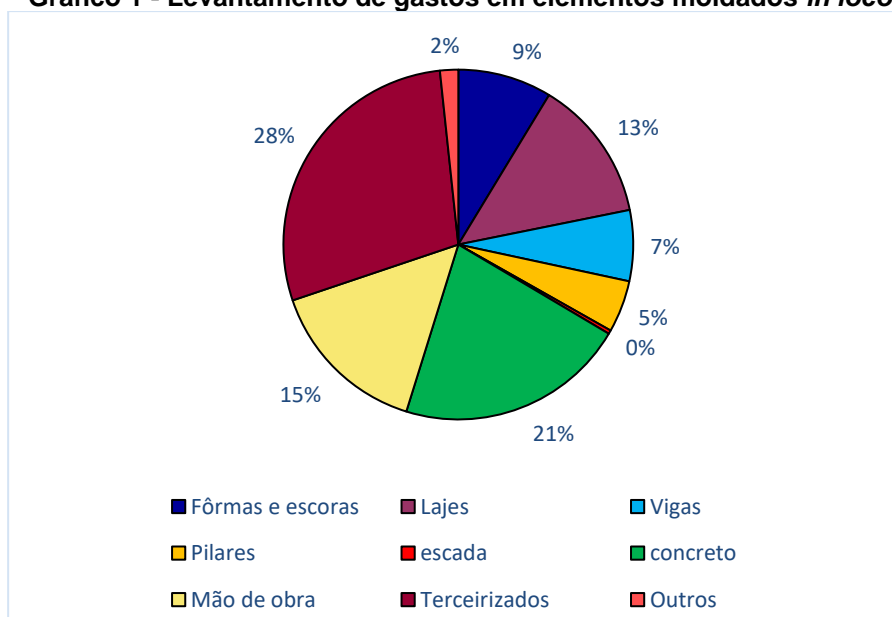
Como em toda e qualquer obra, se faz necessário o planejamento da construção, constituído pela elaboração de cronogramas e orçamentos, com o intuito de otimizar tempo e evitar gastos dispendiosos que possam vir a onerar o custo final. Levando-se em consideração esses fatores, tem-se o resumo do orçamento do prédio em elementos moldados *in loco*, entregue a empresa A, expresso na Tabela 1.

Tabela 1 – Orçamento resumido: moldados *in loco*

Descrição	Valor (R\$)
Fôrmas e escoras	R\$ 278.317,65
Lajes	R\$ 421.234,20
Vigas	R\$ 209.938,16
Pilares	R\$ 153.974,97
Escadas	R\$ 10.758,61
Concreto	R\$ 682.416,00
Mão de obra	R\$ 481.288,00
Terceirizados	R\$ 913.048,92
Outros	R\$ 54.048,50
Total	R\$ 3.205.025,01

Fonte: AUTORES.

Gráfico 1 - Levantamento de gastos em elementos moldados *in loco*



Fonte: AUTORES.

O custo final, acima descrito, refere-se à etapa estrutural executada do Prédio Apartamento como um todo, tendo sido considerado no somatório de cada tópico individual mencionado, as seguintes informações financeiras: em pilares, escadas, vigas e lajes, constam apenas os gastos com o aço necessário para execução destes elementos

estruturais; no item terceirizados, está incluso os valores pagos as empresas contratadas para a execução dos serviços de lançamento e adensamento do concreto, assim como carpintaria e armação; o tópico outros, é constituído dos custos referentes aos espaçadores, pregos, desmoldantes e equipamentos; na mão de obra, consta as despesas com pedreiros, serventes, estagiários e encarregados gerais, ou seja, os seus colaboradores diretos; em concreto, estão inclusos os custos do concreto usinado e dos serviços de bombeamento; já o item fôrmas e escoras, está composto pelos gastos com os materiais necessários para a realização do escoramento e montagem das caixas dos elementos.

A partir desses dados e com o intuito de expressar em percentuais, os custos empregados na construção da estrutura de um dos prédios em elementos moldados *in loco*, foi elaborado o Gráfico 1:

No qual tornou-se notório que, para o emprego desse tipo de método construtivo, a maior parte das despesas da obra se concentraram na contratação de funcionários, sejam eles terceirizados (28%) ou colaboradores diretos (15%), totalizando 43% dos gastos finais, seguindo da compra do concreto usinado e dos serviços de bombeamento que demandaram 21%, enquanto a obtenção das armaduras das lajes e dos materiais para fôrmas e escoras, atingindo, respectivamente, os percentuais de 13% e 9%.

6.3.2 Método pré-fabricado

Como já citado, antes da empresa A optar, definitivamente, pela construção moldada *in loco*, foi realizado a cotação para a possível execução do Prédio Apartamento em estrutura pré-fabricada.

Na cotação, a empresa que realizou o fornecimento dos pré-fabricados para a construção das outras sete edificações do resort, que aqui, devido ao sigilo profissional, será denominada de empresa B, propôs a contratante, levantar toda a estrutura dos prédios em apenas quatro meses, fator vantajoso e bastante almejado no setor da construção civil, além da apresentação de um orçamento, monetariamente, similar ao dos moldados *in loco*, entretanto mais econômico, tal fato pode ser observado no resumo dos custos constantes na Tabela 2.

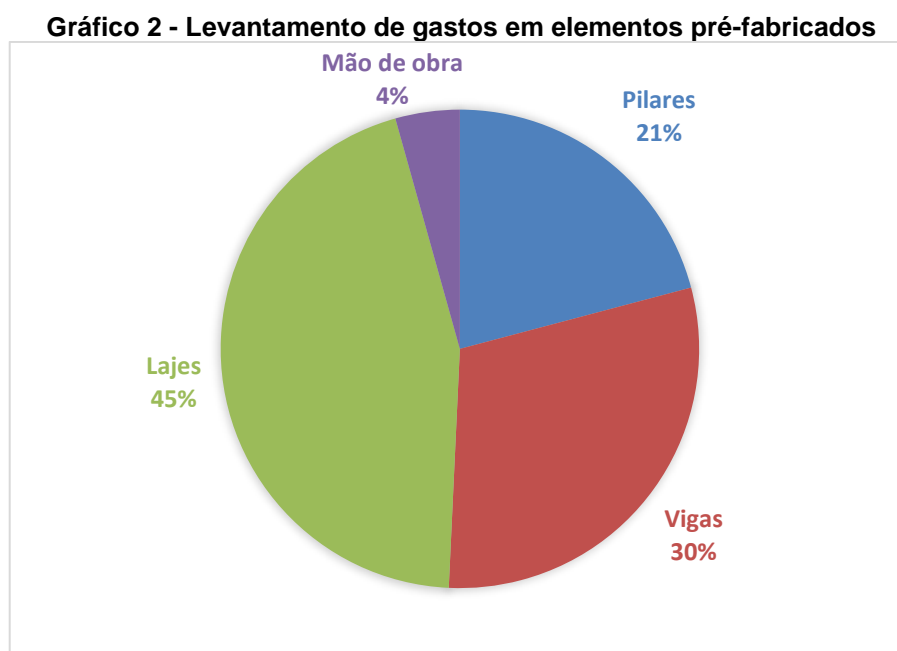
Tabela 2 – Orçamento resumido: pré-fabricado

Descrição	Valor (R\$)
Pilares	R\$ 634.198,37
Vigas	R\$ 907.337,10
Lajes	R\$ 1.364.489,79
Mão de obra	R\$ 132.106,22
Total	R\$ 3.038.131,48

Fonte: AUTORES.

O montante final, presente na tabela acima, como já mencionado, refere-se à possibilidade financeira de execução da estrutura do prédio em elementos pré-fabricados, onde, em cada tópico individual, o somatório engloba as seguintes informações: em pilares, constam os possíveis gastos com a compra, transporte e montagem dos pilares pré-fabricados, assim como do neoprene e das cantoneiras; nos itens vigas e lajes, estão inclusos as prováveis despesas com a compra, frete e montagem de ambos; já o tópico mão de obra, é constituído pelas equipes especializadas que se fariam necessárias para a execução dos elementos estruturais por meio desse método construtivo.

Baseando-se nestes dados, foi elaborado o Gráfico 2, que expressa, em porcentagem, a divisão dos gastos do produto final, caso a empresa A tivesse optado por esse modelo de construção industrializada apresentado pela empresa B, que se mostrou financeiramente viável.



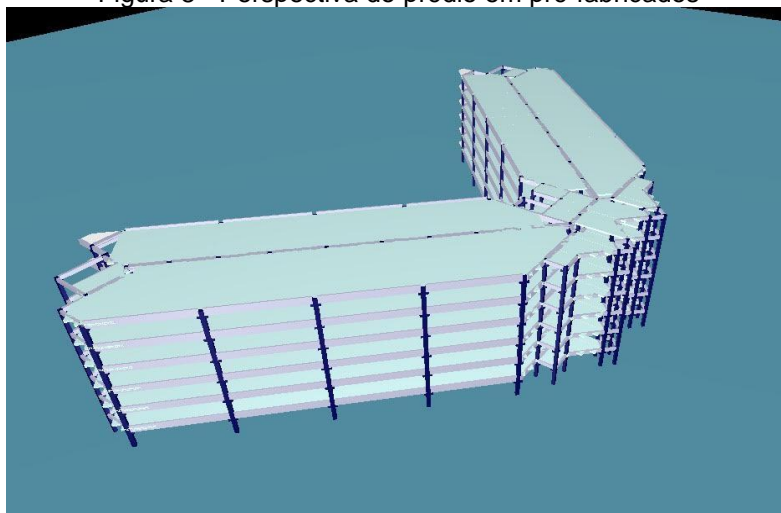
Fonte: AUTORES.

Como observado no gráfico acima, os maiores gastos, da possível execução do Prédio Apartamento em elementos pré-fabricados, se concentrariam na compra, montagem e transporte das lajes, que alcançariam um total de 45% dos custos do produto final, seguindo com os serviços correlatos a elaboração das vigas e pilares que, respectivamente demandariam 30% e 21%, enquanto que, os custos com a mão de obra reduziriam consideravelmente quando se comparado ao modelo moldado *in loco* executado, alcançando apenas 4% dos gastos, fator decorrente da necessidade de um menor quantitativo de funcionários empregados nas atividades devido à industrialização do processo, porém com a exigência de uma alta qualificação técnica destas equipes envolvidas.

Apesar das vantagens descritas, no que se remete a economia gerada na construção, há outro ponto favorável nas características das peças pré-fabricadas, o atendimento de vão livres maiores que, neste projeto, acarretariam uma diminuição de 96 no número de pilares existentes no método convencional, de forma que, neste método construtivo, só seriam executados 77 pilares. Tendo, a perspectiva do resultado da estrutura de um dos Prédios Apartamentos em elementos pré-fabricados, expressa na Figura 8.

Contudo, mesmo com todos os pontos favoráveis que somados facilitariam as etapas de logística e gestão de obra, a escolha da empresa A pelo método convencional ao invés do pré-fabricado, deu-se devido à arquitetura almejada para os Prédios Apartamentos, composta pela estrutura em formato L constituída por muitos chanfros, no qual sua elaboração se tornaria mais fácil com os elementos moldados *in loco*, que poderiam vir a ser redimensionados no momento da execução de acordo com a precisão, desde que respeitadas às exigências normativas, enquanto que nas peças pré-fabricadas, confeccionadas seguindo os padrões específicos de fábrica, tais alterações no canteiro de obra são inviáveis.

Figura 8 - Perspectiva do prédio em pré-fabricados



Fonte: EMPRESA B (2018).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo das primícias levantadas, são nítidas as diferenças executivas e econômicas entre os dois sistemas construtivos abordados, de forma que é de grande valia as seguintes considerações: a partir dos dois orçamentos apresentados para um dos Prédios Apartamentos e as informações coletadas em campo, tornou-se notório que, a estrutura quando levantada pelo método moldado *in loco* necessita de um maior número de funcionários para sua execução, enquanto o pré-fabricado, como já citado anteriormente, utiliza um quantitativo de mão de obra menor, porém mais qualificada devido à industrialização de seu processo. O método pré-fabricado demanda um investimento inicial maior que o moldado *in loco*, devido às etapas de logística não existentes no segundo mencionado, como o gasto com o transporte especializado das peças pré-fabricadas, equipamentos de grande porte para a montagem destas, entre outros, em contrapartida, os moldados *in loco* possuem despesas com a obtenção das fôrmas e escoras não constantes no pré-fabricado, que dependendo do tipo do material, dificilmente serão reaproveitadas em construções futuras, como foi o caso na obra analisada. O modelo pré-fabricado desprende custos associados a menos elementos e atividades executivas desenvolvidas no próprio canteiro de obras, dessa maneira, tornam-se densos os seus custos individuais em comparativo aos moldados *in loco*, onde os gastos entre os elementos estruturais (pilares, vigas e lajes) são bem mais equilibrados. A execução de obras com elementos pré-fabricados são mais ágeis em relação aos moldados *in loco*, fato confirmado pela proposta feita pela empresa B de executar toda a parte estrutural do prédio em apenas 4 meses, enquanto na prática tal etapa se concluiu em 8 meses e 10 dias, em elementos moldados *in loco*. No que se refere à economia do custo final da obra, o modelo pré-fabricado se destacou economicamente em comparação ao moldado *in loco*, com a diferença em percentual de 5,20%, um total de R\$ 166.893,53 (cento e sessenta e seis mil, oitocentos e noventa e três reais e cinquenta e três centavos).

A partir dessas considerações, pode-se concluir que o método pré-fabricado apresentou mais vantagens em comparativo ao moldado *in loco*, nos quesitos econômicos e de otimização do tempo construtivo para a obra em questão, entretanto, por mais importantes que sejam esses fatores no setor atual da construção civil, o planejamento mais aguçado por meio da compatibilização dos objetivos arquitetônicos e estéticos com

a viabilidade do atendimento desses fatores pelo modelo construtivo, torna-se fonte relevante para a determinação do método a ser utilizado.

REFERÊNCIAS

ABCIC. **Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto**, revista industrializar em concreto, Ed.: ABCIC. Nº 02, São Paulo, agosto 2014.

ABCIC. **Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto**, revista industrializar em concreto, Ed.: ABCIC. Nº 8, São Paulo, agosto 2016.

ALMEIDA, Luiza. **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. Belo Horizonte, janeiro 2015.

ALLEN, Edward; IANO, Joseph. **Fundamentos da Engenharia de Edificações: Materiais e Métodos**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9062:2017 – **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118:2014 – **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

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

BOIÇA, S. M. R.. **Desempenho de estruturas em concreto: Proposta de modelo de análise comparativa entre sistemas construtivos: Estudo de caso. Tese de Mestrado**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

CAMPOS, G. M. – **Recomendações para o projeto de cálices de fundação. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado**—Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 183 f. 2010.

CHASTRE, Carlos; LÚCIO, Válter. **Estruturas pré-moldadas no mundo: aplicações e comportamento estrutural**. São Paulo: Parma, 2012. viii, 320 p.

DANTAS, Manuela Modesto. **Proposição de ações para melhoria da produtividade da concretagem em edifícios verticais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/D.3.2006.tde-22042007-150027.

DIÓGENES, Hidelbrando José Farkat. **Análise tipológica de elementos e sistemas construtivos pré-moldados de concreto do ponto de vista de sensibilidade a vibrações em serviço**. 2010. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. doi:10.11606/D.18.2010.tde-06042010-110905. Disponível em: http://abcic.org.br/revista_industrializar/IC_06.pdf.

EL DEBS, Mounir K. **Concreto Pré-Moldado, fundamentos e aplicações** 2ª Edição São Paulo, 2017.

FREIRE, Tomás M. – **Classificação dos sistemas de fôrmas para estruturas de concreto armado**. São Paulo, 2001.

LAUTERBACH, Anne. **Studie zu Bautechinschen für Voraussetzungen für automatisierte Fertigteilmontagen. Tese (doutorado em construções)** - Bauhaus Weimar Universität, Fakultät Bauingenieurwesen, Weimar: 2004.

MACHADO, Emilia. **Primeira construção pré-fabricada de concreto no Brasil**. Leonardi pré-fabricados. 2016. Disponível: <http://www.leonardi.com.br/noticia/15/2016-02-01/pre-fabricados-de-concreto-no-brasil>.

MELO, Carlos Eduardo Emrich. **Manual munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. 2. ed. São Paulo, SP: Pini, 2007. 534 p.

MORIKAWA, Mauro Satoshi. **Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado**. Campinas, São Paulo, 2013. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257688/1/Morikawa_MauroSatoshi_M.pdf.

OLIVEIRA, Luciana Alves. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. 2002.

PAGOTO, Marcos Vinicius. **Avaliação dos aspectos técnicos e econômicos entre estruturas pré-fabricadas e moldadas *in loco***. 2013. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/852/1/PB_COECI_2012_2_09.pdf.

ROMAR, Juliana. **Prefeito inicia obras de quatro unidades do programa Fábrica de Escolas na Zona Oeste**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível: <http://www.prefeitura.rio/web/guest/exibeconteudo?id=5322872>.

SALAS, S. J. **CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas. 1988.

SALIM NETO, Jamil José. **Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré-dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/D.3.2009.tde-04112009-092418.

SERRA, S.M.B. **1º encontro nacional de pesquisa, projeto e produção em concreto pré-moldado**. 2005. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf.

SILVA, F.B.; CARDOSO, F.F. **Conceitos e diretrizes para a organização da logística em empresas construtoras de edifícios**. 2000. São Paulo, SP. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/263, 25p. Disponível em: <http://publicacoes.pcc.usp.br/lista.htm#boletins%20técnicos>.

SORIANO, Humberto Lima. **Método de Elementos Finitos em Análise de Estruturas** Vol. 48. São Paulo, 2003.

VAN ACKER, Arnold, FERREIRA M. de A. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**, 2002. Disponível em:
<http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf>.

VASCONCELOS, A. C. (2002). **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Vol. 3. São Paulo: Studio Nobel.