



UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**VANTAGENS E DESVANTAGENS DE PRÉ-VIGAS EM CONSTRUÇÃO
MULTIFAMILIAR EM RELAÇÃO A VIGAS MOLDADAS EM *IN LOCO***

Matheus Dourado Pereira

MARINGÁ – PR
2024

Matheus Dourado Pereira

VANTAGENS E DESVANTAGENS DE PRÉ-VIGAS EM CONSTRUÇÃO
MULTIFAMILIAR EM RELAÇÃO A VIGAS MOLDADAS EM *IN LOCO*

Artigo apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da UniCesumar – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Me. Judson Ricardo Ribeiro da Silva.

MARINGÁ – PR

2024

Matheus Dourado Pereira

**VANTAGENS E DESVANTAGENS DE PRÉ-VIGAS EM CONSTRUÇÃO
MULTIFAMILIAR EM RELAÇÃO A VIGAS MOLDADAS EM *IN LOCO***

Artigo apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da UniCesumar – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Me. Judson Ricardo Ribeiro da Silva.

Aprovado em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

RESUMO

Tendo em vista os diversos sistemas construtivos estruturais que vêm ganhando força e se desenvolvendo em nosso país, este trabalho visa analisar dois sistemas construtivos usuais para vigas de concreto armado: sistema de vigas pré-moldadas e sistema de vigas convencionais em concreto armado. O presente estudo realizou uma comparação de custo utilização de pré-vigas em um prédio residencial de 16 pavimentos, com relação a vigas feitas com método tradicional com formas de madeirite. Serão utilizados projeto arquitetônico e estrutural de um edifício de 16 pavimentos com dois apartamentos por andar para dimensionar os custos e tempo de execução de vigas pré-moldadas e vigas moldadas *in loco* para posterior comparação, verificando qual método construtivo torna-se mais adequado para determinada obra e se a diferença de custos entre os dois sistemas é suportada pela lucratividade atribuída no orçamento além da diferença de tempo para que cada sistema tem para execução das vigas no empreendimento.

Palavras chave: Pré-moldado, Estrutura convencional, Formas.

ABSTRACT

Considering the various structural construction systems that have been gaining prominence and developing in our country, this study aims to analyze two common construction systems for reinforced concrete beams: the precast beam system and the conventional reinforced concrete beam system. The study conducted a cost comparison of using precast beams in a 16-story residential building versus beams constructed using the traditional method with plywood formwork. Architectural and structural designs of a 16-story building with two apartments per floor will be used to estimate the costs and execution time of precast beams and cast-in-place beams. Subsequently, a comparison will be made to determine which construction method is more suitable for a specific project and whether the cost difference between the two systems is justified by the profitability outlined in the budget, as well as the time differences in executing the beams for the development.

Keywords: Precast, Conventional structure, Formwork.

1 INTRODUÇÃO

É natural para o ser humano buscar evolução e inovação tanto pessoal quanto profissionalmente. Esse desejo de crescimento é evidenciado ao longo da história e muitas vezes impulsionado pela necessidade. A busca por desenvolvimento, estimulada pela industrialização, está alinhada com as expectativas da sociedade contemporânea: economia, produtividade e eficiência. A necessidade de realizar obras rapidamente e a escassez de mão de obra qualificada exigem inovações no setor da construção.

De acordo com El Debs (2017), a Revolução Industrial e o fim da Segunda Guerra Mundial em 1945 foram cruciais para o avanço da indústria e da construção civil. Nesse período, surgiram as primeiras construções em concreto pré-fabricado, que permitiram maior rapidez na execução, redução de custos e impactos visuais e ambientais, além de melhorar o controle de qualidade e diminuir o tempo de trabalho no canteiro de obras.

Oliveira (2002) destaca que esse método construtivo surgiu com a necessidade de maior eficiência em grandes obras. No Brasil, o crescimento significativo desse método foi impulsionado pela industrialização, oferecendo vantagens como prazos mais curtos, melhor organização no canteiro de obras, racionalização de materiais e redução de imprevistos, o que aumenta a produtividade da mão de obra.

Tendo em vista os diversos sistemas construtivos estruturais que vêm ganhando força e se desenvolvendo em nosso país, este trabalho visa analisar dois sistemas construtivos usuais para vigas de concreto armado: sistema de vigas pré-moldada e sistema de vigas convencional em concreto armado. O presente estudo dá ênfase na comparação de custo entre os dois sistemas, analisando vantagens e desvantagens dos processos construtivos. Considera-se esta pesquisa relevante para que o empreendedor ou responsável técnico esteja informado sobre qual método construtivo torna-se mais adequado para determinada obra e se a diferença de custos entre os dois sistemas é suportada pela lucratividade atribuída no orçamento além da diferença de tempo para que cada sistema tem para execução das vigas no empreendimento.

Deste modo, neste trabalho realizou-se uma comparação de custo utilização de pré-vigas em um prédio residencial de 16 pavimentos, com relação a vigas feita com método tradicional com formar de madeirite. Será usado projeto arquitetônico e estrutural de um

edifício de 16 pavimentos com dois apartamentos por andar para dimensionar os custo e tempo de execução de vigas pré-moldadas e vigas moldadas in loco para posterior comparação e responder a perguntar:

Qual sistema construtivo de vigas acarreta o menor custo total de obra: vigas pré-moldadas ou vigas moldadas in loco?

O objetivo do presente trabalho é estabelecer uma comparação de custos entre sistema construtivo de vigas pré-moldadas e o sistema tradicional com vigas moldada *in loco*, abordar vantagens e desvantagens dos dois sistemas construtivos e apresentar um comparativo na qual possa mostrar com sistema mais vantagem para seu uso.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS PRÉ-MOLDADOS

Na evolução da construção civil, não teríamos uma data específica de começo de produção de elementos pré-moldados, nos primórdios o concreto armado decorreu-se da pré-fabricação, mas conforme a mecanização dos processos foi se consolidando e ganhando espaço no mercado, também foi introduzida a mecanização e a pré-moldagem das estruturas de concreto a serem utilizadas nas construções. No Brasil, meados de 1950 ocorreu efetivamente, a realização de obras com pré-moldados visando a produção em série e a economia de recursos, foram executados vários galpões, no respectivo campo da obra. (VASCONCELLOS,2002).

A utilização destes elementos representa certos avanços para a construção civil, um deles é a busca por uma racionalização de projeto, aonde ocorre a busca por economia, não apenas de matéria prima e a melhor utilização dos elementos estruturais em sua função, mas também tornando a estrutura mais simples e de fácil montagem. Outro benefício da utilização deste tipo de estrutura é a de industrializar a construção civil, diminuindo assim o número de pessoas envolvidas no processo diminuindo riscos e prazos (EL DEBS, 2017). Para que a vantagem da velocidade de execução da estrutura pré-moldada seja efetivamente utilizada, devem ser cuidadosamente planejados os passos a serem seguidos na obra e identificados os possíveis intervenientes e complicações que possam interferir no andamento da mesma Serra (2005).

A NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – define estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim que atende aos requisitos mínimos de mão de obra qualificada; a matéria prima dos elementos pré-fabricados deve ser ensaiada e testada quando no recebimento pela empresa e previamente à sua utilização.

Segundo a (ABCIC,2014) e relação a sistema convencionais obra o pré-moldado possui algumas vantagens:

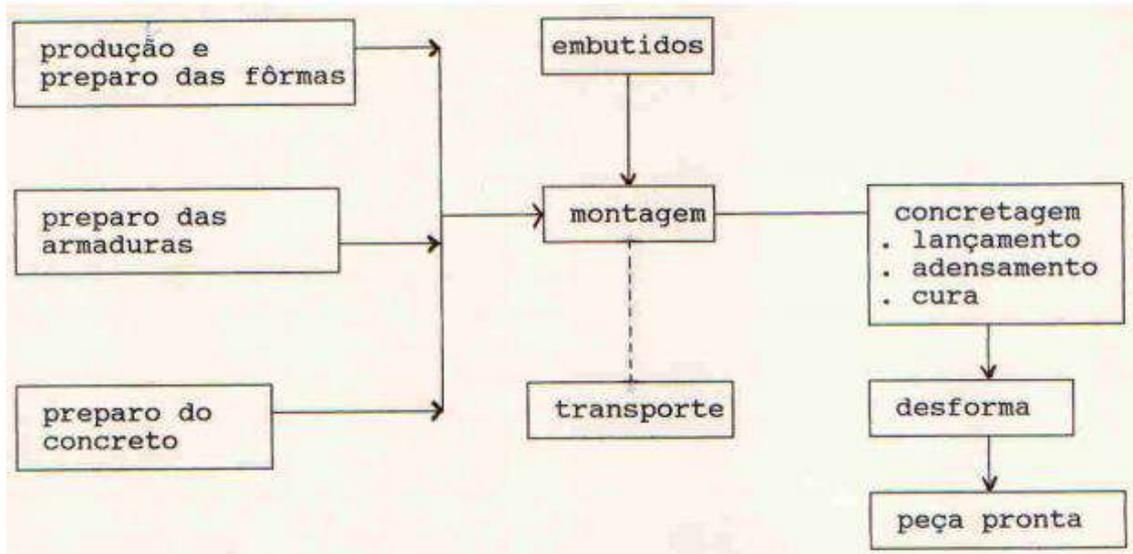
- Diminuição nos prazos de entrega da obra;
- União da velocidade com diminuição de custos fixos, garantindo que o dinheiro retorne com mais rapidez;
- Maior qualidade nos processos, o que implica na redução do desperdício;
- Promove o desenvolvimento de um padrão, para a construção civil, em diferentes aspectos como: sustentabilidade, reutilização de peças, menor custo de manutenção e maior durabilidade de formas, qualidade não mão-de-obra.

Como desvantagens sistema pré-moldado, fatores limitantes como relação a maquinário, e montagem, pela dificuldade de movimentação tanto no canteiro de obras, como o transporte em grandes centros, temos também a limitação em contornos arquitetônicos, logo para liberação de projeto é necessário que se conheça a finalidade da edificação e as restrições a que estão submetidas (MELLO, 2007).

No momento da passagem de projetos para fabricação, é necessário a análise de resistência dos elementos, tendo em vista que o transporte, faz com que a peça seja exposta a fenômenos naturais, trânsito, e vias irregulares. Como se tratam de elementos robustos, o transporte pode ser dificultado, sendo necessário, mais dias de viagem dependendo do seu local de destino, o que faz com que a mesma perca suas características (DUARTE, 2017).

As etapas envolvidas em um processo de pré-moldagem dependem do sistema na qual são submetidas, moldados in loco ou produzidos em fábrica, em razão da necessidade de transporte, e demais procedimentos envolvidos. De maneira geral, a produção em fábrica demanda: serviços e estudos iniciais, execução dos elementos e atividades adicionais conforme figura abaixo:

Figura 1 - Esquema de etapas de produção de pré-moldados.

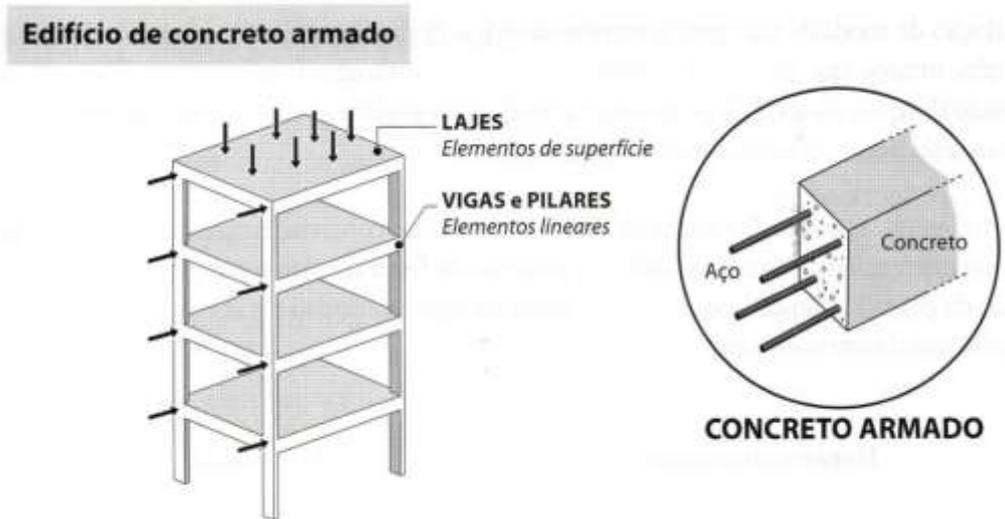


Fonte: MELHADO (1998).

2.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS CONVENCIONAL

Considerando-se os tipos de edifícios comumente construídos e seus sistemas estruturais, segundo Melhado (1998), é possível classificá-los de acordo com sua concepção estrutural ou pela sua intensidade de emprego. Os edifícios que recebem a denominação de convencionais ou tradicionais, são aqueles mais empregados em um determinado meio e executados com estrutura de lajes, pilares e vigas com concreto armado moldado no local da obra. A construção convencional ou tradicional baseia-se fundamentalmente nos seguintes aspectos construtivos: produção e montagem das formas; preparo e distribuição das armaduras; lançamento, adensamento e cura do concreto. Conforme figura 2 a seguir:

Figura 2- Esquema de etapas de produção de pré-moldados.



Fonte: PORTAL CONCRETO ARMADO (2020).

2.3 FORMAS

Sabe-se que as formas têm função básica de moldar as estruturas em concreto armado nas quais serão aplicadas até que o concreto atinja a resistência especificada em projeto. As formas devem ser ajustadas conforme o modelo e medidas do elemento projetado podem ser de diferentes tipos de materiais (NBR 9062). Deve ter resistência para suportar as forças decorridas do concreto, constância geométrica para que as peças executadas não venham a ter diferenças em suas dimensões. É importante que tenham possibilidade de reutilização, sem quantidade excessiva de manutenções.

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) afirma que além de modelar, de dar forma a qualquer peça em concreto que desejarmos construir, as fôrmas são responsáveis por atender a várias exigências não menos importantes:

- Garantir a geometria (dimensões e formatos)
- Garantir o posicionamento das peças

- Manter a conformação do concreto “fresco”
- Permitir a obtenção de superfícies especificadas (concreto aparente, a ser revestido, etc.)
- Possibilitar o posicionamento de outros elementos nas peças (furos de passagens, elementos de instalações hidráulicas e elétricas, espaçadores, a própria armadura)
- Proteger o concreto novo (devido a fragilidade do concreto novo, as fôrmas o protegem contra impactos acidentais bem como contra variações bruscas da temperatura ambiente)
- Evitar a fuga de finos (as fôrmas devem ser estanques, evitando perda de argamassa ou nata de cimento)
- Limitar a perda de água do concreto fresco (mantendo a quantidade de água necessária para hidratação do concreto)

Segundo Maranhão (2000), desde o início do século passado, tratando-se de construções de edifícios em concreto armado, as formas não eram itens relevantes na composição de custos de uma obra, pois o material e mão de obra representavam uma pequena porcentagem no custo das mesmas. Atualmente, estes dados se mostram diferentes, pois 60% das horas gastas para moldagem da estrutura são utilizadas na execução das formas, 25% para a montagem da armação e 15% para a concretagem. Estudos realizados mostram que as fôrmas representam de 40 % a 60 % do custo total da estrutura de concreto armado e cerca de 8 % a 12 % no custo final de uma edificação.

Devemos considerar formas não apenas as chapas de madeira ou material específico e sim todo o travamento que acompanha está e tem influência na formação da estrutura de concreto. Para a execução das fôrmas é empregado o uso da madeira, sendo esta a matéria-prima mais utilizada na fabricação dos moldes. Outros tipos de materiais também podem ser empregados, como o aço, polímero (plástico, isopor), papelão. As formas devem apresentar resistência suficiente para suportar seu peso próprio, peso do concreto, ação do adensamento e demais fatores existentes no local da obra que possam influenciar no peso final a ser resistido. A estabilidade deve ser garantida utilizando-se de suportes e contravento, normalmente suportes verticais de madeira, conhecidos também como escoras. Maranhão (2000).

No Brasil o sistema de forma mais de utilizado é de madeira. Maiorias das obras utiliza esse sistema para o preenchimento de concreto de vigas, alicerce, entre outras finalidades. Apresenta como principais vantagens a sua versatilidade e adaptabilidade, podendo ser utilizado na confecção de diversas formas e tamanhos, facilidade de transporte no canteiro de obras, necessidade de equipamentos simples para sua modelagem e aliado a vasta familiaridade da mão-de-obra encontrada no mercado, tornam a utilização deste material altamente competitiva. Como suas principais desvantagens, podemos abordar a grande produção de resíduo, a produtividade e durabilidade estão sensivelmente ligadas a capacitação da mão de obra, que em geral são inferiores se comparadas com os outros sistemas de fôrmas (NAKAMURA, 2007).

2.4 PROJETO ESTRUTURAL

Para Carvalho e Pinheiro (2009) a definição do processo construtivo, assim como a escolha do sistema estrutural devem levar em consideração os seguintes parâmetros: comprimento dos vãos, finalidade da edificação, projeto arquitetônico, cargas de utilização, disponibilidade de equipamentos mão-de-obra, custos, e compatibilização com os demais sistemas envolvidos na edificação.

Segundo a NBR 6118/2014, o projeto deve seguir o roteiro que engloba diretrizes fundamentais de dimensionamento e concepção, definidas em estudos preliminares onde são divididas em:

- a) Indicações dos materiais adotados
- b) Ações pertinentes a serem consideradas
- c) Dimensões mínimas para cada elemento estrutural
- d) Avaliação da estabilidade global e deslocamentos globais horizontais
- e) Avaliação dos deslocamentos verticais imediatos e de longo prazo nos pavimentos.

2.5 ORÇAMENTO

O orçamento, que se caracteriza pela aproximação de custos, envolvendo a identificação, quantificação, estudo e valorização, sendo necessário um grande conhecimento técnico, experiência e adequação a cada tipo de projeto. Levando em consideração que o mesmo será feito antes da construção propriamente dita, são necessários estudos preliminares para que não gerem considerações inoportunas (MATTOS,2006).

Segundo González (2008), existem vários tipos de orçamento, e dependendo da finalidade e dos dados que estão à disposição, pode ser escolhido um padrão para ele. Levando em consideração que o mesmo será feito antes da construção propriamente dita, são necessários estudos preliminares para que não gerem considerações inoportunas (MATTOS,2006). Segundo o autor, os dois tipos de orçamento se definem como:

- Orçamento paramétrico: é o orçamento aproximado, na qual se adequa às verificações iniciais e utiliza como parâmetro, estudos de viabilidade e consultas com clientes. É um valor estimativo, obtido de valores unitários de obras anteriores e cálculos de indicadores.
- Orçamento Discriminado: é composto por uma relação dos serviços que serão executados na obra. Baseia-se na relação dos preços unitários de cada um dos grupos de serviços, como: materiais, equipamentos e mão de obra. Esses orçamentos, em sua maioria, são executados utilizando composições de custos obtidas em livros ou tabelas. Sendo assim, sempre existem imperfeições se estas composições forem ajustadas a uma empresa em particular, podendo ser corrigidas com a apropriação de custos, que verifica os materiais e equipamentos empregados, juntamente com o tempo utilizado para tais serviços, diretamente no local da obra.

Por fim, o orçamento discriminado se resume na divisão dos serviços seguindo um padrão de composições, facilitando a conferência dos resultados. Para isso, é necessário que o conjunto de dados do projeto da obra já esteja desenvolvido, pois o levantamento dos serviços e quantitativos de materiais é realizado com a utilização da planta do projeto, de acordo com os critérios especificados no orçamento (GONZÁLEZ, 2008).

Segundo Tisaka (2006), por se tratar de orçamento, um certo grau de imprecisão nos cálculos deve ser levado em conta, devido aos preços variáveis de mercado e dos erros de

avalição dos coeficientes utilizados na composição dos preços. Porém, se caracterizadas as mesmas condições de trabalho, os custos diretos de uma obra não devem ter grandes diferenças de valores de uma empresa para outra. Quando é solicitado a um profissional ou a uma empresa construtora um orçamento para a execução de obra, seja residencial, comercial, industrial ou pública, a primeira coisa a ser feita é ter os projetos em mãos e levantar as quantidades dos materiais, verificar os equipamentos necessários e dimensionar a mão de obra a ser utilizada (TISAKA, 2006).

3 METODOLOGIA

Trabalho realizado por meio de pesquisas bibliográficas e artigos relacionados a pré-moldados na construção civil sistema convencional de construção para obra multifamiliar e pré-vigas. A pesquisa tem natureza básica, exploratória, quantitativa e modelagem e simulação, para mostrar vantagens e desvantagens de pré-vigas em construção multifamiliar em relação vigas moldadas em in loco. Evidentemente cada obra tem sua necessidade e cada situação se adapta a um tipo de sistema, mas, através de um estudo das vantagens e das necessidades para a implantação de cada sistema, podemos fazer uma avaliação precisa da melhor escolha. Com a utilização de uma planta de um edificio foi levantado o custo para fazer as vigas da edificação por sistema convencional e depois com pré-vigas, levantando custo de material, mão de obra e tempo para execução das vigas na obra.

Para a melhor visualização e entendimento, os dados referentes aos elementos estruturais, foram apresentados em forma de tabela onde consta a quantidade de itens, dimensões de vigas junto com planta do edifício. Posteriormente a apresentação do dimensionamento foi analisada a viabilidade de projeto, modulação estrutural, características específicas que beneficiam cada método construtivo, bem como limitações que prejudicam cada método. Resumo de materiais onde estão presentes dados quantitativos de materiais que possibilitam a realização do orçamento. Com forme mostrado no fluxograma 1 abaixo:

Fluxograma 1 – Metodologia do trabalho:



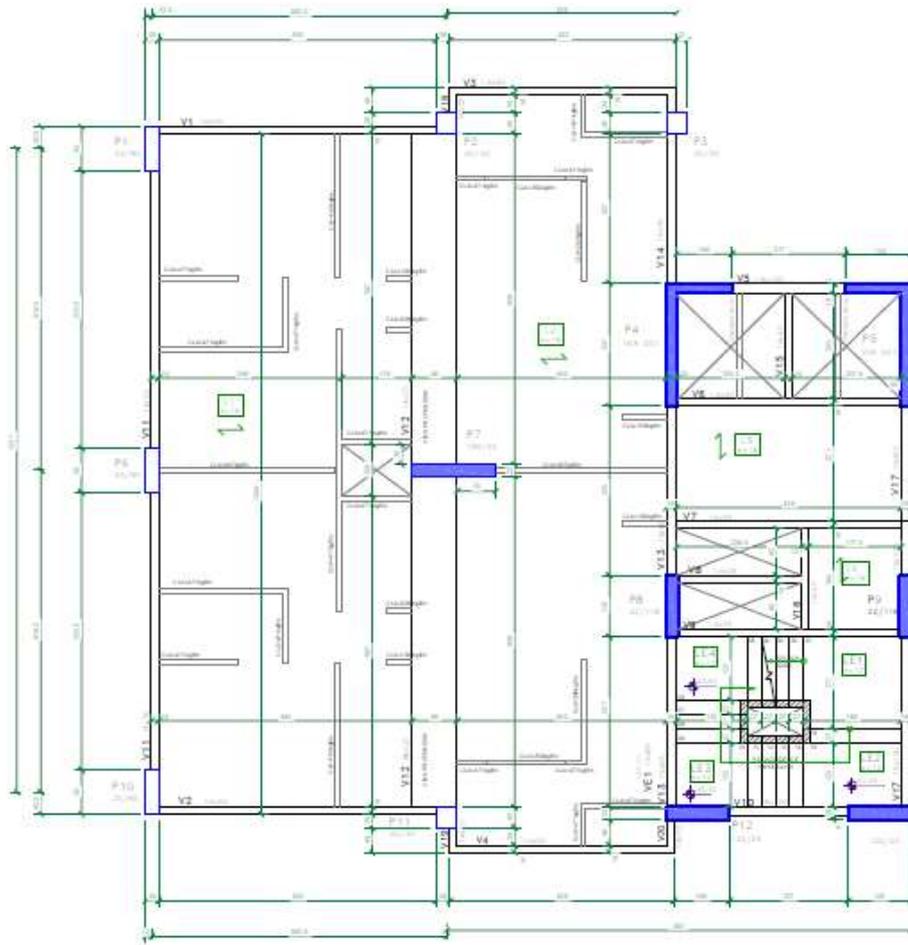
Fonte: Autor (2024).

Na planilha orçamentária foram utilizados dados do SINAPI sem desoneração, onde foram utilizadas as composições analíticas com custos com mão de obra e materiais inseridos para itens em específico do orçamento, abrangendo os elementos estruturais de vigas. Para a elaboração da planilha sintética, utilizou-se o software Microsoft office Excel, constando o preço unitário de cada item, assim como o valor global da estrutura. Nos elementos orçados, foram inclusas material, mão de obra para no execução sistema convencional e depois com pré-vigas para posterior comparação e mostrada vantagem e desvantagem de sistema pré-moldado em relação ao feito *in loco*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto utilizado para este estudo abrange uma parte de uma planta de edificação residencial de caráter bastante usual, especificamente do tipo vicinal. Essa edificação é representada através de uma planta de forma mostrada na figura 3, que contempla os pavimentos-tipo da construção.

FIGURA 3 - PLANTA DA EDIFICAÇÃO.



Fonte: Empresa “X” de projetos estruturais (2024).

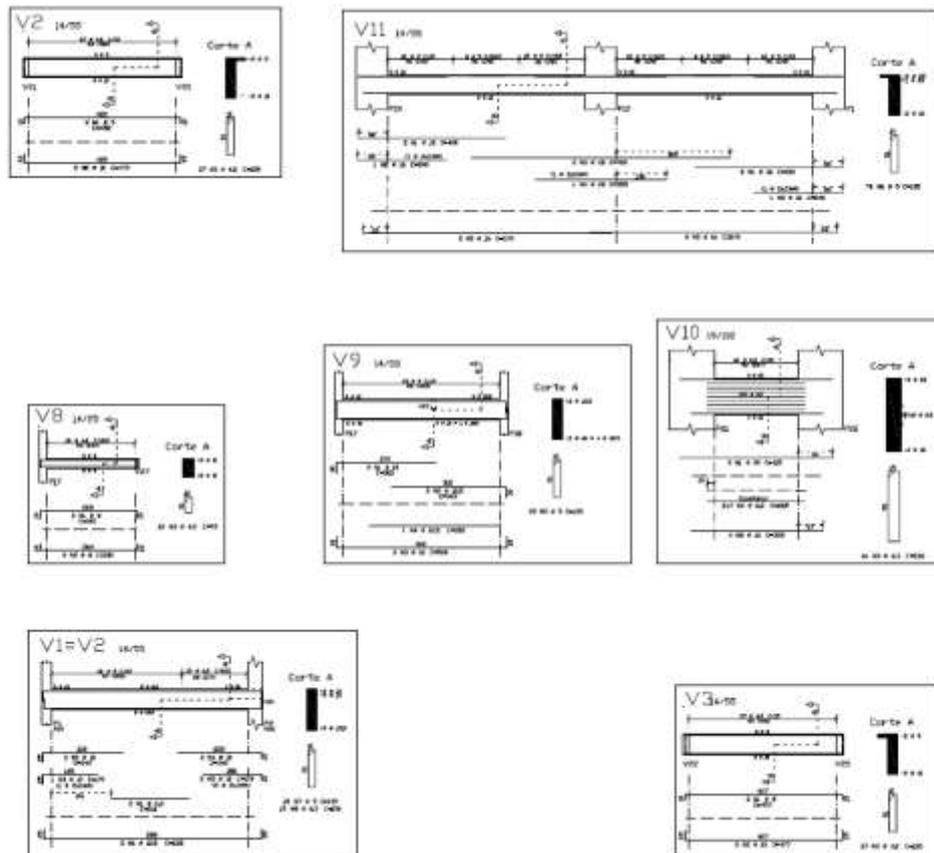
A edificação em questão é composta por dois apartamentos por andar, com uma área de 68 m² cada. O prédio possui dois elevadores e uma escada de emergência, e se estende por

16 andares. No projeto estrutural executado pela Empresa “X” de projetos estruturais localizado no endereço Av. Ayrton Senna, nº 300, Londrina - PR, foram identificadas um total de 20 vigas na estrutura. No entanto, duas dessas vigas não podem ser pré-moldadas.

A viga V12, por exemplo, é uma viga chata e protendida, cuja configuração impede sua divisão. Além disso, o peso do pré-moldado excede a capacidade de carga da grua ascensional, que é de 2000 kg. Portanto, para fins de estudo, a execução dessa viga será considerada apenas pelo método convencional.

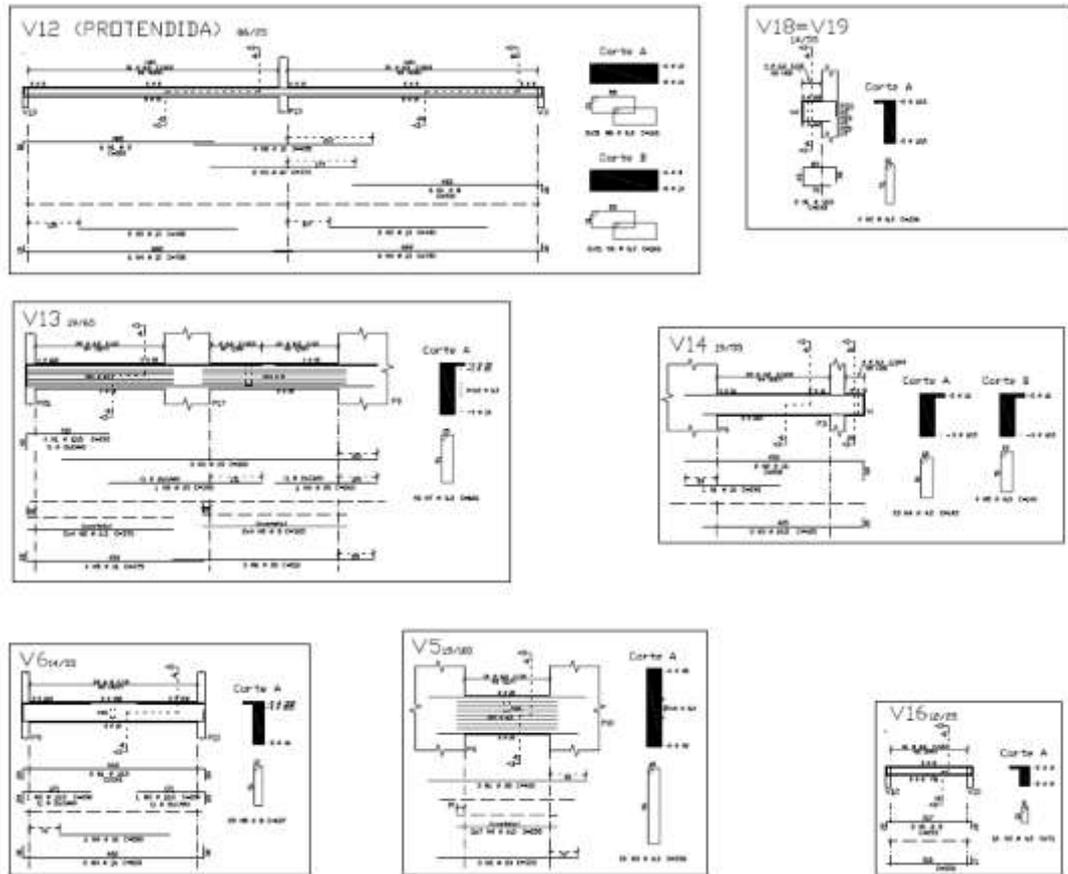
Outra viga, a V15, será excluída do estudo, pois está localizada na divisão do poço do elevador. Nesse local, a grua da obra está posicionada de maneira que impossibilita a realização dessa viga como pré-moldada. A partir dos projetos estruturais, apresentados nas figuras abaixo, é possível obter uma visão detalhada das vigas, incluindo sua disposição e características específicas.

FIGURA 4 - PROJETO ESTRUTURAL DAS VIGAS (1/3):



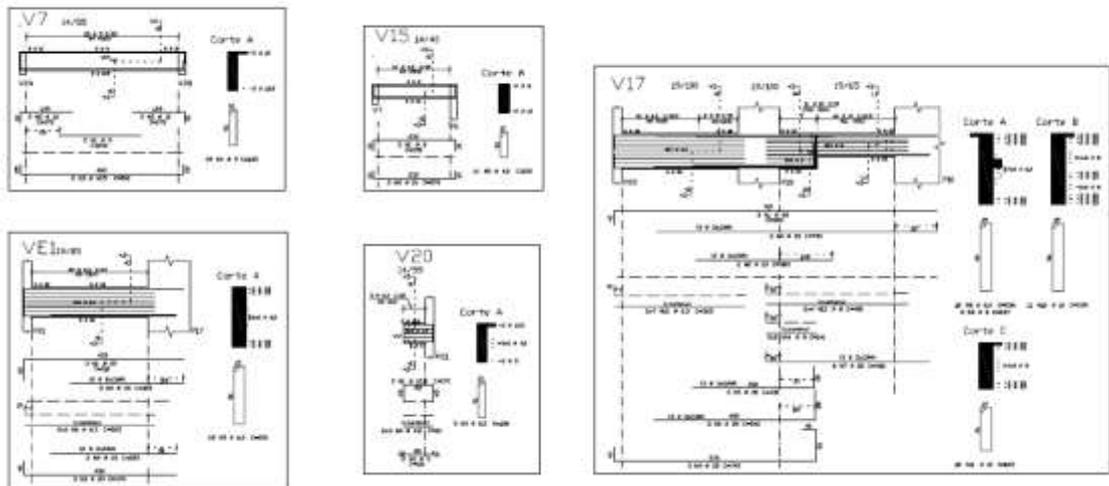
Fonte: Empresa “X” de projetos estruturais (2024).

FIGURA 5 - PROJETO ESTRUTURAL DAS VIGAS (2/3):



Fonte: Empresa “X” de projetos estruturais (2024).

FIGURA 6 - PROJETO ESTRUTURAL DAS VIGAS (3/3):



Fonte: Empresa “X” de projetos estruturais (2024).

Como demonstrado nas figuras acima, os projetos incluem tanto o detalhamento das armaduras das vigas quanto a planta de forma dos pavimentos-tipo. Para avaliar o custo dos materiais necessários para a construção das vigas, foram analisados dois métodos distintos: o sistema convencional e a utilização de pré-vigas.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de materiais requeridos para a confecção das formas das vigas, oferecendo uma base comparativa entre os dois sistemas.

TABELA 1 – MATERIAL USADO PARA FORMA DAS VIGAS:

Custo de Material para Fabricação de Formas de Vigas no Sistema Convencional				Custo de Material para Fabricação de Formas de Vigas no Sistem Pré-Moldado			
Insumo	Preço unitário (Reais)	unidade	custo total	Insumo	Preço unitário (Reais)	unidade	custo total
Painel de madeira compensada, plastificado de 18 mm de espessura, com bordas retas, segundo NBR ISO 1096.	R\$ 34,02	Un	R\$ 5.443,20	Painéis metálicos para vigas 20x40 cm.	R\$ 800,00	m²	R\$ 12.800,00
Sarrafo de madeira serrada, de pinus (pinus spp), de 2,5x7 cm, de 2ª qualidade, segundo ABNT	R\$ 3,33	m	R\$ 2.730,60	Painel de madeira compensada, plastificado de 18 mm de espessura, com bordas retas, segundo NBR ISO 1096.	R\$ 34,02	Un	R\$ 374,22
Pregos comuns 17x21 com cabeça, de 3 mm de diâmetro e 48 mm de comprimento.	R\$ 4,32	Kg	R\$ 86,40	Sarrafo de madeira serrada, de pinus (pinus spp), de 2,5x7 cm, de 2ª qualidade, segundo ABNT NBR 11700.	R\$ 3,33	m	R\$ 399,60
Agente desmoldante, à base de óleos especiais, emulsionante em água, para fôrmas metálicas, fenólicas ou de madeira.	R\$ 4,56	L	R\$ 45,60	Agente desmoldante, à base de óleos especiais, emulsionante em água, para fôrmas metálicas, fenólicas ou de madeira.	R\$ 4,56	L	R\$ 45,60
Separador certificado para vigas.	R\$ 0,23	Un	R\$ 23,00	Separador certificado para vigas.	R\$ 0,23	Un	R\$ 23,00
custo total (Reais)			8328,8	custo total (Reais)			13642,42

Fonte: Autor (2024).

Na etapa subsequente, foi realizado um levantamento detalhado dos custos de mão de obra e do tempo necessário para a execução das vigas, tanto para aqueles moldados in loco quanto para os pré-moldados. Este levantamento considerou uma série de variáveis cruciais, incluindo:

1. **Serviços Preliminares:** Identificação e planejamento das atividades preparatórias necessárias antes do início da produção das vigas. Isso inclui a preparação do local de trabalho, a organização dos materiais e a configuração das ferramentas e equipamentos.
2. **Parâmetros Técnicos:** Cálculo detalhado dos volumes de concreto por metro cúbico e a quantidade de aço necessária para a construção das vigas. Isso também envolve a

análise do peso do aço utilizado, que impacta diretamente na logística e nos requisitos de transporte e manuseio.

3. **Processo de Montagem:** Descrição do processo de montagem dos elementos, que é realizada de forma unificada, abrangendo todas as etapas desde a instalação dos moldes até a cura e finalização das vigas. A montagem é planejada para otimizar o tempo e os recursos, minimizando o tempo de inatividade e os custos adicionais.

Os dados coletados e analisados para o levantamento dos custos de mão de obra e do tempo necessário para a execução estão apresentados de forma detalhada na Tabela 2. Esta tabela inclui informações específicas sobre a duração do processo, os custos associados e a eficiência dos métodos utilizados, permitindo uma comparação abrangente entre os métodos convencionais e os pré-moldados.

TABELA 2 – LEVANTANDO CUSTO DE MÃO DE OBRA E TEMPO PARA EXECUÇÃO DE VIGAS:

Custo de Mão de Obra e Tempo de Execução de Vigas no Sistema Convencional				
função	hora trabalhada (Reais)	Nº Funcionarios	unidade	custo total
carpinteiros	R\$ 13,80	4	HR	R\$ 1.545,60
armador	R\$ 12,50	2	HR	R\$ 900,00
Meio oficial	R\$ 10,77	1	HR	R\$ 323,10
	Total Funcionarios	7	custo total (Reais)	R\$ 2.768,70
4 dias para fazer as formas, 4,5 dias para fazer armadura e colocar na forma				
Custo de Mão de Obra e Tempo de Execução de Vigas no Sistem Pré-Moldado				
função	hora trabalhada (Reais)	Nº Funcionarios	unidade	custo total
carpinteiros	R\$ 13,80	2	HR	R\$ 772,80
armador	R\$ 12,50	3	HR	R\$ 1.200,00
Meio oficial	R\$ 10,77	1	HR	R\$ 323,10
	Total Funcionarios	6	custo total (Reais)	R\$ 2.295,90
2 DIAS PARA FAZER PRÉ-VIGAS, 3 DIAS PARA FAZER ARMADURAS, 1 PARA POCISIONAR AS PRÉ-VIGAS NA ESTRUTURA				

Fonte: Autor (2024).

Com o objetivo de analisar a viabilidade econômica, faz-se necessário comparar as tabelas 1 e 2 para isso foi realizado uma planilha orçamentária utilizando dados do SINAPI sem desoneração, onde foram utilizadas as composições analíticas com custos com mão de obra e materiais inseridos para itens em específico do orçamento, abrangendo os elementos estruturais de vigas. Para a elaboração da planilha sintética, utilizou-se o software Microsoft Office Excel, constando o preço unitário de cada item, assim como o valor global da estrutura. Nos elementos orçados, foram incluídas material, mão de obra para a execução sistema convencional e depois com pré-vigas. De acordo com a tabela 3.

Para realizar uma análise abrangente da viabilidade econômica do projeto, é fundamental comparar os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2. Para essa comparação, foi elaborada uma planilha orçamentária com base em dados do SINAPI, sem considerar a desoneração. Esta planilha foi desenvolvida utilizando composições analíticas que detalham os custos relacionados à mão de obra e aos materiais necessários para os elementos estruturais de vigas.

A planilha orçamentária foi elaborada no software Microsoft Excel, oferecendo uma visão detalhada dos seguintes aspectos:

1. **Preço Unitário de Itens:** Cada item relacionado à construção das vigas, tanto no sistema convencional quanto no sistema de pré-vigas, foi detalhadamente analisado para determinar o preço unitário. Isso inclui os custos de materiais, como concreto, aço e formas, bem como os custos de mão de obra associados à execução de cada item.
2. **Valor Global da Estrutura:** Foi calculado o valor total da estrutura para ambos os métodos, fornecendo uma visão clara do custo global para a execução das vigas utilizando o sistema convencional e o sistema de pré-vigas.
3. **Composições Analíticas:** A planilha inclui uma análise detalhada das composições de custos, que abrange não apenas o preço dos materiais e a mão de obra, mas também os custos indiretos, como transporte, montagem e possíveis custos adicionais associados a cada método de construção.

4. **Método Convencional vs. Pré-Vigas:** Foram analisados os custos para ambos os métodos de construção. No método convencional, foram considerados os custos de moldagem in loco, enquanto para o método de pré-vigas, foram levados em conta os custos de produção e transporte das vigas pré-moldadas.

A Tabela 3 apresenta todos os dados orçamentários coletados, permitindo uma comparação detalhada entre os dois sistemas. Esta tabela inclui informações sobre o custo total de materiais e mão de obra, o tempo estimado para execução e as possíveis variações de custos associados a cada método. A análise fornece uma base sólida para avaliar a viabilidade econômica do projeto e tomar decisões informadas sobre o método mais eficiente e econômico para a construção das vigas.

TABELA 3 – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA SISTEMA CONVENCIONAL DE VIGAS E SISTEMA PRÉ-MOLDADOS DE VIGAS:

Custo de Material para Fabricação de Formas de Vigas no Sistema Convencional para 16 Tipos			
Insumo	Preço unitário (Reais)	unidade	custo total
Painel de madeira compensada, plastificado de 18 mm de espessura, com bordas retas, segundo NBR ISO 1096.	R\$ 34,02	Un	R\$ 10.886,40
Sarrafo de madeira serrada, de pinus (pinus spp), de 2,5x7 cm, de 2ª qualidade, segundo ABNT NBR 11700.	R\$ 3,33	m	R\$ 5.461,20
Pregos comuns 17x21 com cabeça, de 3 mm de diâmetro e 48 mm de comprimento.	R\$ 4,32	Kg	R\$ 345,60
Agente desmoldante, à base de óleos especiais, emulsificante em água, para fôrmas metálicas, fenólicas ou de madeira.	R\$ 4,56	L	R\$ 182,40
Separador certificado para vigas.	R\$ 0,23	Un	R\$ 230,00
aco 5mm	R\$ 6,56	Kg	R\$ 209,92
aco 6.3 mm	R\$ 6,06	Kg	R\$ 872,64
aco 8mm	R\$ 6,06	Kg	R\$ 969,60
aco 10mm	R\$ 5,78	Kg	R\$ 1.572,16
aco 12,5 mm	R\$ 5,61	Kg	R\$ 3.141,60
aco 16 mm	R\$ 5,61	Kg	R\$ 6.013,92
aco 20 mm	R\$ 5,61	Kg	R\$ 18.670,08
aramé	R\$ 18,00	RL	R\$ 1.008,00
Concreto C30	R\$ 487,00	M³	R\$ 54.544,00
carpinteiros	R\$ 13,80	HR	R\$ 24.729,60
armador	R\$ 12,50	HR	R\$ 14.400,00
Meio oficial	R\$ 10,77	HR	R\$ 5.169,60
Escora metálica telescópica, até 3 m de altura.	R\$ 61,76	Un	R\$ 16.675,20
Cruzeta metálica para escora telescópica.	R\$ 17,52	Un	R\$ 4.730,40
custo total (Reais)			R\$ 169.812,32

Custo de Material para Fabricação de Formas de Vigas no Sistem Pré-Moldado para 16 Tipos			
Insumo	Preço unitário (Reais)	unidade	custo total
Painéis metálicos para vigas 20x40 cm.	R\$ 800,00	m²	R\$ 16.000,00
Painel de madeira compensada, plastificado de 18 mm de espessura, com bordas retas, segundo NBR ISO 1096.	R\$ 34,02	Un	R\$ 748,44
Sarrafo de madeira serrada, de pinus (pinus spp), de 2,5x7 cm, de 2ª qualidade, segundo ABNT NBR 11700.	R\$ 3,33	m	R\$ 799,20
Agente desmoldante, à base de óleos especiais, emulsificante em água, para fôrmas metálicas, fenólicas ou de madeira.	R\$ 4,56	L	R\$ 182,40
Separador certificado para vigas.	R\$ 0,23	Un	R\$ 230,00
aco 5mm	R\$ 6,56	Kg	R\$ 209,92
aco 6.3 mm	R\$ 6,06	Kg	R\$ 872,64
aco 8mm	R\$ 6,06	Kg	R\$ 969,60
aco 10mm	R\$ 5,78	Kg	R\$ 1.572,16
aco 12,5 mm	R\$ 5,61	Kg	R\$ 3.141,60
aco 16 mm	R\$ 5,61	Kg	R\$ 6.013,92
aco 20 mm	R\$ 5,61	Kg	R\$ 18.670,08
aramé	R\$ 18,00	RL	R\$ 1.008,00
Concreto C30	R\$ 487,00	M³	R\$ 54.544,00
carpinteiros	R\$ 13,80	HR	R\$ 12.364,80
armador	R\$ 12,50	HR	R\$ 19.200,00
Meio oficial	R\$ 10,77	HR	R\$ 5.169,60
Escora metálica telescópica, até 3 m de altura.	R\$ 61,76	Un	R\$ 16.675,20
Cruzeta metálica para escora telescópica.	R\$ 17,52	Un	R\$ 4.730,40
custo total (Reais)			R\$ 163.101,96

Fonte: Autor (2024).

Há uma diferença observada entre os dois métodos construtivos, no valor de R\$ 6.710,36 (seis mil setecentos e dez reais e trinta e seis centavos) constatando -se que para fabricação de vigas em uma estrutura multifamiliar mais econômica para esse tipo de edificação é as pré-vigas. Com base nos valores obtidos considera-se que a parte mais onerosa que diferenciou os dois métodos foi mão-de-obra e o tempo de execução que geraram essa economia.

5 CONCLUSÃO

No decorrer deste trabalho, foi possível observar que o método pré-fabricado se destaca em vários aspectos, especialmente quando comparado ao sistema moldado in loco. Dentre os benefícios mais evidentes estão a redução dos custos e a otimização do tempo de execução da obra, fatores cruciais em projetos de construção multifamiliar. Em uma época onde a agilidade e a economia são fundamentais para o sucesso de empreendimentos, essas vantagens tornam o pré-fabricado uma opção muito atraente.

Durante a fase de orçamentação, ficou claro que os itens relacionados à pré-moldagem obtiveram maior preços, tendo em vista o maior valor das formas metálicas. Isso se deve, em grande parte, ao alto custo de aquisição das formas, mas que depois com esse componente não só diminui os custos nas próximas obras, como também simplifica o processo construtivo, tornando-o mais eficiente e menos sujeito a imprevistos. Dessa maneira, o uso de elementos pré-moldados mostrou-se mais viável economicamente para o projeto em questão.

Houve uma diferença significativa entre os dois métodos construtivos analisados, que refletiu principalmente na eficiência em termos de mão de obra e tempo de execução, fatores essenciais para a economia obtida no projeto. No sistema pré-moldado, a quantidade de funcionários necessários para a execução das etapas construtivas foi substancialmente menor em comparação ao sistema convencional, devido à maior industrialização e padronização dos componentes.

Além disso, o tempo de execução do sistema pré-moldado apresentou uma redução expressiva, com prazos mais curtos, já que grande parte do processo ocorre fora do canteiro de obras. Essa combinação de menor necessidade de mão de obra e maior agilidade no cronograma de obras resultou em uma redução significativa nos custos totais do projeto.

Especificamente, a redução de custo foi mais evidente na fase de montagem das estruturas, onde o uso de módulos pré-fabricados eliminou etapas de trabalho intensivo em campo, como formas, armação e concretagem in loco, necessárias no método convencional. Além disso, os menores custos indiretos, como alimentação, transporte e alojamento da equipe, também contribuíram para a economia final. Portanto, a utilização do sistema pré-moldado mostrou-se vantajosa em termos de eficiência e economia, principalmente devido à otimização dos recursos humanos e à aceleração do processo construtivo.

Contudo, é importante ressaltar que cada projeto possui suas particularidades e que não existe uma solução única que seja aplicável a todas as situações. Portanto, é imprescindível que cada projeto seja analisado de forma criteriosa e detalhada, levando em consideração todos os aspectos envolvidos, como as especificidades do terreno, as exigências do cliente, as normas técnicas e os recursos disponíveis. Somente através dessa análise cuidadosa é possível tomar decisões que maximizem os benefícios de cada método construtivo.

REFERÊNCIAS

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

ABCP. **Associação Brasileira de Cimento Portland. FORMAS**. Disponível em: [http://www.comunidadeconstrucao.com.br/comunidade/filesmng.nsf/Ativos/cimbramento.pdf/\\$File/cimbramento.pdf](http://www.comunidadeconstrucao.com.br/comunidade/filesmng.nsf/Ativos/cimbramento.pdf/$File/cimbramento.pdf) . Acesso: 17 de maio 2024

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

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

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

CARVALHO, Roberto Chust de; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009. 579 p. v. 2.

DUARTE, Elieber Lucas; ELMIR, José C. Junior; PITOL, Aline Paula. **As principais vantagens e desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados de concreto e seus processos de fabricação**. Revista CONSTRUINDO, Belo Horizonte, v. 8, p. 32-33, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/5469/2734>>. Acesso em: 15 maio. 2024.

El DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 456 p.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio S. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2008.

MARANHÃO, G. M. **Formas para concreto: subsídios para otimização do projeto segundo a NBR 7190/97**. 2000. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: Ed. Pini, 2006.

MELHADO, S. B.; BARROS, M. M. S. B. **Recomendações para produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: Projeto. EPUSP/SENAI, 1998.

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

NAKAMURA, J. **Modelo seguro: quando bem especificados, fôrmas e escoramentos podem induzir ganhos de produtividade, além de agregar economia e qualidade à obra. Conheça as principais tecnologias disponíveis e suas aplicações**. [Editorial]. Construções mercado negócios de incorporação e construção, n.152, p.66 a 69, abr, 2018.

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

PORTAL CONCRETO ARMADO. Disponível em:
<https://www.concretoarmado.org/post/aula-5-carregamento-das-estruturas-de-concreto>
Acesso: 8 de maio 2024.

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/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf, Acesso em: 15 maio 2024.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na Construção Civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Pini, 2006.

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