

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

VINÍCIUS DE CAMPOS MELLO ADORNO

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE PREÇOS ENTRE ESTRUTURA DE
CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADA E MOLDADA *IN LOCO***

PATO BRANCO

2021

VINÍCIUS DE CAMPOS MELLO ADORNO

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE PREÇOS ENTRE ESTRUTURA DE
CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADA E MOLDADA *IN LOCO***

**Comparative Evaluation of Price Between Prefabricated and *Cast-
in-place* Reinforced Concrete Structure**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Cleovir José Milani.

**PATO BRANCO
2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta é uma licença que permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

VINÍCIUS DE CAMPOS MELLO ADORNO

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE PREÇOS ENTRE ESTRUTURA DE
CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADA E MOLDADA *IN LOCO***

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Cleovir José Milani.

Data da aprovação: 24 de novembro de 2021

Cleovir José Milani
Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Sérgio Tarcísio Rambo
Doutorado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Miguel Etchalus
Mestre em Qualidade Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PATO BRANCO
2021**

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me deu forças para seguir em frente, e em todos os momentos, sempre esteve presente.

Aos meus pais, Moisés e Nara, que além de me concederem a vida, sempre me apoiaram e nunca pouparam esforços pelo meu crescimento.

A minha namorada Daniela, pela sua compreensão e apoio.

A minha irmã Marcella, mesmo de longe esteve torcendo por mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cleovir José Milani, que foi extremamente solícito no decorrer deste trabalho.

Aos professores membros da banca Sérgio Tarcísio Rambo, José Miguel Etchalus, que engrandecerem com sugestões este trabalho.

A professora Elizângela Marcelo Siliprandi, esteve comprometida do início ao fim com os alunos para desenvolverem seus trabalhos.

Aos amigos, de infância e da graduação, que de uma forma ou outra deram suas contribuições.

A todos que de alguma maneira contribuíram para que este sonho se realiza-se.

“Aqueles que se sentem satisfeitos
sentam-se e nada fazem. Os
insatisfeitos são os únicos benfeitores
do mundo.”

(Walter S. Landor)

RESUMO

Com o grande avanço tecnológico nos mais variados ramos industriais, a construção civil também tem dado passos importantes. Elementos pré-fabricados de concreto armado cada vez mais vão sendo utilizados no Brasil e no mundo, devido à rápida execução, controle de qualidade eficaz e pouco desperdício de materiais. Neste presente trabalho foi realizado um levantamento de quantitativos e posteriormente orçamentos em empresas da região do Sudoeste Paranaense, entre dois projetos estruturais de uma mesma edificação, sendo um projeto no sistema construtivo pré-fabricado e o outro no sistema convencional de estruturas moldadas in-loco, para compará-los. A metodologia utilizada para obter os orçamentos foi pesquisa de mercado. Encontrando-se os valores e os comparando, chegou-se à conclusão de que as estruturas pré-fabricadas nesta edificação serão 5,79% mais econômicas que as convencionais. Porém, nem só aspectos econômicos devem ser levados em consideração, velocidade de execução, durabilidade dos elementos, racionalização dos recursos, bem como organização e redução do canteiro de obras são pontos importantes.

Palavras-chave: pré-fabricados; in-loco; orçamentos; estruturas.

ABSTRACT

With the great technological advance in the most varied industrial fields, civil construction has also taken important steps. Prefabricated reinforced concrete elements are increasingly being used in Brazil and worldwide, due to fast execution, effective quality control and little wastage of materials. In this present work, a survey of quantitative and later budgets was carried out in companies in the Southwest region of Paraná, between two structural projects of the same building, one project in the prefabricated constructive system and the other in the conventional system of molded in-place structures, to compare them with each other. The methodology used to obtain the quotes was market research. Finding the values and comparing them, it was concluded that the prefabricated structures in this building will be 5.79% more economical than the conventional ones. However, not only economic aspects should be taken into account, execution speed, durability of the elements, rationalization of resources, as well as organization and reduction of the construction site are important points.

Keywords: prefabricated; in-place; budgets; structures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Laje Trelaçada.....	14
Figura 02– Laje Maciça	14
Figura 03 – Laje Protendida.....	15
Figura 04 – Viga de concreto armado.....	15
Figura 05 – Pilar de concreto armado	16
Figura 06 – Sistema de estrutura aporticada pré-moldada:	20
Figura 07 – Sistema de estrutura pré-fabricada em esqueleto.....	21
Figura 08 - Sistema de estrutura de painéis industriais	22
Figura 09 - Sistema de estrutura de fachadas de concreto.....	22
Figura 010 - Sistema de estrutura para pisos pré-moldados.	23
Figura 011 - Sistema de estrutura celular	24
Figura 12 – Exemplo de utilização software TQS.....	25
Figura 13 – Fórmula TCPO.	29
Figura 14 – Composição BDI.....	30
Figura 15 – Planta Baixa Pavimento Térreo	32
Figura 16 – Planta Baixa Pavimento Superior.	32
Figura 17 – Planta Térreo.....	36
Figura 18 – Planta Superior.....	37
Figura 19 – Planta Cobertura.....	38
Figura 20 – Planta Ático.....	39
Figura 21 – Quantitativo de aço em pilares.....	39
Figura 22 – Disposição Estrutural – Estrutura moldada in-loco.	42
Figura 23 – Planta de forma, Pavimento Superior.....	43
Figura 24– Planta de forma, Pavimento Cobertura.	44
Figura 25 – Planta de forma, Pavimento Ático.....	45
Figura 26 – Exemplo de quantitativo, Estruturas Moldadas in-loco.	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantitativo das Estruturas Pré-Fabricadas	40
Quadro 2 – Orçamentos em empresas de estruturas pré-moldadas.....	41
Quadro 3 – Quantitativo – Estruturas moldadas in-loco.....	46
Quadro 4 – Orçamento – Estruturas moldadas in-loco – Empresa A.....	47
Quadro 5 – Orçamento – Estrutura moldada in-loco – Empresa B.....	48
Quadro 6 – Orçamento – Estrutura moldada in-loco - SINAPI	49
Quadro 7 – Orçamentos em empresas de estruturas convencionais.	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO GERAL	11
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3	JUSTIFICATIVA	12
2	ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	15
2.1	ESTRUTURA MOLDADA IN-LOCO.....	13
2.1.1	Principais elementos estruturais	13
<u>2.1.1.1</u>	<u>Lajes</u>	13
<u>2.1.1.1.1</u>	<u>Lajes Protendidas</u>	14
<u>2.1.1.2</u>	<u>Vigas</u>	15
<u>2.1.1.3</u>	<u>Pilares</u>	16
2.2	ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA	16
2.2.1	Histórico da estrutura pré-fabricada	17
2.2.2	Pré-fabricado no Brasil.....	18
2.2.3	Viabilidade Técnica	19
2.2.4	Sistemas Estruturais	20
<u>2.2.4.1</u>	<u>Estruturas Aporticadas</u>	20
<u>2.2.4.2</u>	<u>Estruturas em esqueleto</u>	20
<u>2.2.4.3</u>	<u>Estruturas de Painéis Industriais</u>	21
<u>2.2.4.4</u>	<u>Fachadas de Concreto</u>	22
<u>2.2.4.5</u>	<u>Sistemas Pré-moldados para Pisos</u>	23
<u>2.2.4.6</u>	<u>Sistemas Celulares</u>	23
2.3	SOFTWARE TQS	24
2.4	ORÇAMENTOS	25
2.5	CONCEITOS BÁSICOS DO BDI.....	26
2.5.1	Definição BDI	26
2.5.2	Preço de Venda	26
2.5.3	Custos Diretos	26
<u>2.5.3.1</u>	<u>Custo Direto ou Unitário</u>	26
<u>2.5.3.2</u>	<u>Custo Indireto</u>	27
2.5.4	Composição do BDI	27
<u>2.5.4.1</u>	<u>Despesas indiretas</u>	27
<u>2.5.4.2</u>	<u>Lucros ou Margem de Remuneração</u>	28
<u>2.5.4.3</u>	<u>Fórmula do BDI</u>	28
3	METODOLOGIA	31
3.1	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	31
3.2	ESTUDOS DE CASOS	33
3.2.1	Estudo de caso 01 – Estrutura Pré-fabricada	33
<u>3.2.1.1</u>	<u>Projeto Estrutural – estrutura pré-fabricada</u>	33
<u>3.2.1.2</u>	<u>Orçamento – Estrutura Pré-Fabricada</u>	33
<u>3.2.2.1</u>	<u>Estudo de Caso 02 – Estrutura Moldada in loco</u>	33
<u>3.2.2.2</u>	<u>Projeto Estrutural – Estrutura moldada in loco</u>	34
<u>3.2.2.3</u>	<u>Orçamento – estrutura moldada in loco</u>	34
4	RESULTADOS	35
4.1	ESTUDO DE CASO 01	35
4.1.1	Projeto estrutural.....	35
<u>4.1.1.1</u>	<u>Pavimento térreo</u>	35

<u>4.1.1.2</u>	<u>Pavimento superior</u>	36
<u>4.1.1.3</u>	<u>Pavimento cobertura</u>	37
<u>4.1.1.4</u>	<u>Pavimento Ático</u>	38
4.1.2	Quantitativo – estudo de caso 01	39
4.1.3	Orçamento – estudo de caso 01	40
4.2	ESTUDO DE CASO 02	41
4.2.1	Demonstração do Projeto estrutural.....	41
<u>4.2.1.1</u>	<u>Pavimento térreo</u>	42
<u>4.2.1.2</u>	<u>Pavimento superior</u>	42
<u>4.2.1.3</u>	<u>Pavimento Cobertura</u>	43
<u>4.2.1.4</u>	<u>Pavimento ático</u>	44
4.2.2	Quantitativo – estudo de caso 02	45
4.2.3	Orçamento – estudo de caso 02	46
4.3	COMPARAÇÃO DE ORÇAMENTOS	50
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6	REFERENCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Inovar é necessário em todos os aspectos, mais ainda quando falamos em setores industriais. A construção civil é destoante nesse quesito, pois é considerada por muitos como relativamente atrasada. A razão de tal afirmação é embasada na baixa produtividade, pouco ou nenhum controle de qualidade e grande desperdício de materiais (EL DEBS, 2000).

Uma das formas de sanar e otimizar essas deficiências é através das estruturas pré-fabricadas de concreto. O emprego desta técnica recebe o nome de pré-moldagem ou concreto pré-moldado. As estruturas pré-fabricadas são compostas por elementos pré-fabricados, que são executados fora do canteiro de obra, ou seja, em um local fora de sua posição definitiva de utilização.

A pré-fabricação tem como proposta a racionalização dos recursos, pois é executada de forma industrial, onde há rigoroso controle de qualidade, alta produtividade, pouco ou nenhum desperdício de materiais, além de propiciar mais segurança para a equipe de trabalhadores, devido ao processo executivo padronizado.

As vantagens são inúmeras em relação as estruturas convencionais, entretanto em alguns casos, apesar de haver um ganho de produtividade e tempo de execução, as estruturas pré-fabricadas podem ser mais custosas e conseqüentemente menos favoráveis. Contudo, é possível que se faça um estudo de viabilidade técnico-econômico para que assim seja tomada a melhor decisão.

Será explorado nesse trabalho, um estudo de comparação técnica e econômica entre a execução de obras com estruturas pré-fabricadas e estruturas moldadas in loco, evidenciando a melhor tomada de decisão em relação aos métodos.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste na comparação entre os custos de uma edificação com estrutura em concreto armado pré-fabricado, em relação a métodos convencionais de estrutura em concreto armado moldada in loco.

1.2 Objetivos específicos

Realizar quantitativos e orçamentos de estruturas de concreto armado pré-fabricadas e moldadas in loco;

Comparar os orçamentos obtidos e elencar qual método é mais econômico e eficiente para o estudo de caso.

1.3 Justificativa

Com o grande avanço tecnológico nos mais variados ramos industriais, a construção civil também tem dado passos importantes. A preocupação sobre melhoria na gestão de recursos, aumento de produtividade e redução de custos, tem proporcionado técnicas construtivas muito promissoras no setor.

Devido a rápida finalização das superestruturas, uma das técnicas construtivas utilizadas e em ampla expansão atualmente, é a estrutura pré-fabricada de concreto armado em substituição a estrutura moldada in loco em barracões, edifícios de múltiplos pavimentos, hospitais, escolas e outros.

Para quem constrói, o aspecto mais importante, é o custo. Seja para obter lucro com o empreendimento ou para gastar menos. Portanto é necessário perícia com os custos do empreendimento a ser realizado, pois muitas vezes pode inviabilizar a obra.

Outro fator importante para os custos é o tempo de execução da edificação, o mesmo está intrinsecamente relacionado a mais homens/horas trabalhadas e demanda de maquinários e equipamentos.

O consumo de materiais também merece destaque nos pré-fabricados, pois em métodos convencionais de execução de estruturas as perdas são significativas e propiciam também retrabalho. Desde a madeira utilizada nas fôrmas, sarrafos e escoras à consumo de concreto fabricado in loco.

Os pré-fabricados surgiram com a proposta de revolucionar o canteiro de obras, devido à redução de custos, diminuição do tempo de execução das estruturas e menor desperdício, implicando em maior eficiência e sustentabilidade.

Entretanto, por se tratar de uma técnica construtiva relativamente nova, é necessário cuidado por optar por esse processo, pois em alguns casos os pré-fabricados podem não ser os mais vantajosos.

2 ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

2.1 Estrutura moldada in-loco

Atualmente no Brasil, as estruturas convencionais de concreto armado, isto é, estruturas moldadas in-loco, são preponderantes na construção civil. As peças de concreto neste método construtivo são moldadas em seus locais definitivos de utilização (Costa, 2013).

Quando se opta por este método, uma série de atividades devem ser seguidas até a finalização das peças estruturais.

Primeiramente, faz-se necessário a locação das estruturas, nesta etapa deve-se ter um grande rigor. Executadas as locações, deve-se confeccionar as fôrmas, estas podendo ser de madeira ou metálicas, fixando-as com sarrafos para que não haja deslocamento em todo o procedimento, e assim garantindo as dimensões exatas das peças.

A partir disso, posiciona-se a armadura de aço dentro das caixarias, para que se lance e vibre o concreto, e então realizar a cura e desforma após alguns dias (ALLEN, 2013).

2.1.1 Principais elementos estruturais

2.1.1.1 Lajes

As lajes são os elementos responsáveis por receber a maior parte das cargas aplicadas, sejam elas pessoas, móveis, paredes, pisos, entre outros. As ações são comumente perpendiculares ao plano, podendo ser divididas em 3 tipos: distribuídas em área (peso próprio, revestimento de piso, etc.), distribuídas linearmente (paredes) ou concentradas (pilares apoiados em lajes). Estas ações recebidas pela laje, são descarregadas nas vigas, que por sua vez as transferem aos pilares, dos pilares para a fundação, e por fim da fundação ao solo (BASTOS,2006).

Existem muitos modelos diferentes de lajes no mercado, sendo cada qual mais indicado para determinadas situações. Nas Figuras 01 e 02 estão alguns modelos.



Figura 01 – Laje Trelaçada
Fonte: Fundamentos do Concreto Armado, 2006.



Figura 02– Laje Maciça
Fonte: Fundamentos do Concreto Armado, 2006.

2.1.1.1 Lajes Protendidas

Amplamente utilizadas, as lajes protendidas apresentam como vantagem capacidade de reduzir custos e prazos (CAZZO, 2008).

Para alcançar tais resultados, como o próprio nome diz, é aplicada a técnica de protensão, ou seja, disposição de cabos de aço de alta resistência previamente tracionados por macacos hidráulicos, ao lançamento do concreto.

Fazendo o pré-tensionamento destes cabos de aço, e posteriormente realizando a concretagem, retira-se a tensão aplicada aos cabos, que tendem a voltar ao seu tamanho original e transferindo esta tensão a estrutura concretada.

Com isso, permite-se uma redução da espessura de concreto e, portanto, auxilia na redução do consumo de materiais e mão de obra.



Figura 3 – Laje Protendida.
Fonte: NTCBrasil – Materiais para Construção.

2.1.1.2 Vigas

Pela própria definição da norma NBR 6118/14, as vigas são elementos lineares em que a flexão é predominante. Basicamente, são responsáveis por vencer vãos e transmitir ações atuantes para seus apoios, que geralmente são os pilares (BASTOS, 2006).

Também existem muitos modelos de vigas e uma variedade de materiais e maneiras de execução, porém como o objetivo do estudo é concreto armado, percebe-se que vigas em concreto armado apresentam majoritariamente dimensões retangulares nas estruturas convencionais.



Figura 4 – Viga de concreto armado
Fonte: Fundamentos do Concreto Armado, 2006.

2.1.1.3 Pilares

Estas estruturas tratam-se de barras verticais e através delas é que todos os esforços recebidos pelas lajes e vigas são transmitidos as fundações.

Majoritariamente apresentam dimensões retangulares, quadradas ou circulares, podendo em alguns casos ser em formato L ou U.



Figura 5 – Pilar de concreto armado
Fonte: Fundamentos do Concreto Armado, 2006.

2.2 Estrutura Pré-Fabricada

A denominação de concreto pré-moldado corresponde ao emprego de elementos pré-fabricados de concreto, ou seja, de elementos de concreto moldados fora de sua posição definitiva de utilização (El Debs, 2017).

Conforme a norma ABNT 15575 (2013) – Edificações Habitacionais, define:

- Componente: unidade integrante de determinado sistema de edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas. Exemplos: bloco-cerâmico ou de concreto, telha, folha de porta, etc.;

- Elemento: parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes. Exemplos: vedação de blocos, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura.

- Sistema construtivo: a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que a define. Exemplos: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura.

Para complementar a definição, apoia-se na norma ABNT 9062 (2017), a classificação de:

- Elemento pré-moldado: elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura;

- Elemento pré-fabricado: elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes da empresa destinadas para este fim.

Portanto, os elementos pré-fabricados são elementos pré-moldados, executados industrialmente com rigor técnico e controle de qualidade mais apurado.

2.2.1 Histórico da estrutura pré-fabricada

O sistema pré-fabricado se identifica primeiramente com a história da industrialização, que por sua vez está relacionada com o período histórico da mecanização, ou seja, com a evolução das ferramentas e máquinas para produção de bens. De forma gradativa as atividades exercidas pelo homem com auxílio da máquina foram sendo substituídas por mecanismos, como aparelhos mecânicos ou eletrônicos, ou genericamente por automatismos (Serra, Ferreira e Pigozzo, 2005).

Entretanto, conforme Vasconcellos (2002), não se pode precisar a data em que começou a pré-moldagem. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso. Sendo assim, pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado.

Um acontecimento histórico devastador impactou severamente as edificações na Europa, a Segunda Guerra Mundial. Muitos prédios, pontes, hospitais, casas e monumentos foram destruídos através de bombardeios. Com isso, a necessidade de uma rápida reconstrução das cidades foi impulsionada.

Segundo Salas (1988) considera a utilização dos pré-fabricados de concreto dividida nas três seguintes etapas:

De 1950 a 1970 – período em que a falta de edificações ocasionadas pela devastação da guerra, houve a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitais e industriais. Os edifícios construídos nessa época eram compostos de elementos pré-fabricados,

cujos componentes eram procedentes do mesmo fornecedor, constituindo o que se convencionou de chamar de ciclo fechado de produção.

De 1970 a 1980 – Período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com painéis pré-fabricados. Esses acidentes provocaram, além de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em obras de elementos pré-fabricados. Neste contexto teve o início do declínio dos sistemas pré-fabricados de ciclo fechado de produção.

Pós 1980 – Esta etapa caracterizou-se, em primeiro lugar, pela demolição de grandes conjuntos habitacionais, justificada dentro de um quadro crítico, especialmente de rejeição social e deterioração funcional. Em segundo lugar, pela consolidação de uma pré-fabricação de ciclo aberto, à base de componentes compatíveis, de origens diversas. Segundo Bruna (1976), “a industrialização de componentes destinados ao mercado e não, exclusivamente, às necessidades de uma só empresa é conhecida como ciclo aberto”. Conforme Ferreira (2003), os sistemas pré-fabricados de “ciclos abertos” surgiram na Europa com a proposta para uma pré-fabricação de componentes padronizados, os quais poderiam ser associados com produtos de outros fabricantes, onde a modulação e a padronização de componentes fornecem a base para a compatibilidade entre os elementos e subsistemas.

2.2.2 Pré-fabricado no Brasil

Conforme Vasconcelos (2002), a primeira notícia que se tem de uma obra grande com utilização de pré-moldados no Brasil refere-se à execução do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. A empresa Chrstiani-Nielsen, firma construtora dinamarquesa com sucursal no Brasil, executou em 1926 a obra completa do hipódromo, com diversas aplicações de pré-moldados. Dentre eles, pode-se citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo.

Ainda Vasconcelos (2002), em São Paulo, muitos anos depois, a Construtora Mauá, especializada em construções industriais, executou vários galpões pré-moldados no próprio canteiro de obras. Em alguns, foi utilizado o processo de executar as peças deitadas umas sobre as outras numa sequência vertical, separando-as por meio de papel parafinado. Não era necessário esperar

que o concreto da camada superior endurecesse, para então executar a camada sucessiva. Esse procedimento economizava tempo e espaço no canteiro, podendo ser empilhado até 10 peças. Tal procedimento dava grande produtividade à execução das peças.

As principais obras executadas pela Mauá na década de 50, com estruturas pré-moldadas no canteiro, foram o Cortume Franco-Brasileiro (35.000 m²), em Barueri, pavilhões da Fábrica ELCLOR, em Rio Grande da Serra, fábrica de transformadores AEG, em Jundiaí (9.000m²), ampliação do edifício principal da fábrica Ideal Standard (10.738m²), em Jundiaí, e os arcos da cobertura pré-moldada do pavilhão da Atlas-Copco, junto à ponte de Socorro em Santo Amaro, SP.

2.2.3 Viabilidade Técnica

O primeiro passo a ser tomado quando se pensa em pré-fabricados é sua viabilidade técnica. Para que tal decisão seja tomada é necessário um planejamento preliminar, ou seja, de um pré-projeto. Os fatores principais que devem ser atendidos pelo pré-projeto em pré-fabricados são informações gerais dos elementos, componentes e sistemas construtivos, bem como os aspectos técnicos-econômicos e desempenho ambiental dos mesmos.

Segundo Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2015), na tomada de decisão para uso de componentes, elementos e sistemas construtivos industrializados é a análise de sua viabilidade prévia, considerando aspectos técnicos (aplicabilidade do sistema a ser especificado e integração de componentes e elementos a outros sistemas) e econômicos (vantagens competitivas de custos e prazos), visando definir a demanda e o objeto a ser contratado. Para que a análise de viabilidade prévia possa ser efetiva, faz-se necessário a existência de um pré-projeto do elemento ou sistema construtivo da edificação/obra a ser contratado, a fim de se verificar a compatibilidade com a demanda existente.

As principais ações a serem tomadas nessa fase são:

- Definição e caracterização do objeto;
- Análise do pré-projeto do componente, elemento ou sistema construtivo;

- Análise da localidade, considerando aspectos do terreno, topografia, logística, materiais, componentes, elementos e sistemas construtivos e mão de obra disponíveis;

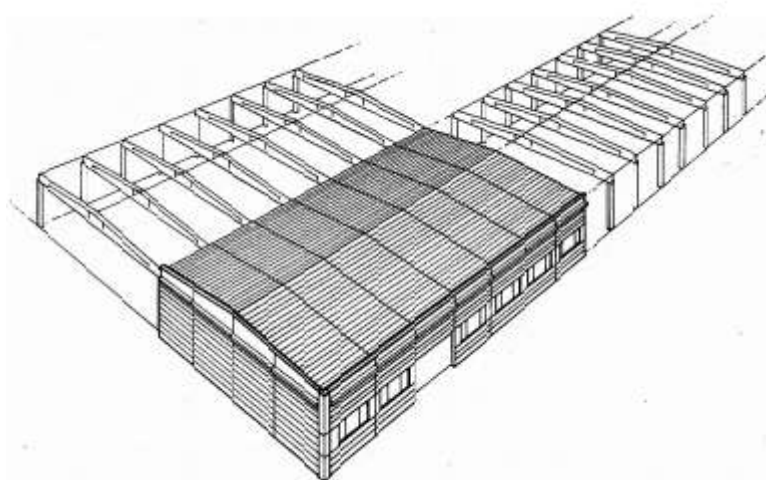
- Análise dos critérios mínimos de desempenho técnico dos componentes, elementos ou sistemas construtivos industrializados de acordo com as normas pertinentes a cada tecnologia.

2.2.4 Sistemas Estruturais

Existe um grande número de sistemas e soluções técnicas na indústria de pré-fabricados. Porém todos fazem parte de um número limitado de sistemas estruturais básicos, onde os princípios do projeto são similares. Essa similaridade permite que alguns sistemas estruturais possam ser combinados na mesma edificação. A seguir serão apresentados os modelos mais comuns de sistemas estruturais, segundo ACKER (2002):

2.2.4.1 Estruturas Aporticadas

São estruturas lineares compostas por vigas e pilares, que possibilitam grandes vãos e ausência de paredes internas. Muito importante para construções industriais, estacionamentos, shoppings e armazéns.



**Figura 06 – Sistema de estrutura aporticada pré-moldada:
Fonte: Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto, 2002.**

2.2.4.2 Estruturas em esqueleto

Estruturas lineares compostas com vigas e pilares, podendo ser de diferentes formatos e tamanhos. Diferentemente das estruturas aporticadas,

apresentam pilares interno, porém oferecem uma maior liberdade na disposição de áreas do piso e também alta flexibilidade de arquitetura na escolha de fechamento.

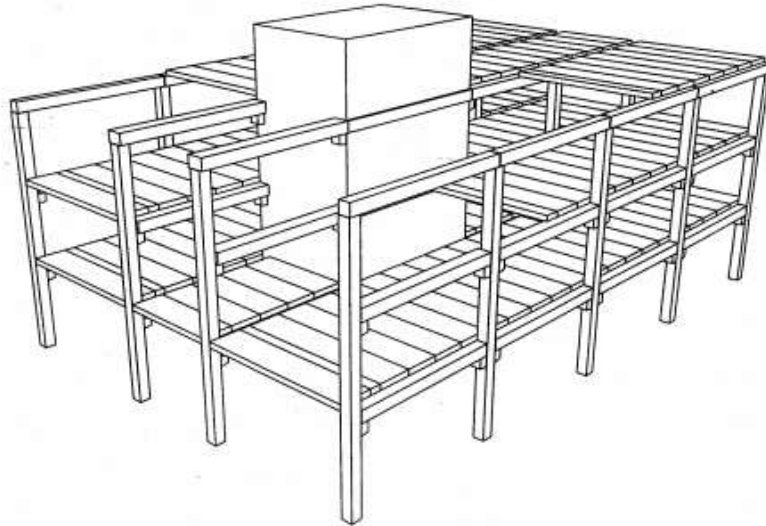


Figura 07 – Sistema de estrutura pré-fabricada em esqueleto
Fonte: Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto, 2002.

2.2.4.3 Estruturas de Painéis Industriais

São painéis pré-fabricados que podem ser utilizados para fechamentos internos e externos. É uma maneira industrializada de substituir vedações moldadas in loco, como por exemplo paredes de alvenaria. Sua superfície é lisa e pronta para receber pintura. Também apresentam bom isolamento acústico e resistência ao fogo.

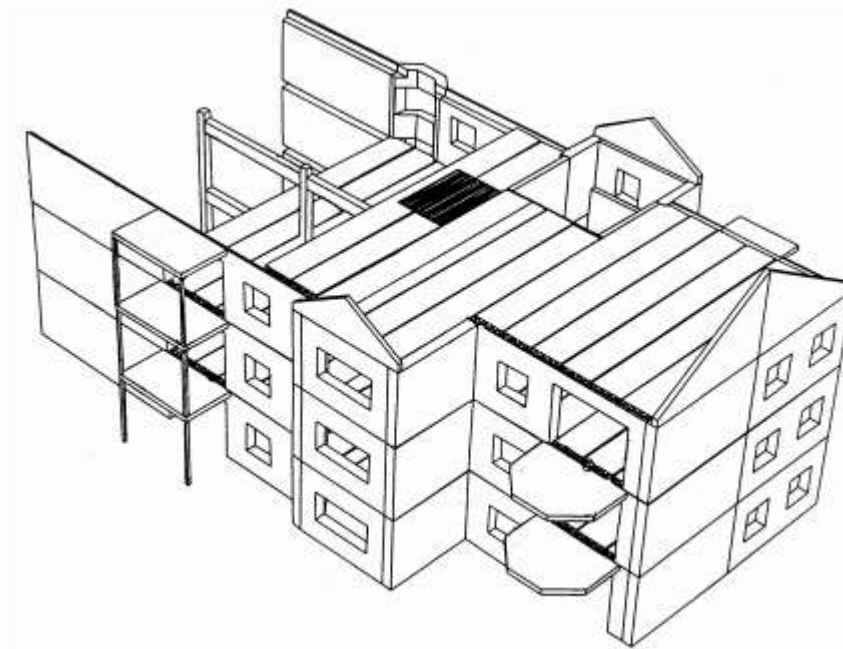


Figura 08 - Sistema de estrutura de painéis industriais
Fonte: Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto, 2002.

2.2.4.4 Fachadas de Concreto

As fachadas pré-fabricadas de concreto podem ser projetadas como elementos estruturais ou apenas de fechamento. Entretanto, as fachadas que suportam cargas têm função dupla, decorativa e estrutural. Este tipo de sistema apresenta uma solução econômica, dado ao fato que dispensa o uso de pilares nas bordas e as vigas para apoio no piso. São geralmente utilizados com estrutura em esqueleto.

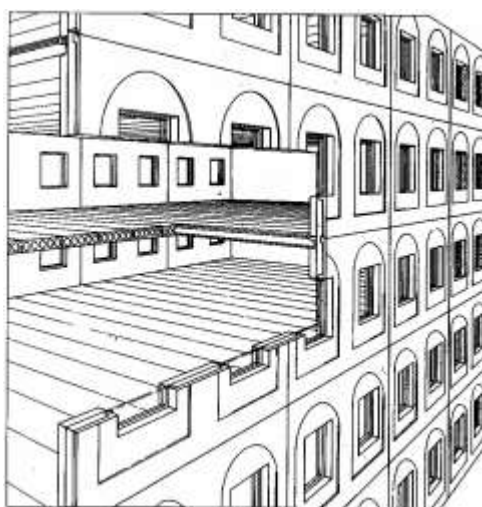
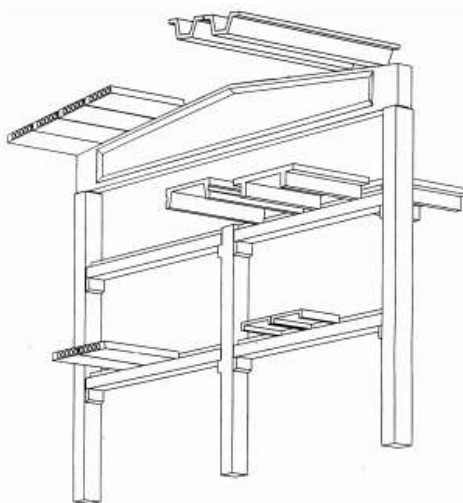


Figura 09 - Sistema de estrutura de fachadas de concreto.
Fonte: Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto, 2002.

2.2.4.5 Sistemas Pré-moldados para Pisos

Estes elementos pré-moldados são os mais antigos, por esse motivo o mercado oferece uma variedade de sistemas para pisos e coberturas. Os principais tipos são: painéis alveolares protendidos, painéis com nervuras protendidos (Seção T ou Duplo T), painéis maciços de concreto, lajes mistas e laje com vigotas pré-moldadas. Esses sistemas para pavimentos apresentam como grande vantagem a rapidez da construção, ausência de escoramento e possibilitam grandes vãos.



**Figura 010 - Sistema de estrutura para pisos pré-moldados.
Fonte: Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto, 2002.**

2.2.4.6 Sistemas Celulares

Este sistema é utilizado algumas vezes apenas para algumas partes da construção, como por exemplo cozinhas, banheiros e garagens. A fabricação é industrial até seu término, podendo até serem montados na fábrica. Porém, impõem maior dificuldade para transporte e menor liberdade arquitetônica.

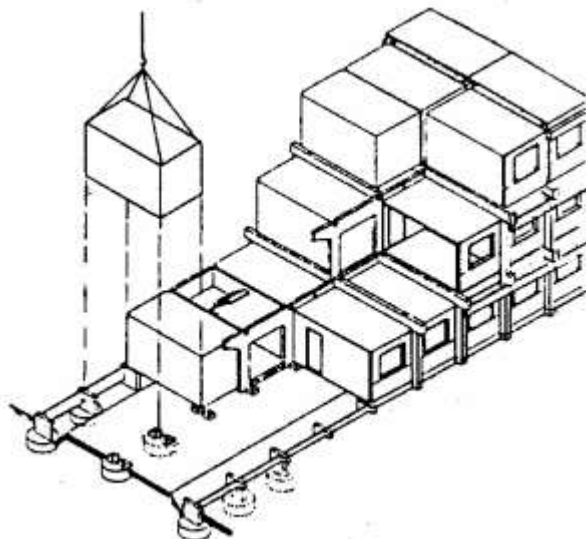


Figura 011 - Sistema de estrutura celular
Fonte: Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto, 2002.

2.3 Software TQS

Para o engenheiro calculista, os maiores parceiros em sua atividade profissional são os softwares estruturais. Através deles, hoje em dia, é possível que se faça o lançamento das estruturas digitalmente e ainda assim mantendo todo o projeto dentro das normas brasileiras.

Um dos softwares mais conhecido do mercado é o software TQS, tendo uma interface relativamente simples e comandos pouco complexos, torna a sua utilização uma tarefa tranquila.

Ainda dentro deste software é possível que se trabalhe com diferentes modelos estruturais, sendo eles: concreto armado, alvenaria estrutural e pré-fabricados. Além disso, o TQS fornece licenças estudantis, tornando-o como um dos mais utilizados pelos estudantes e também profissionais.

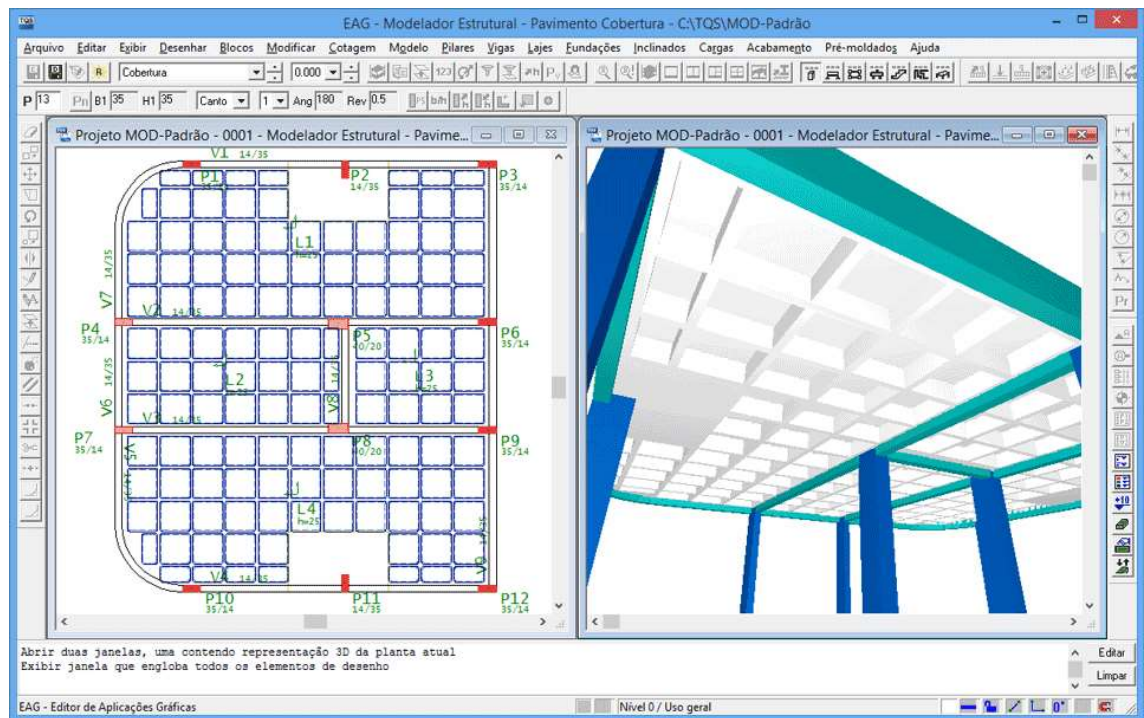


Figura 12 – Exemplo de utilização software TQS.
Fonte: <https://www.tqs.com.br/systems/tqs-estudante/kd04pfvhi1>.

2.4 Orçamentos

Em qualquer atividade empresarial ou comercial é imprescindível que se tenha certo conhecimento com relação a custos e conseqüentemente orçamentos.

De acordo com Padoveze (2009), os objetivos orçamentários são o processo de estabelecer e coordenar objetivos para todas as áreas da empresa, de tal forma que todos trabalhem sinergicamente em busca dos planos de lucros.

Para Lunkes (2007), as vantagens de se ter um plano orçamentário são inúmeras, sendo elas:

- Definição previa de objetivos para unidades responsáveis;
- Força a comunicação entre os colaboradores;
- Formação de uma estrutura com atribuições;
- Aumenta a coordenação e controle das atividades;
- Define metas e objetivos;
- Motiva os colaboradores.

Portanto, pode-se constatar que um sistema orçamentário é a peça fundamental para o planejamento e sustentabilidade de uma empresa.

2.5 Conceitos Básicos do BDI

2.5.1 Definição BDI

Para Tisaka (2004), a definição de BDI (Benefício e Despesas Indiretas) é uma taxa adicionada ao valor do custo total de uma obra, com o intuito de cobrir despesas indiretas que uma empresa contratada tem, somada ao risco do empreendimento, tributos e eventuais incidentes na operação.

Ou seja, BDI é a taxa aplicada sobre custos diretos totais, que incluem lucro do construtor e despesas indiretas.

2.5.2 Preço de Venda

Para se chegar ao valor final de orçamento passado ao cliente, não é suficiente chegar-se a apenas ao custo referente a materiais e mão de obra. Portanto se faz necessário a aplicação de uma taxa (BDI) que contemple de maneira assertiva todos os procedimentos que ocorrerão em um empreendimento.

$$PV = CD \left(1 + \frac{BDI}{100}\right)$$

PV = Preço de Venda

CD = Custo Direto

BDI = Benefício e Despesas Indiretas

2.5.3 Custos Diretos

Os custos diretos são todos os custos que envolvidos diretamente com a mão de obra, logística, transporte, materiais e ferramentas etc., ou seja, todos os elementos que estão ligados diretamente ao funcionamento da obra.

Podendo ser divididos em dois tipos: Custo Direto ou Unitário e Custo Indireto. Vale lembrar que custo indireto não é sinônimo de despesa indireta.

2.5.3.1 Custo Direto ou Unitário

Os Custos Unitários são referentes a todos os itens e serviços que podem ser quantificados para uma obra.

Tisaka (2009), dispõe os insumos referentes ao Custo Unitário da seguinte maneira:

- Mão de obra: são representados pelo consumo de horas ou fração de horas de trabalhadores qualificados e/ou não qualificados para a execução de uma determinada unidade de serviço multiplicados pelo custo horário de cada trabalhador. O custo horário é o salário/hora do trabalhador mais os encargos sociais e complementares;

- Materiais: são representados pelo consumo de materiais a serem utilizados para a execução de uma determinada unidade de serviço, multiplicados pelo preço unitário de mercado;

- Equipamentos: são representados pelo número de horas ou fração de horas necessárias para a execução de uma unidade de serviço, multiplicado pelo custo horário do equipamento.

2.5.3.2 Custo Indireto

Compreende-se por Custo Indireto todos os custos que ocorrem de forma independente das quantidades do que é produzido no empreendimento, mesmo assim devem ser levadas para o orçamento.

Os principais itens que são considerados no Custo Indireto são:

- Administração Local: Chefia da obra, Engenharia e Planejamento, Manutenção do Canteiro, Gestão de Materiais, Gestão de Recursos Humanos etc.

- Canteiro de Obra: Oficina de manutenção de veículos e equipamentos, Sala de enfermagem, Vestiários, Cozinhas, Sala de pessoal etc.

- Mobilização e Desmobilização: Transporte, Carga e Descarga, Hospedagem, Aluguel de equipamentos, alimentação etc.

2.5.4 Composição do BDI

2.5.4.1 Despesas indiretas

As despesas indiretas de uma obra são aquelas, como o próprio nome já sugere, em que o custo não está relacionado diretamente com materiais, mão de obra ou equipamentos. Porém, ainda assim, são valores que precisam ser incluídos no cálculo (MENDES, 2001).

Exemplo de despesas indiretas:

- Despesas Financeiras
- Impostos Municipais
- Impostos Estaduais
- Impostos Federais
- Seguros
- Administração

2.5.4.2 Lucros ou Margem de remuneração

Talvez o item mais importante da composição do BDI é o percentual de lucro estipulado pela empresa. Este valor está intrinsicamente interligado com questões administrativas e comerciais da empresa que fornece o serviço, o que o torna muito singular levando em consideração porte da empresa e obra, região, cliente e situação de mercado.

Para Mattos (2006), quanto mais preciso for o processo de orçamentação, maior a confiança de que a lucratividade estipulada será atingida, ainda complementa que uma lucratividade com padrão normal gira em torno de 5% a 15%.

2.5.4.3 Fórmula do BDI

Existem duas maneiras mais comuns de se calcular o BDI no mercado, a princípio as duas fórmulas mais conhecidas são a TCPO e TCU (Tribunal de Contas da União).

A TCPO é voltada para obras privadas e, portanto, leva em consideração os custos de comercialização. Enquanto a TCU é vinculada a obras públicas, então os custos anteriores não são incluídos.

Fórmula TCPO:

$$\text{BDI} = \left[\left(\frac{(1-i)(1+r)(1+f)}{1-(t+s+c+l)} \right) - 1 \right] \times 100$$

Sendo:

i= taxa de administração central

r= taxa de risco do empreendimento

f= taxa de custo financeiro do capital de giro

t= taxa de tributos federais

s= taxa de tributo municipal

c= taxa de despesas de comercialização

l= lucro ou remuneração líquida da empresa

Figura 13 – Fórmula TCPO.

Fonte: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6214/3/CM_COECI_2014_1_07.pdf.

Através dessa fórmula, é possível se chegar a um valor final de BDI e assim aplicá-lo no preço de venda do empreendimento.

Um exemplo de composição para cálculo de BDI é demonstrado na figura abaixo:

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	TAXAS A CONSIDERAR NO BDI		PROCEDIMENTO	OBRAS – BDI COM TAXAS MÍNIMAS	
		Mínimo	Máximo		PRESUM.	L. REAL
1	Administração Central	6,00	20,00	soma	6,00	6,00
1.1	Rateio da Adm.Central	5,00	15,00	calcular	5,00	5,00
1.2	Despesas específicas	1,00	5,00	calcular	1,00	1,00
2	Taxa de risco	1,00	5,00	estimar	1,00	1,00
3	Custo financeiro	2,00	5,00	calcular	2,00	2,00
4	Tributos	8,31	22,31	soma	8,31	6,04
4.1	PIS	0,65	1,65	definido	0,65	0,66(*)
4.2	COFINS	3,00	7,60	definido	3,00	3,00
4.3	IRPJ	1,20	4,80	definido	1,20	(**)
4.4	CSLL	1,08	2,88	definido	1,08	(**)
4.5	CPMF	0,38	0,38	definido	0,38	0,38
4.6	ISS	2,00	5,00	estimar	2,00	2,00(*)
5	Taxa de Comercialização	2,00	5,00	calcular	2,00	2,00
6	Lucro	5,00	15,00	expectativa	5,00	7,27 (***)
BDI – Aplicar a fórmula				calcular	28,94 %	28,94 %

Figura 14 – Composição BDI
Fonte: Sinduscon, 2004).

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo proposto, primeiramente foi selecionado uma futura edificação que utilizará em sua estrutura o sistema construtivo de pré-fabricação, para que posteriormente possa ser comparado com sistema convencional de estruturas moldadas in loco.

O projeto em que será baseado o estudo foi cedido pela empresa de engenharia 'Rodrigo Camícia – Engenharia de Obras', o material teve autorização das partes envolvidas.

Serão realizados dois estudos de caso para o mesmo projeto. O primeiro é com relação as estruturas pré-fabricadas e o segundo com relação as estruturas moldadas in loco.

3.1 Apresentação do Projeto

O projeto trata-se de uma edificação de dois pavimentos com finalidade comercial. O estabelecimento contará com salas comerciais, banheiros, cozinha, garagem e sala de reunião, possuindo uma área construída total de 370,33m². A obra ainda está na fase de planejamento.

Por motivos de confidencialidade, a empresa que sediará o estabelecimento pediu para não revelar o local que será realizada a obra, e, portanto, não será exposto a planta de localização.

As Figuras 15 e Figura 16 representam o projeto arquitetônico da edificação e a partir dele foram desenvolvidos os projetos estruturais necessários para o estudo de caso. Para fins de comparação foi trabalhado com os projetos estruturais separadamente.

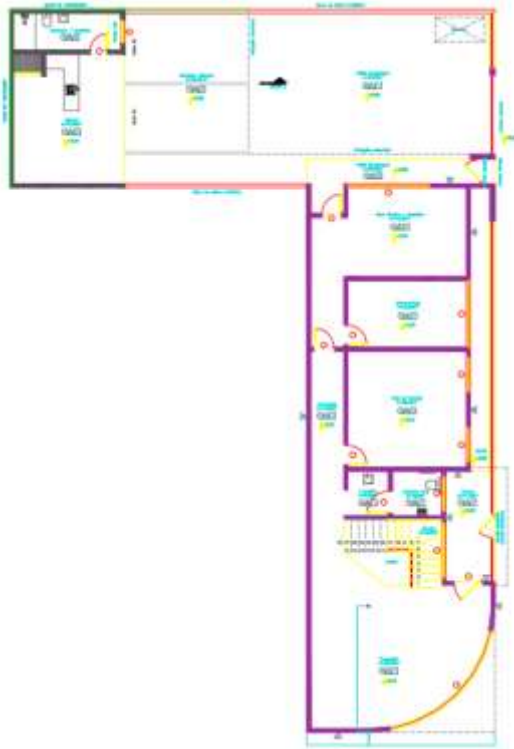


Figura 15 – Planta Baixa Pavimento Térreo
Fonte: Rodrigo Camícia, adaptado do Projeto Arquitetônico

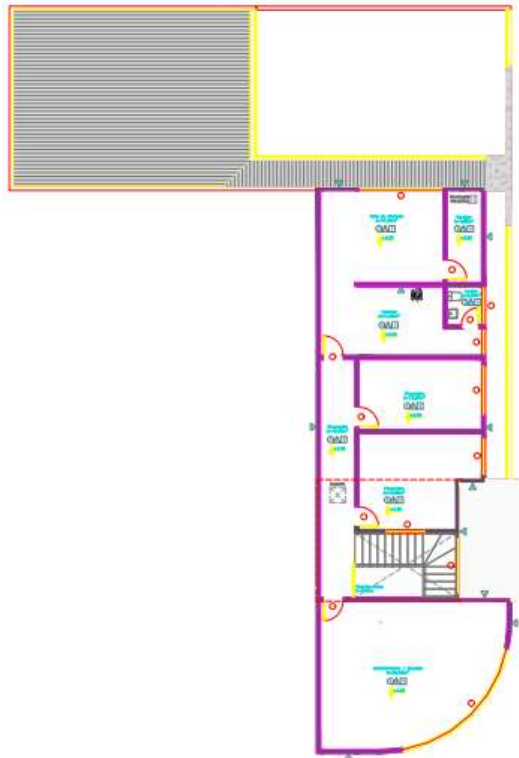


Figura 16 – Planta Baixa Pavimento Superior.
Fonte: Rodrigo Camícia, adaptado do Projeto Arquitetônico.

3.2 Estudos de Casos

Como o intuito do estudo proposto é a comparação dos custos entre os métodos construtivos, serão elaborados dois estudos de casos. Sendo o primeiro denominado como “Estudo de caso 01” para as estruturas pré-fabricadas, e o segundo como “Estudo de caso 02” para as estruturas moldadas in loco. As estruturas foram projetadas de acordo com suas necessidades e particularidades, para que posteriormente possam ser feitos os orçamentos e assim compará-los.

3.2.1 Estudo de caso 01 – Estrutura Pré-fabricada

Para a elaboração do estudo de caso 01, o projeto estrutural do empreendimento que será realizado foi cedido pela empresa e a partir dele foram feitos orçamentos em 3 empresas da Região Sudoeste Paranaense.

3.2.1.1 Projeto Estrutural – estrutura pré-fabricada

O projeto estrutural de pré-fabricados foi desenvolvido pela empresa através do *software* TQS. No projeto consta todo o detalhamento das estruturas desde seus elementos até quantitativos para a fabricação, transporte e montagem do sistema.

A partir dos detalhamentos e quantitativos foi feito a orçamentação da parte estrutural da obra.

3.2.1.2 Orçamento – Estrutura Pré-Fabricada

Para realizar o orçamento da parte estrutural desta edificação, foi utilizado pesquisa de mercado. O projeto estrutural, bem como todo seu detalhamento e quantitativo, foi entregue a 3 empresas da Região Sudoeste Paranaense, que são especializadas neste tipo de construção.

A partir disso, foi obtido o valor total que será despendido com a parte estrutural da obra, desde sua fabricação, deslocamento e montagem.

3.2.2.1 Estudo de Caso 02 – Estrutura Moldada in loco

No estudo de caso 02, foi elaborado o projeto estrutural para estruturas convencionais, e a assim obter os detalhamentos e quantitativos para então conceber o orçamento das estruturas.

3.2.2.2 Projeto Estrutural – Estrutura moldada in loco

A concepção de um projeto estrutural é uma atividade que envolve muitos processos e requer muita atenção. Para a elaboração do projeto estrutural com estruturas moldadas in loco, foi utilizado também o *software* TQS, que ajudará a se manter nas normas, bem como na análise das combinações e dimensionamento das peças.

O principal guia para a elaboração deste projeto foi a norma ABNT NBR 6118:2003 (ABNT, 2003), que estabelece e fixa os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido.

3.2.2.3 Orçamento – estrutura moldada in loco

Para a realização do orçamento, foi levantado a partir do projeto estrutural o detalhamento e os quantitativos das estruturas moldadas in loco. Posteriormente, foi realizada pesquisa de mercado em 2 empresas construtoras da Região Sudoeste Paranaense.

Para estabelecer um orçamento mais refinado, também foi consultado o modelo de orçamentos da Caixa Econômica Federal através do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

4 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados dos Estudos de Casos 01 e 02, bem como seus respectivos projetos, quantitativos e orçamentos.

4.1 Estudo de Caso 01

Este Estudo de Caso se baseou no projeto fornecido pelo engenheiro Rodrigo Camícia e refere-se as estruturas pré-fabricadas da edificação. A partir deste projeto foram realizadas os quantitativos e orçamentos.

4.1.1 Projeto estrutural

Como a edificação possui 2 pavimentos, é necessário que se crie 4 pavimentos no software TQS, para que seja feito o lançamento correto das estruturas. Portanto, os pavimentos criados foram: Pavimento Térreo, Pavimento Superior, Pavimento Cobertura e Pavimento Ático. São apresentadas 4 imagens referentes a cada pavimento para melhor compreensão, e distinguir detalhadamente cada estrutura em seu respectivo piso.

4.1.1.1 Pavimento térreo

A Figura 17 abaixo demonstra como é a disposição da planta de formas do Pavimento Térreo, nesse pavimento, exclusivamente, as vigas serão moldadas in-loco, pois tratam-se de vigas baldrame.

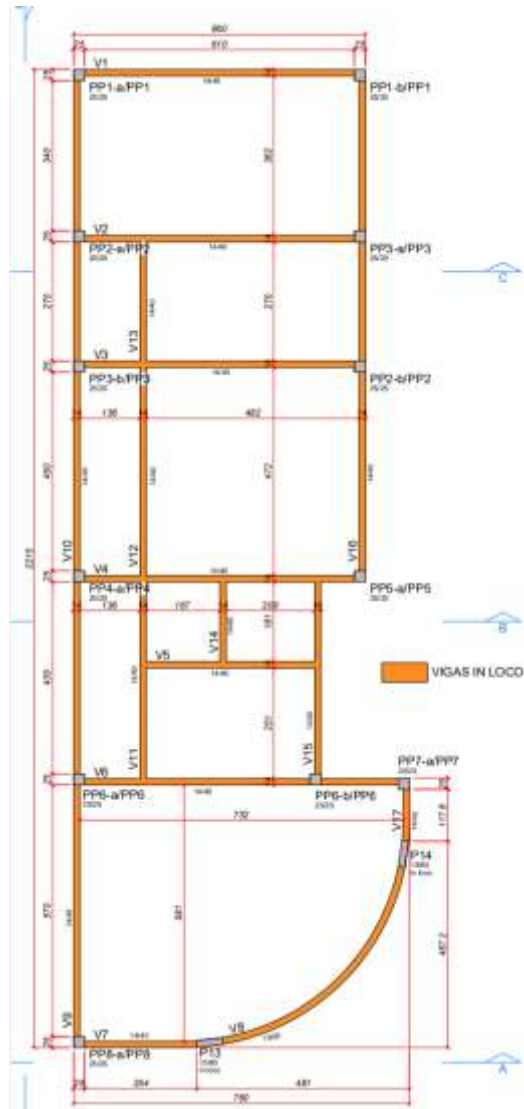


Figura 17 – Planta Térreo.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

Neste pavimento identifica-se 14 pilares, estes pré-fabricados, apresentando dimensões de 25x25cm cada um.

4.1.1.2 Pavimento superior

Neste Pavimento também se identifica os mesmos 14 pilares pré-fabricados do piso inferior, com dimensões 25x25cm. Todas as vigas também serão pré-fabricadas neste pavimento.

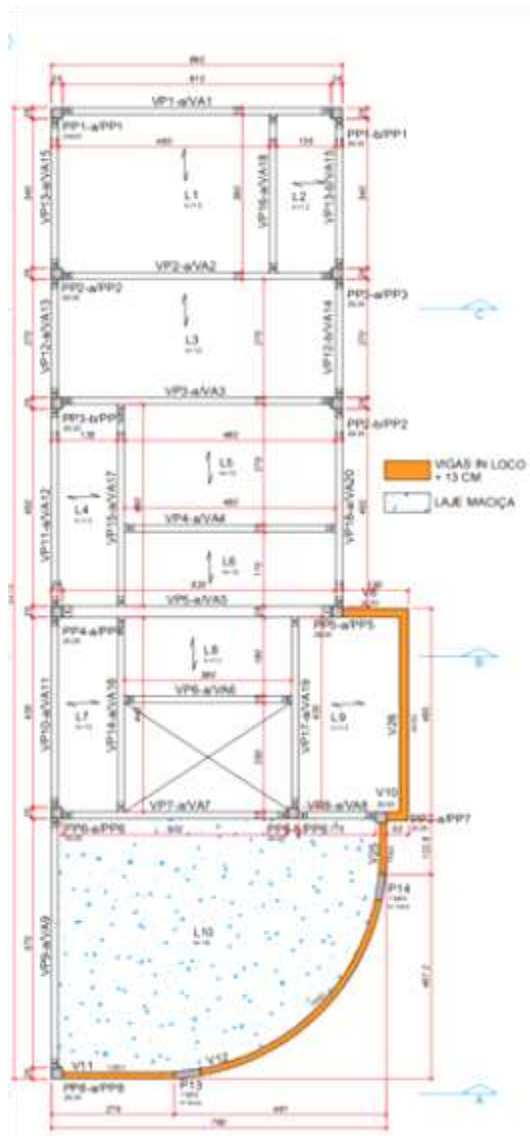


Figura 18 – Planta Superior.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

4.1.1.3 Pavimento cobertura

O Pavimento Cobertura é onde morrem os 14 pilares pré-fabricados 25x25cm, e nasce apenas um com as mesmas dimensões. Todas as vigas também são pré-fabricadas neste pavimento.

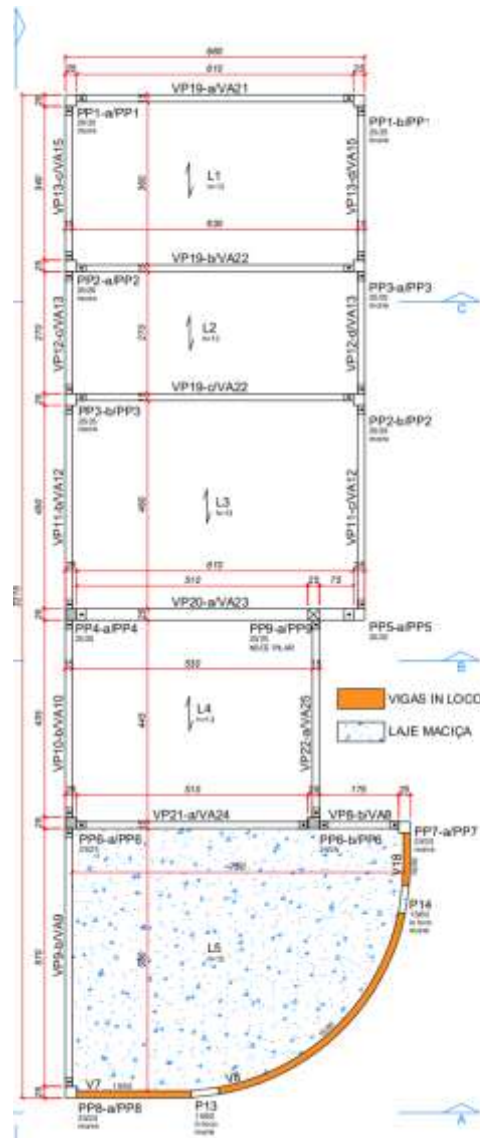
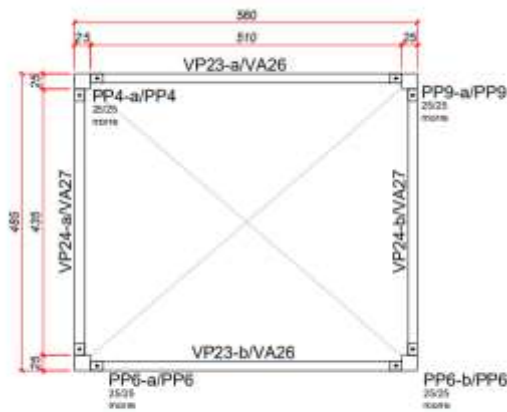


Figura 19 – Planta Cobertura.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

4.2.1.4 PAVIMENTO ÁTICO

Neste pavimento é onde os últimos pilares pré-fabricados morrem, totalizando 15 pilares 25x25cm no total da edificação. Todas as vigas são pré-fabricadas neste pavimento.



PLANTA DE FORMAS - ÁTICO
Escala 1:50

Figura 20 – Planta Ático.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

4.1.2 Quantitativo – estudo de caso 01

O quantitativo realizado nas armaduras para pilares e vigas neste estudo de caso, foi fornecido no próprio projeto pela empresa, abaixo segue um exemplo das quantidades.

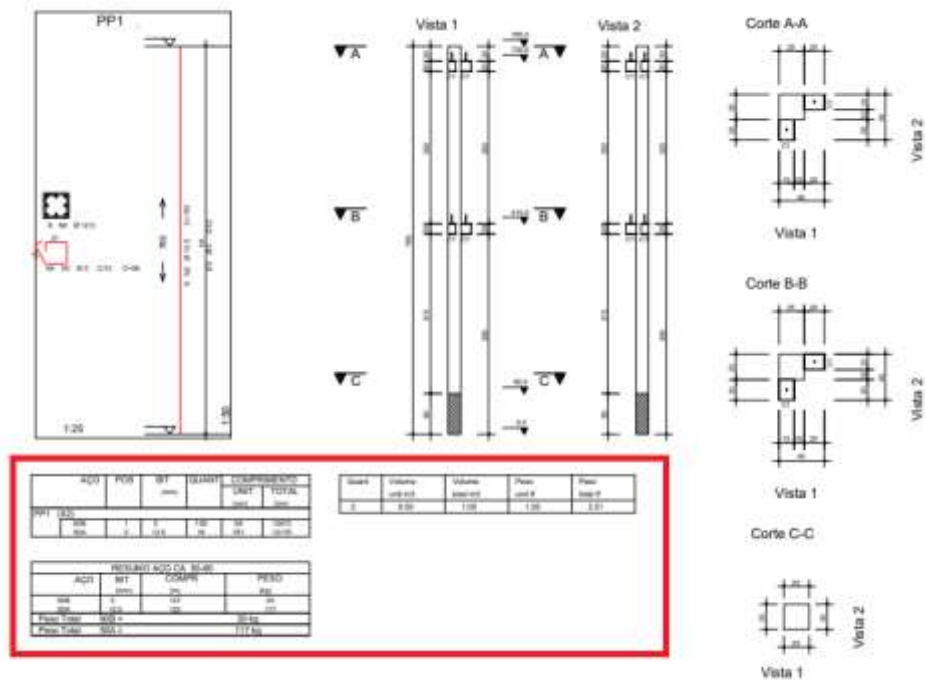


Figura 21 – Quantitativo de aço em pilares.

Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

A partir destas quantidades é possível gerar uma tabela com o resumo total de insumos e serviços necessários para que seja possível realizar um orçamento assertivo.

Quadro 1 – Quantitativo das Estruturas Pré-Fabricadas

Quantitativo - Estruturas Pré-Fabricadas		
Discriminação	Unidade	Quantidade
Pilares Pré-Fabricados		
Pilar 0.25x0.25m	mt	102
Vigas Pré-Fabricadas		
Viga 0.14x0.40m	mt	166
Outras Despesas		
Frete	vb	1
Serviços de caminhão Munck	vb	1
Mão de obra de montagem	vb	1

Fonte: Autoria Própria

4.1.3 Orçamento – estudo de caso 01

A partir de todas as informações colhidas e analisadas acima, tornou-se possível realizar 3 orçamentos em diferentes empresas da região sudoeste do Paraná.

Cabe ressaltar que as quantidades descritas no Quadro 05 não incluem custos da laje e vigas baldrame, pois estas serão executadas in loco e serão pertinentes aos dois modelos estruturais. Portanto não foram consideradas em ambos os casos.

Quadro 2 – Orçamentos em empresas de estruturas pré-moldadas.

Quadro de Orçamentos	
Empresa	Preço Total
1	R\$ 60.356,38
2	R\$ 54.677,12
3	R\$ 58.873,18
Preço Médio	R\$ 57.968,89

Fonte: Aatoria própria.

É possível perceber que, apesar da discrepância entre o maior e menor valor, ainda assim o valor médio entre os orçamentos se aproxima de um dos valores informados pelas empresas.

Tornar-se-á esse o valor médio de R\$ 57.968,89 (cinquenta e sete mil, novecentos e sessenta e oito reais e oitenta e nove centavos), como valor final do custo de produção, transporte e montagem das estruturas, na modalidade pré-fabricação.

4.2 Estudo de caso 02

Este Estudo de Caso trata-se do desenvolvimento de um projeto estrutural para estruturas de concreto armado moldadas in-loco, para comparação com o projeto fornecido anteriormente.

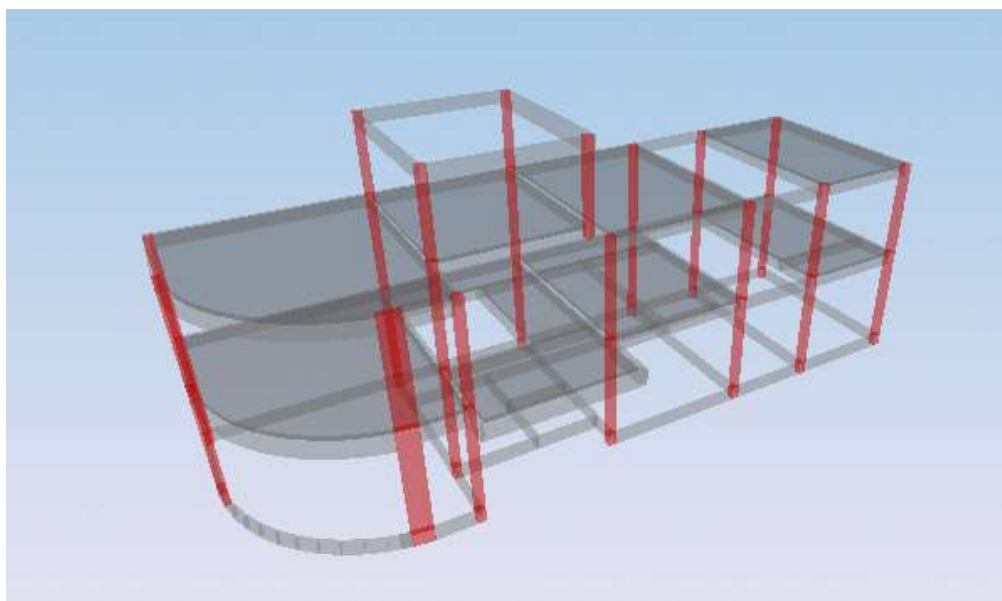
Após o lançamento, dimensionamento e detalhamento das estruturas, foi possível realizar o quantitativo dos insumos e posteriormente o orçamento.

2.1.1 Demonstração do Projeto estrutural

O novo modelo estrutural apoia-se mantendo basicamente as dimensões e pavimentos do projeto anterior, com pequenas modificações.

Mesmo assim, apenas alterando o modelo construtivo é possível observar uma considerável diferença nos quantitativos dos materiais, o que será evidenciado nos títulos subsequentes.

Para desenvolver o novo projeto, foi utilizado o *software* TQS versão 22.6, com licença estudantil. Na Figura 14 encontra-se o modelo estrutural confeccionado no *software*.



**Figura 22 – Disposição Estrutural – Estrutura moldada in-loco.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.**

4.2.1.1 Pavimento térreo

Neste pavimento, não haverá diferença com relação aos diferentes modelos estruturais, tendo em vista que as estruturas que compõe este piso tratam-se das fundações, no caso, vigas baldrame. Estas, como dito anteriormente, serão executadas in-loco em ambos os projetos, e por isso não se incluem nos quantitativos e orçamentos dos Estudos de Caso.

4.2.1.2 Pavimento superior

No pavimento superior, começa-se a aparecer as primeiras diferenças com relação aos modelos estruturais. Neste caso, apesar das lajes não entrarem nos quantitativos, pois em ambos os casos também serão moldadas in-loco, neste Estudo de Caso, optou-se por lajes maciças. O que gerou em um aumento do peso próprio dessas estruturas, e conseqüentemente um maior carregamento depositados nas vigas, isto enfim, alterando a disposição e bitolas dos aços nas vigas.

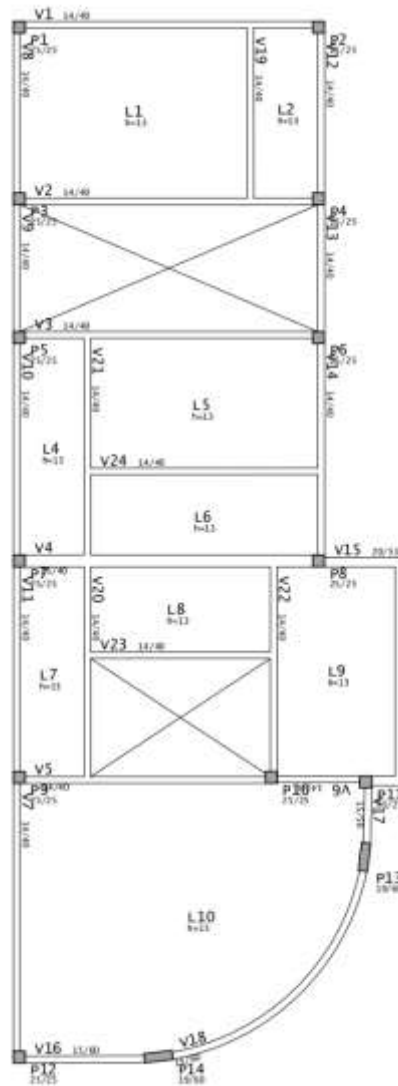


Figura 23 – Planta de forma, Pavimento Superior.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

4.2.1.3 Pavimento Cobertura

As mesmas diferenças citadas no Pavimento Superior, também se apresentam neste pavimento.

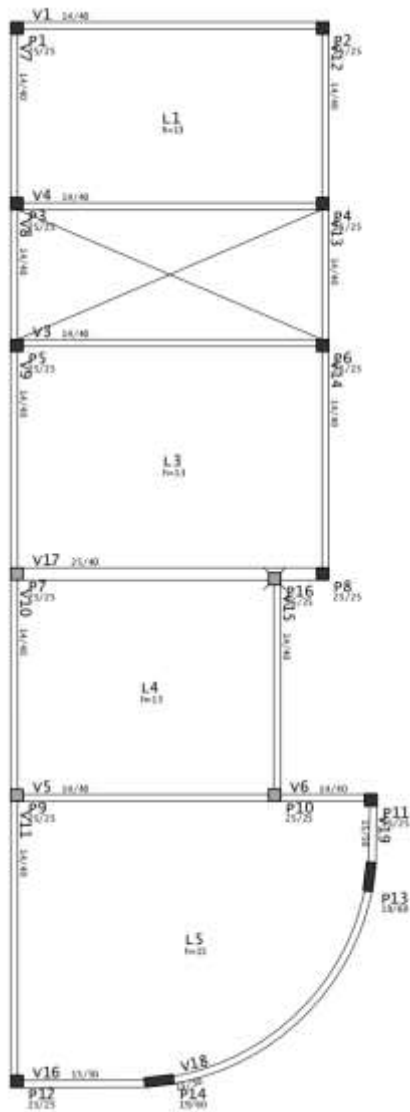


Figura 24– Planta de forma, Pavimento Cobertura.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

4.2.1.4 Pavimento ático

Neste Pavimento, não houve alterações estruturais.

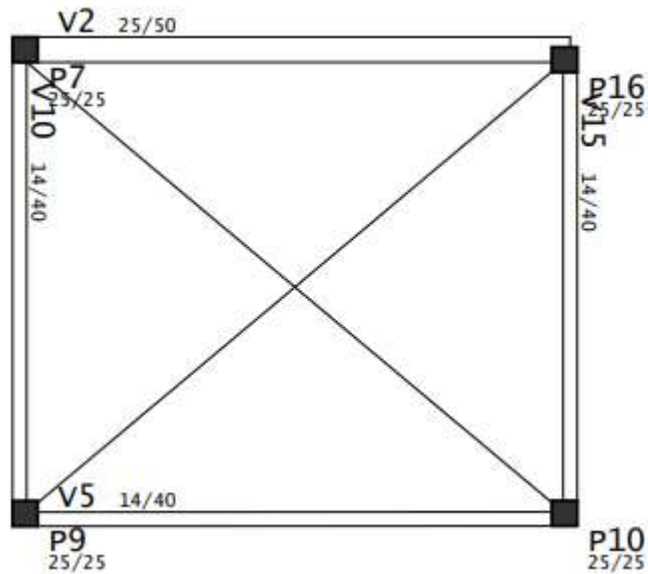


Figura 25 – Planta de forma, Pavimento Ático.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

4.2.2 Quantitativo – estudo de caso 02

O quantitativo realizado neste estudo de caso, foi retirado do novo modelo estrutural realizado pelo autor no software TQS, na Figura 18 segue um exemplo das quantidades.

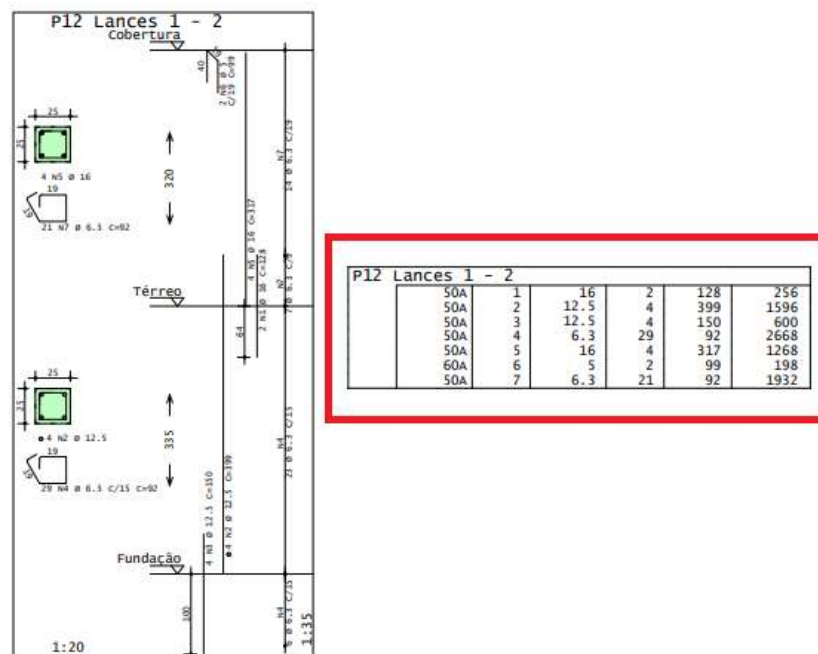


Figura 26 – Exemplo de quantitativo, Estruturas Moldadas in-loco.
Fonte: Autoria própria, adaptado do Projeto Estrutural.

A partir destas informações é possível confeccionar uma tabela referente aos insumos e serviços necessários para que se execute este projeto estrutural, e assim seja possível realizar um orçamento coerente.

Na Figura 19 está demonstrado todos os recursos necessários.

Quadro 3 – Quantitativo – Estruturas moldadas in-loco.

Quantitativo - Estruturas Moldadas in-loco			
Discriminação	Unidade	Composição	Quantidade
3 Carpinteiros de Formas	H	0,684	241,25
Prego com aço polido cabeça dupla 17x27	KG	0,027	9,52
Desmoldante	L	0,017	6,00
Madeira Pinus para caixaria de Pilares 30x1,5x300 cm	M2	-	127,7
Madeira Pinus para caixaria de Vigas 30x1,5x300 cm	M2	-	225
Aço CA 60 ø5,00mm	BR	1010	84,2
Aço CA 50 ø6,300mm	BR	918	76,5
Aço CA 50 ø8,00mm	BR	212	17,7
Aço CA 50 ø10,00mm	BR	686	57,2
Aço CA 50 ø12,50mm	BR	493	41,1
Aço CA 50 ø16,00mm	BR	530	44,2
Aço CA 50 ø20,00mm	BR	244	20,3
Concreto usinado fck 25MPA para lanç. Mec, c/ vibração.	M3	-	20,0

Fonte: Autoria própria, adaptado do SINAPI.

4.2.3 – Orçamento – estudo de caso 02

Levantado o quantitativo necessário, referente aos insumos e serviços, foi possível então apresentar estes elementos à algumas empresas da cidade e região do Sudoeste Paranaense, e também os conferir com valores apresentados na SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), e assim compará-los ao sistema estrutural do Estudo de Caso 01.

O próximo quadro apresenta o orçamento de uma construtora e incorporadora situada no município de Pato Branco, que será chamada de Empresa A.

Neste caso em particular, foi passado o quantitativo para a empresa e ela retornou com os índices próprios para que o autor completasse o orçamento e adicionasse o valor de 12% de BDI.

Quadro 4 – Orçamento – Estruturas moldadas in-loco – Empresa A.

Orçamento - Moldadas in loco - Empresa A					
Discriminação	Unidade	Composição	Preço Unitário	Quantidade	Total
3 Carpinteiros de Formas	H	0,684	R\$ 37,35	241,45	R\$ 9.018,23
Prego com aço polido cabeça dupla 17x27	KG	0,027	R\$ 26,00	10,00	R\$ 260,00
Desmoldante	L	0,017	R\$ 13,88	6,00	R\$ 83,29
Madeira Pinus para caixa de Pilares 30x1,5x300 cm	M2	-	R\$ 29,90	128	R\$ 3.827,20
Madeira Pinus para caixa de Vigas 30x1,5x300 cm	M2	-	R\$ 29,90	225	R\$ 6.727,50
Aço CA 60 ø5,00mm	BR	-	R\$ 18,58	1010	R\$ 1.563,82
Aço CA 50 ø6,30mm	BR	-	R\$ 25,91	918	R\$ 1.982,12
Aço CA 50 ø8,00mm	BR	-	R\$ 41,77	212	R\$ 737,94
Aço CA 50 ø10,00mm	BR	-	R\$ 62,29	686	R\$ 3.560,91
Aço CA 50 ø12,50mm	BR	-	R\$ 92,59	493	R\$ 3.803,91
Aço CA 50 ø15,00mm	BR	-	R\$ 137,35	530	R\$ 6.066,29
Aço CA 50 ø20,00mm	BR	-	R\$ 225,90	244	R\$ 4.593,30
Concreto usinado fck 25MPa para lanc. Mec. e vibração	M3	-	R\$ 453,00	20	R\$ 9.060,00

Custo Total	
R\$	51.284,50

Orçamento Final com BDI Incluso	
R\$	57.438,64

Fonte: Autoria própria.

A Empresa A, portanto, baseando-se em seus próprios dados e valores, apresenta um orçamento total para o serviço de R\$ 57.438,64 (cinquenta e sete mil, quatrocentos e trinta e oito reais e sessenta e quatro centavos), com BDI incluso.

Continuada a pesquisa de mercado, foi consultada outra empresa construtora do município de Pato Branco, representada pelo nome Empresa B. Sua tabela orçamentária está representada no quadro abaixo.

Quadro 5 – Orçamento – Estrutura moldada in-loco – Empresa B

Orçamento - Moldadas in loco - Empresa B					
Discriminação	Unidade	Composição	Preço Unitário	Quantidade	Total
3 Carpinteiros de Formas	H	0,684	R\$ 45,00	241,45	R\$ 10.865,34
Prego com aço polido cabeça dupla 17x27	KG	0,027	R\$ 25,00	10,00	R\$ 250,00
Desmoldante	L	0,017	R\$ 13,00	6,00	R\$ 78,01
Madeira Pinus para caixaria de Pilares 30x1,5x300 cm	M2	-	R\$ 31,12	128	R\$ 3.983,36
Madeira Pinus para caixaria de Vigas 30x1,5x300 cm	M2	-	R\$ 31,12	225	R\$ 7.002,00
Aço CA 50 #5,00mm	BR	-	R\$ 18,10	1010	R\$ 1.523,42
Aço CA 50 #6,3,00mm	BR	-	R\$ 24,39	918	R\$ 1.865,84
Aço CA 50 #8,00mm	BR	-	R\$ 40,76	212	R\$ 720,09
Aço CA 50 #10,00mm	BR	-	R\$ 58,67	686	R\$ 3.953,97
Aço CA 50 #12,50mm	BR	-	R\$ 93,44	493	R\$ 3.838,83
Aço CA 50 #16,00mm	BR	-	R\$ 137,39	530	R\$ 6.068,06
Aço CA 50 #20,00mm	BR	-	R\$ 221,20	244	R\$ 4.497,73
Concreto usinado fck 25MPa para lanç. Mec. c/ vibração.	M3	-	R\$ 473,00	20	R\$ 9.460,00

Custo Total	
R\$	51.506,64

Orçamento Final com BDI Incluso	
R\$	60.997,57

Fonte: Autoria própria.

O orçamento passado pela Empresa B, com seus respectivos dados e índices apresentou o valor global de R\$ 60.997,57 (sessenta mil, novecentos e noventa e sete reais e cinquenta e sete centavos), com o BDI incluso.

Tem-se, portanto, uma diferença entre os orçamentos da Empresa A e Empresa B no valor de R\$ 3.558,93 (três mil, quinhentos e cinquenta e oito reais e noventa e três centavos). Devido a diferença de preços nos seus serviços e materiais, bem como o BDI utilizado por cada empresa.

Para continuar a pesquisa de mercado e encontrar possíveis disparidades de preços nos orçamentos, também foi consultada a tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices).

Para isso, foi necessário transformar os quantitativos de aço que anteriormente estavam apresentados em barras (BR) para quilos (Kg).

Quadro 6 – Orçamento – Estrutura moldada in-loco - SINAPI

Orçamento - Moldadas in-loco - SINAPI					
Item	Descrição	Unidade	Preço	Quantidade	Valor Final
92759	Armação de Pilar ou Viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando CA 60 3,0mm	KG	R\$ 18,25	139	R\$ 2.536,75
92760	Armação de Pilar ou Viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando CA 50 6,3mm	KG	R\$ 17,56	209	R\$ 3.670,04
92763	Armação de Pilar ou Viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando CA 50 8,0mm	KG	R\$ 16,75	69	R\$ 1.155,75
92762	Armação de Pilar ou Viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando CA 50 10,0mm	KG	R\$ 15,13	404	R\$ 6.112,53
92763	Armação de Pilar ou Viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando CA 50 12,5mm	KG	R\$ 12,25	446	R\$ 5.471,10
92764	Armação de Pilar ou Viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando CA 50 16,0mm	KG	R\$ 12,33	807	R\$ 9.950,31
92765	Armação de Pilar ou Viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando CA 50 20,0mm	KG	R\$ 13,97	600	R\$ 8.395,97
92720	Concretagem de Pilares, fck 25 Mpa, com uso de bomba em edificação com seção média de pilares menor ou igual a 0,25m² - lançamento, adensamento e acabamento	M3	R\$ 426,00	20	R\$ 8.520,00
92843	Montagem e desmontagem de formas de pilares retangulares e estruturas similares, em chapa de madeira compensada platicada, 18 utilizações	M2	R\$ 39,88	313	R\$ 12.482,44

Custo Total	
R\$	38.554,88

Orçamento Final com BDI incluso	
R\$	66.167,01

Fonte: Autoria própria.

Chegou-se então ao valor orçamentário final, através da SINAPI, de R\$ 66.167,01 (sessenta e seis mil, cento e sessenta e sete reais e um centavo), com BDI incluso.

Cabe ressaltar que todos os orçamentos foram realizados exatamente com os mesmo serviços e materiais.

Para fins de comparação, será realizado um valor médio entre os orçamentos obtidos, e tornar-se a este valor como o definitivo para as estruturas moldadas in-loco.

Quadro 7 – Orçamentos em empresas de estruturas convencionais.

Quadro de Orçamentos	
Empresa	Preço Total
A	R\$ 57.438,64
B	R\$ 60.997,47
SINAPI	R\$ 66.167,01
Preço Médio	R\$ 61.534,37

Fonte: Autoria própria.

Portanto, o valor de referência para estruturas moldadas in-loco será de R\$ 61.534,37 (sessenta e um mil, quinhentos e trinta e quatro reais e trinta e sete centavos).

4.3 Comparação de Orçamentos

Realizados os orçamentos para os dois estudos de casos, foi possível efetuar a comparação entre os resultados. Assim, a obra no sistema convencional atingiria um custo médio de R\$ 61.534,37, enquanto o sistema pré-fabricado apresentaria um custo médio de R\$ 57.968,89.

Apesar da pequena diferença na comparação dos orçamentos, evidencia-se que para esta edificação, o sistema de pré-fabricação é 5,79% mais econômico.

Além disso, com os resultados obtidos pôde-se chegar em algumas métricas interessantes.

A edificação possui uma área total construída de 370,33m², porém a área do projeto em que engloba as estruturas dos Estudos de Casos deste trabalho é de 264,76m² considerando os dois pavimentos. Com isso, podemos calcular o custo das estruturas por metro quadrado executado.

Dividindo o custo médio de R\$ 57.968,89 por 264,76m², tem-se que o valor médio do sistema de pré-fabricação é R\$ 218,95 (duzentos e dezoito reais e noventa e cinco centavos) por metro quadrado.

Enquanto, dividindo-se também o custo médio do sistema convencional de R\$ 61.534,37 pela mesma área, chegou-se ao valor de R\$ 232,42 (duzentos e trinta e dois reais e quarenta e dois centavos) por metro quadrado.

Identifica-se, que além do sistema pré-fabricado para este empreendimento apresentar maior viabilidade econômica, outras características também devem ser levadas em consideração, como por exemplo, durabilidade, reutilização de fôrmas, canteiro de obra reduzido e principalmente velocidade de montagem.

Com acentuada velocidade de montagem o sistema de pré-fabricação é capaz de finalizar a obra antecipadamente, o que impactaria diretamente os custos diretos e indiretos do empreendimento. Pois, com menor tempo de execução da obra, menor será o tempo em que a empresa ficará despendendo com, por exemplo, mão de obra, aluguéis, transportes etc.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas construtivos convencionais e de pré-fabricação, em geral, apresentam custos muito parecidos. Em termos de agilidade, controle de qualidade, planejamento e estimativa de prazo, nota-se que a pré-fabricação mostra um resultado mais satisfatório e apresenta algumas vantagens em relação ao sistema convencional.

A partir dos valores obtidos com pesquisa de mercado, constatou-se uma diferença de 5,79% entre os sistemas construtivos, sendo a pré-fabricação a opção mais econômica financeiramente.

Conclui-se também que apenas aspectos econômicos dos quantitativos não são isoladamente conclusivos para se avaliar o melhor custo-benefício em uma obra, deve-se também analisar outras características como tempo e velocidade de montagem.

6 REFERENCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2013). NBR 15575: Edificações Habitacionais. Rio de Janeiro. ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2014). NBR 6118: Projeto de estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT.

El Debs, Mounir Khalil. (2017). **Concreto Pré-moldado: fundamentos e aplicações**. Cubatão.

VASCONCELOS, Augusto Carlos. (2002). **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo

SALAS, S. J. (1988). **Construção Industrializada: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Bruna, Paulo (1976). Arquitetura, **Industrialização e Desenvolvimento** – EDUSP/Perspectiva, Coleção Debates, número 135, São Paulo.

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. (2015) **Manual da Construção Industrializada**. Brasília.

VAN ACKER, Arnold (2002). **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**.

PADOVEZE, Clóvis Luís. **Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil**. 3.ed São Paulo: Atlas, 2000. 414 p.

LUNKES, Rogério João. **Manual de orçamento**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MATTOS, Aldo D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas**, estudos de caso, exemplos. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

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

COSTA, Michelle Cristina de Freitas. **A Industrialização da Construção Habitacional Através do Sistema Construtivo Paredes de Concreto Fabricadas In Loco**. 2013. 77p. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais Belo horizonte, Belo Horizonte

BASTOS, P. S. S. Notas de aula: Fundamentos do concreto protendido. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Bauru, SP, 2019. Disponível em: < www.feb.unesp.br/pbastos>.

TISAKA, Maçahico. **Metodologia de cálculo da taxa do BDI e custos diretos para a elaboração do orçamento na construção civil**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Engenharia. 2009. 24 p.

TCPO: tabelas de composição de preços para orçamentos. 13. ed. São Paulo: Pini: 2010.

CAZZO, Rafael Luiz. **Lajes Protendidas – Aplicações em Geral**. Itatiba, Universidade São Francisco, 2008.

NASCIMENTO, André Luiz. **Avaliação do BDI em relação aos fatores, métodos e conceitos aplicados em obras públicas na cidade de Campos Mourão-PR**. Campo Mourão, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Campo Mourão, 2008.

PEDERIVA, Paulo Fernando. **Comparação de Custos Envolvidos na Construção de Pavilhões com Estruturas Pré-moldadas e Moldadas in-loco**. Ijuí, Universidade Regional do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.