

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MARCOS VINÍCIUS PAGOTO
RODRIGO JUNIOR DA MOTTA CAMICIA**

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS ENTRE
ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS E MOLDADAS *IN LOCO***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2013

MARCOS VINÍCIUS PAGOTO
RODRIGO JUNIOR DA MOTTA CAMICIA

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS ENTRE
ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS E MOLDADAS *IN LOCO***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil, da
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr.
NeyLyzandroTabalipa

PATO BRANCO
2013



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS ENTRE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS E MOLDADAS *IN LOCO*

MARCOS VINÍCIUS PAGOTO

RODRIGO JUNIOR DA MOTTA CAMÍCIA

Aos 13 dias do mês de março do ano de 2013, às 13:00 horas, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 09-TCC/2013.

Orientador: Prof. Dr. NEY LYZANDRO TABALIPA (COECI / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^a. Dr^a. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI (COECI / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. CLEOVIR JOSÉ MILANI (COECI / UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por sempre iluminar nossos caminhos e por fazer com que mais esse sonho se realizasse.

Agradecemos, em especial, nossos familiares que são a base da nossa vida e nos apoiaram em todos os momentos necessários.

Aos nossos amigos e colegas de classe, que nos acompanharam nessa caminhada, vivendo todas as etapas e momentos difíceis conosco até aqui.

À nossos professores, futuros colegas, por terem se tornado grandes amigos permitindo que continuássemos e chegássemos até o final.

Enfim, à todos que, de uma maneira ou de outra, participaram e ajudaram para que este sonho tornasse realidade.

Nunca se afaste dos seus sonhos.

*Porque se eles forem, você continuará vivendo,
mas terá deixado de existir.*

(Mark Twain)

RESUMO

Algumas alternativas vêm surgindo para industrializar a construção civil. Elementos pré-moldados são opções, associando rapidez na execução, rígido controle de qualidade e alto nível organizacional da produção. Neste trabalho realizou-se uma comparação de custos de execução entre estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco*, para uma residência de 2 pavimentos. Para os resultados, a metodologia utilizada foi de pesquisa de mercado, solicitando orçamentos de empresas especializadas na área, tanto de estruturas pré-moldadas como de estruturas moldadas *in loco*. Fazendo um custo médio do orçamento de ambos os processos construtivos, chegou-se a um valor 4% mais caro para a estrutura pré-moldada. Esta, mesmo sendo mais caro, foi considerada vantajosa para o estudo de caso realizado. A vantagem econômica não pode se restringir somente ao custo bruto da construção, devendo-se levar em consideração o tempo de execução, controle de qualidade e confiabilidade de materiais e processo construtivo, otimização da obra, que geram economias no canteiro de obras, com mão de obra e diminuem os desperdícios.

Palavras chave: orçamentos, pré-moldado, *in loco*, vantagens e desvantagens.

ABSTRACT

Some alternatives are emerging to industrialize construction. Precast elements are an option, combining speed of execution, strict quality control and high organizational level of production. In this work, we carried out a comparison of execution costs between precast structures and molded on the spot for a residence of 2 floors. To obtain the results, the methodology used was market research, requesting budgets of companies specializing in the area of both structures as precast structures molded on the spot. Making a budget

average cost of both construction processes, we have reached a value 4% more expensive for the precast structure. The precast, even though more expensive, it was considered advantageous for the study case. The economic advantage can not be restricted only to the gross cost of construction should take into consideration the time of execution, quality control and reliability of materials and construction process, optimization of the work, which generate savings in construction site, with hand labor and decrease waste.

Keywords: budgets, precast, in situ, advantages and disadvantages.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Tipos de Ligações entre o pilar e a fundação.....	17
Figura 02 - Laje Alveolar	19
Figura 03 - Elementos da laje alveolar.....	20
Figura 04 - Planta de Localização	22
Figura 05 - Planta Baixa Pavimento Térreo	23
Figura 06 - Planta Baixa Pavimento Superior.....	23
Figura 07 - Pavimento Térreo.....	26
Figura 08 - Pavimento Térreo.....	28
Figura 09 - Pavimento Térreo.....	29
Figura 10 - Pavimento Térreo.....	30
Figura 11 - Gráfico de Orçamentos Pré-Moldado	32
Figura 12 - Planta das sapatas	33
Figura 13 - Planta de locação dos pilares	34
Figura 14 - Planta de fôrmas das vigas baldrame	35
Figura 15 - Fôrmas de vigas e indicação das lajes do pavimento superior	36
Figura 16 - Fôrmas das cintas de amarração e indicação laje caixa d'água	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Quantitativos Pré-moldado	31
Tabela 02 - Orçamentos.....	32
Tabela 03 - Serviços para a execução da estrutura moldada "in loco"	38
Tabela 04 - Orçamento Empresa A.....	39
Tabela 05 - Orçamento Empresa B.....	41
Tabela 06 - Orçamento baseado nas planilhas SEOP e SINAPI/2012	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo Geral	11
1.2	Objetivos Específicos.....	12
1.3	Justificativa.....	12
2	ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA.....	13
2.1	Histórico do Pré-Moldado	13
2.1.1	Pré-Moldado no Brasil.....	15
2.2	Estruturas Pré-Moldadas– Informações Técnicas.....	16
2.2.1	Elementos Estruturais	17
3	Metodologia	21
3.1	Apresentação do Projeto Arquitetônico	22
3.2	Estudos de caso	24
3.2.1	Estudo de caso 01 – Estrutura pré-moldada	24
3.2.2	Estudo de caso 02 – Estrutura moldada <i>in loco</i>	25
4	Resultados e Discussões.....	27
4.1	Estudo de caso 01.....	27
4.1.1	Projeto Estrutural Pré-Moldado.....	27
4.1.2	Orçamento.....	30
4.2	Estudo de caso 02.....	32
4.2.1	Apresentação do projeto estrutural.....	33
4.2.2	Orçamento.....	37
4.3	Comparações de Orçamentos	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
6	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é considerada atrasada por muitos, quando comparada a outros ramos industriais, por apresentar grande desperdício de materiais, baixo controle de qualidade e ausência de uma linha de produção, tratando-a de uma maneira generalizada.

Parafraseando Sabbatini (1989), pode-se dizer que o caminho natural da construção civil é aperfeiçoar-se como indústria, ou seja, industrializar-se, para a construção, é sinônimo de evoluir.

É preciso agrupar as novas ideias e propostas de racionalização do processo construtivo com as técnicas tradicionais que ainda imperam como maioria. A partir daí podemos considerar que a pré-fabricação é uma forma de reduzir esse atraso e associar suas técnicas com a utilização de elementos pré-moldados de concreto.

Além da pré-fabricação, outras propostas buscam industrializar a construção civil, como os controles de qualidade de produção, controle de materiais, treinamentos de funcionários, etc. Mas dentre estes, a pré-fabricação traz a construção civil o 'ar industrial' da produção em série, englobando os aspectos e ideias de controle da produção, materiais e mão de obra.

A construção civil é tradicional, é cautelosa. Muitas resistências aparecem para novas tecnologias, mas paulatinamente elas vêm sendo superadas. Um estudo mais aprofundado sobre o assunto pode ajudar a esclarecer dúvidas a respeito. A comparação das novas técnicas com a tradicional pode fornecer o conhecimento necessário para que se possa escolher dependendo de cada situação em separado.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de comparação técnica e econômica entre a execução de obras com estruturas pré-fabricadas e estruturas moldadas *in loco*, em concreto armado, possibilitando a tomada de decisões sobre a utilização de ambos os casos.

1.1 Objetivo Geral

- Realizar um estudo técnico e econômico sobre estruturas pré-fabricadas e moldadas *in loco*, a fim de compará-las e entender qual seria a mais adequada para determinado caso.

1.2 Objetivos Específicos

- Revisar bibliograficamente o tema (histórico, tipos, peculiaridades);
- Apresentar estudo de caso do tipo pré-fabricado e do tipo moldado *in loco*;
- Definir vantagens e desvantagens técnicas e econômicas, comparando os casos estudados.

1.3 Justificativa

Devido ao grande desperdício de materiais, a baixa produtividade e pouco controle de qualidade, a construção civil é considerada uma indústria atrasada em comparação a outros setores industriais.

Nesse contexto, é cada vez mais importante a racionalização das técnicas construtivas, que buscam proporcionar a redução de custos, bem como o aumento da produtividade.

Atualmente existe uma tendência ao uso de estruturas pré-moldadas no lugar da estrutura feita *in loco*, porém são necessários estudos sobre situações em que deve ser empregado tal processo e até que ponto existe vantagens e desvantagens entre as duas estruturas.

Na região Sudoeste do Estado do Paraná, estudos que discutam realmente a possibilidade ou não da execução de uma estrutura pré-moldada ainda são escassos. Pesquisar-se-á a respeito com o objetivo de conhecimento próprio na área e, também, proporcionando-o ao leitor.

Uma edificação bem planejada gera maior porcentagem de lucro para quem constrói. A opção pelos métodos pouco convencionais podem trazer benefícios, mas para isso deve-se ter um bom conhecimento a respeito. Daí a importância deste estudo. Tendo a base fundamentada sobre o processo construtivo a ser utilizado, é possível analisar se este é viável e vantajoso para determinadas situações.

Esta pesquisa limitou-se a analisar as estruturas pré-moldadas e as estruturas convencionais, com base em revisão bibliográfica. Posteriormente realizou-se um estudo de caso comparativo, entre os métodos apresentados, aplicando a uma mesma estrutura ambos os sistemas pesquisados.

Para a resolução dos objetivos foram necessários projetos adequados que pudessem ser analisados sob as duas formas, com estrutura moldada in loco ou pré-fabricada. Os custos foram levantados junto ao mercado local. Desta forma, sendo estes os subsídios necessários, atrelados ao conhecimento sobre orçamento, o estudo tem sua viabilidade garantida.

2 ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA

2.1 Histórico do Pré-Moldado

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 (Vasconcelos, 2002).

Ainda segundo Vasconcellos (2002), acredita-se que a primeira aplicação de elementos pré-moldados em estruturas de edificações foi realizada na França, em 1981, utilizando-se vigas pré-moldadas na construção do Cassino de Biarritz. Na primeira década do século XX, principalmente nos EUA e Europa, houve grandes avanços na tecnologia de concreto pré-moldado, tais como:

- Em 1900, surgiram nos EUA os primeiros elementos pré-moldados de grandes dimensões para cobertura;
- Foram executados elementos pré-moldados de pisos para um edifício de quatro andares nos EUA, em 1905;
- foram produzidos, em 1906, os primeiros elementos pré-fabricados na Europa, que foram treliças e estacas de concreto armado;
- a Edison Portland Corporation, pertencente a Thomas Alva Edson, em 1907, produziu, no canteiro, todas as peças pré-moldadas para construção de um edifício industrial nos EUA;

Além disso, de acordo com Vasconcelos (2002), o período correspondente ao final do século XIX e início do século XX foi marcado pelo grande incremento do emprego do concreto armado na Construção Civil. Dessa época até o final da IIª Guerra Mundial em 1945, o desenvolvimento da pré-moldagem acompanhou o desenvolvimento do concreto armado e protendido, havendo exemplos notáveis principalmente na construção de galpões. Porém, após o final deste conflito, foi que

ocorreu o grande impulso das aplicações do concreto pré-moldado na Europa, principalmente em habitações, galpões e pontes. As principais razões desse impulso foram a necessidade de construções em larga escala, a escassez de mão-de-obra e o desenvolvimento da tecnologia do concreto protendido. Esse desenvolvimento concentrou-se inicialmente na Europa Ocidental e depois na Europa Oriental.

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 grandes 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 grandes 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.

2.1.1 Pré-Moldado no Brasil

Como o Brasil não sofreu devastações durante a Segunda Guerra Mundial, não houve a necessidade de construções em grande escala, como ocorrido na Europa. Desta forma, Vasconcellos (2002), afirma que a primeira grande obra onde se utilizou elementos pré-fabricados no Brasil, refere-se ao hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro.

A empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com sucursal no Brasil, executou em 1926 a obra completa do hipódromo, com diversas aplicações de elementos pré-fabricados, dentre eles, pode-se citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo. Nesta obra o canteiro de pré-fabricação teve de ser minuciosamente planejado para não alongar demasiadamente o tempo de construção. Porém, a preocupação com a racionalização e a industrialização de sistemas construtivos teve início apenas no fim da década de 50. Nesta época, como mencionado por VASCONCELOS (2002), na cidade de São Paulo, a Construtora Mauá, especializada em construções industriais, executou vários galpões pré-moldados no próprio canteiro de obras. Em alguns foram utilizados o processo de executar as peças deitadas umas sobre as outras numa seqüência vertical, separando-as por meio de papel parafinado. Não era necessário esperar que o concreto endurecesse, para então executar a camada sucessiva. Esse procedimento economizava tempo e espaço no canteiro, podendo ser empilhadas até 10 peças. As fôrmas laterais iam subindo à medida que o concreto endurecia, reduzindo assim a extensão do escoramento. Tal procedimento dava uma grande produtividade à execução das peças. Terminava a primeira pilha de 10 peças, cada peça tornava-se, ao ser removida, a 'semente' de uma nova pilha de 10 a ser 'plantada' em outro lugar. Assim, multiplicava-se a produção de peças iguais.

Em relação à pré-fabricação de edifícios de vários pavimentos, com estrutura reticulada, a primeira tentativa, segundo VASCONCELOS (2002), parece ter sido a do Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo - CRUSP da cidade universitária Armando Salles de Oliveira, em São Paulo. Trata-se do conjunto residencial da USP de 1964, constituído de doze prédios com doze pavimentos, projetados pelo Fundo de Construção da Universidade de São Paulo – FUNDUSP, para abrigar estudantes de outras cidades que ingressaram na mesma. Durante a

execução, a empresa responsável pela obra pré-fabricada executou um trabalho perfeito, mas teve que resolver inúmeros problemas decorrentes da falta de treinamento dos operários, que nunca haviam trabalhado antes num processo construtivo tão diferente. Nesta obra as peças foram fabricadas no canteiro de obra, onde existia espaço de sobra para a produção e armazenagem. Este foi um elemento altamente favorável, o que não acontece atualmente em obras situadas em centros populosos das cidades.

Para Portela (2003), o concreto pré-fabricado sempre se mostrou ao mundo como sinônimo de obras incrivelmente rápidas, mas, em contrapartida, de arquitetura padronizada e custos altos. Os pré-moldados de concreto se tornaram mais flexíveis e competitivos, mas ainda não parecem ter conquistado a total credibilidade no Brasil. Apesar do grupo de empresas monitorado pela ABCIC (Associação Brasileira de Construção Industrializada em Concreto) ter crescido 5% em relação ao ano passado - enquanto o setor de construção civil em geral teve queda de 6,5% a participação do segmento de pré-fabricados na produção de concreto nacional ainda não ultrapassou a barreira dos 5%.

Para Melo (2004), além de restrições tecnológicas, o sistema ainda enfrenta obstáculos culturais. Por conta disso, o desafio é mostrar que o pré-moldado não é uma solução alternativa, mas sim um conceito construtivo. Quando se constrói com pré-moldado não há abandono do concreto convencional, muda apenas o jeito de construir, que passa a ser menos passível de falhas e, portanto, mais racional, compatível com as exigências de crescente industrialização da construção.

2.2 Estruturas Pré-Moldadas– Informações Técnicas

A NBR 9062 (ABNT, 2006), que trata de estruturas pré-moldadas especificamente, traz algumas definições, diferenciando os tipos de estruturas. A citada norma esclarece e define como:

- Elemento pré-moldado: elemento executado fora do local de utilização de definitiva, com controle de qualidade.

- Elemento pré-fabricado: elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo sendo em instalações provisórias, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Pederiva (2009), considera que todas as vantagens do concreto pré-moldado serão potencializadas se a estrutura for concebida de acordo com uma filosofia específica do projeto. Os projetistas devem considerar possibilidades, as restrições e as vantagens do concreto pré-moldado, produção, transporte e montagem, antes de finalizar um projeto estrutural.

2.2.1 Elementos Estruturais

2.2.1.1 Fundação

Os elementos de fundação para estruturas pré-moldadas diferem do modelo convencional, pois no caso de estruturas moldadas *in loco*, os pilares são engastados no bloco de fundação, o que não ocorre nas pré-moldadas.

Jaguaribe (2005) nos fala que existem basicamente quatro tipos de ligações entre o pilar e a fundação, que são:

- Cálice;
- Chapa de base;
- Emenda de armadura com bainha e graute;
- Emenda de armadura saliente e concretagem posterior

Essas ligações citadas são representadas pela Figura 01.

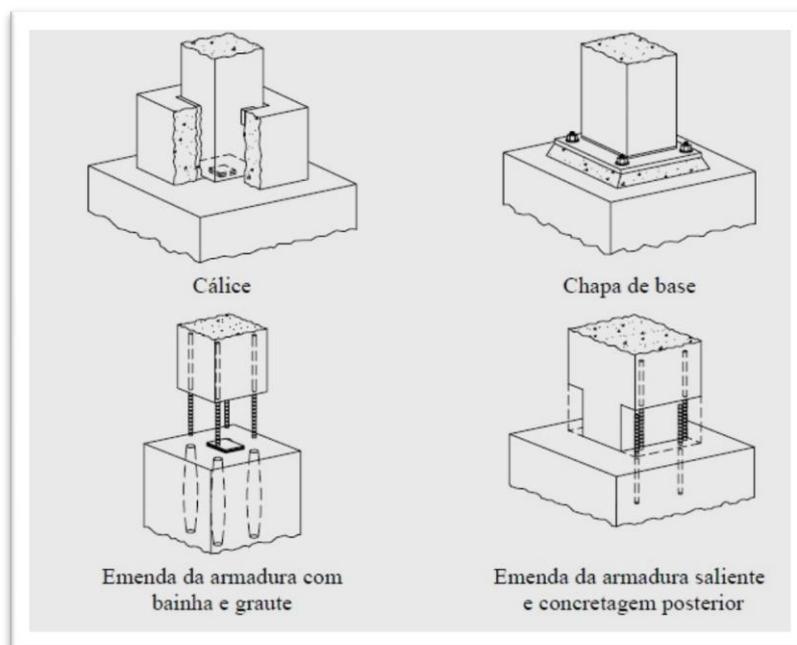


Figura 01 - Tipos de Ligações entre o pilar e a fundação
Fonte: Adaptado de JAGUARIBE (2005).

Jaguaribe (2005) define a ligação pilar-fundação do tipo cálice, como sendo realizada embutindo-se um trecho do pilar – chamado de comprimento de embutimento – em uma abertura do elemento de fundação, de modos que estes elementos se encaixem. Após a colocação do pilar a ligação é efetivada preenchendo-se os espaços vazios com graute. De acordo com Ramalho (2003), o graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluído, eventualmente necessário para o preenchimento de vazios.

Jaguaribe (2005) cita ainda as principais vantagens do cálice de fundação, em relação aos outros tipos, sendo eles:

- Rapidez na etapa de montagem dos pilares;
- Facilidade nos ajustes dos desvios de execução;
- Não exige maior cuidado com agentes corrosivos, pois não apresenta armaduras expostas.

2.2.1.2 Pilares e Vigas

2.2.1.2.1 Pilares

Segundo Manual Munte (2004) os pilares são as peças mais complexas e com maior dificuldade de execução, tanto nas definições de projeto quanto na fábrica. Os detalhes, de modo geral, são incorporados no projeto individual dos pilares e por isso mesmo eles são as peças menos padronizadas do sistema do pré-fabricado.

2.2.1.2.2 Vigas

Segundo o Manual Munte (2004) as vigas são os elementos estruturais mais bem estudados dentro do cálculo estrutural. Ainda de acordo com o autor dentro de uma estrutura em pré-moldados, as vigas devem ter a maior repetitividade possível, ou seja, devem ser projetadas com a máxima racionalidade e facilidade de execução. O projeto deve direcionar os detalhes fora de padrão para os pilares, onde serão feitos os ajustes. Este conceito é fundamental, por exemplo, nas obras que apresentam angulações diferentes de 90°.

2.2.1.3 Lajes

De acordo com El Debs (2000), as lajes pré-moldadas de uso mais comum no Brasil é a laje alveolar. A Figura 02 apresenta a laje alveolar.



Figura 02 - Laje Alveolar
Fonte: Protendit 2008 – adaptada por Migliore 2008

A laje alveolar é um elemento em geral protendido, de seção transversal com altura constante. É uma seção com vazios longitudinais (alvéolos) separados por nervuras verticais (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2005).

As lajes alveolares têm seus elementos definidos pela norma europeia como (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2005):

- Alvéolo são os furos longitudinais, distribuídos de maneira uniforme, com a finalidade de reduzir o peso próprio do elemento.
- Nervura é região de concreto entre os alvéolos ou na borda lateral da laje.

A visualização e entendimentos destes elementos são possíveis através da Figura 03:

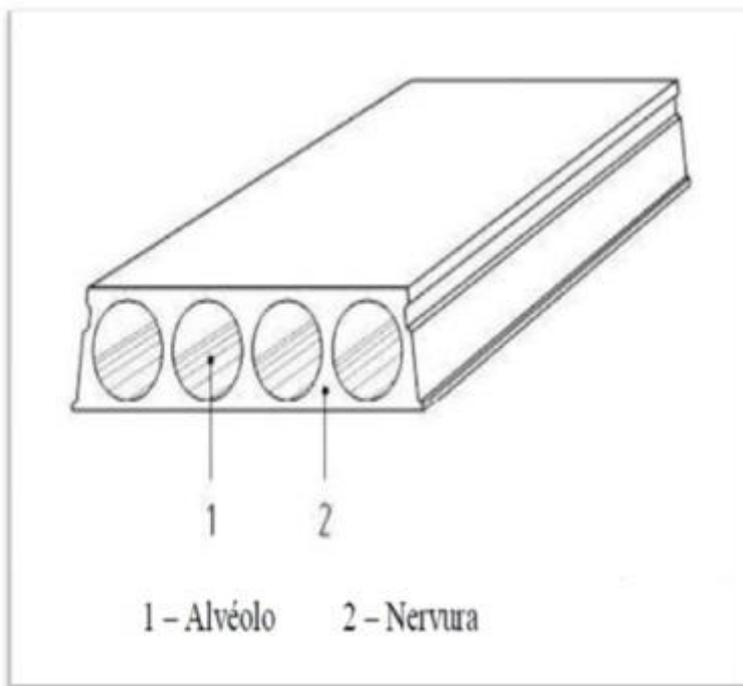


Figura 03 - Elementos da laje alveolar

Fonte: Adaptada de EUROPE COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2005.

2.2.1.3.1 Protensão – Elementos de concreto protendido

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2007) os elementos de concreto protendido são aqueles em que parte das armaduras são previamente alongadas por equipamentos especiais de protensão, com a finalidade de, em condições de serviço, limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura, propiciando, assim, o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no Estado Limite Último – ELU.

Leonhardt (1983) afirma que a resistência a tração do concreto é deficiente e, desta forma, desde o início pensou-se em colocar sob compressão as zonas tracionadas das estruturas de concreto, através de uma protensão, fazendo com que os esforços de tração anulem estas tensões de compressão antes que surjam tensões de tração no concreto. Essas tensões ocorrem devido às cargas de peso próprio e esforços atuantes.

Ainda de acordo com Leonhardt (1983), existem várias vantagens do concreto protendido em relação ao concreto armado convencional. Por empregar materiais de resistência elevada (tanto aço como o concreto), o concreto protendido permite estruturas mais esbeltas e com vãos maiores, gerando um menor peso próprio. A protensão impede que fissuras se desenvolvam no concreto ou, pelo menos, faz

com que as aberturas das fissuras limitem-se a um valor não prejudicial. Isto aumenta a durabilidade.

Segundo Pfeil (1984), os sistemas de protensão (com armaduras pré-tracionadas) são geralmente utilizados em fábricas, onde a concretagem é feita em instalações fixas, chamadas leitos de protensão. As armaduras são colocadas longitudinalmente no leito de protensão, em toda sua extensão, sendo fixadas em uma extremidade por meio de dispositivos mecânicos, geralmente constituídas por cunhas e mantidas na outra extremidade móvel. Com o auxílio de macacos hidráulicos, esticam-se as armaduras até o esforço de protensão desejado. As armaduras são fixadas na placa de ancoragem. O concreto é lançado dentro das formas, envolvendo as armaduras protendidas. Quando atingida a cura do concreto e a resistência mínima necessária, é retirada lentamente a força externa aplicada. O encurtamento das armaduras é impedido pela aderência das mesmas com o concreto, resultando nas estruturas protendidas.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo proposto o primeiro passo foi escolher uma edificação que permitisse trabalhar com os dois tipos de estruturas estudadas, a estrutura convencional moldada *in loco* e a estrutura pré-moldada.

Nesse contexto, o estudo de caso foi realizado a partir de um projeto arquitetônico que será executado, cedido por uma empresa de pré-moldados da região. O material em estudo teve autorização do proprietário e das partes envolvidas, para o uso acadêmico.

Assim, foram realizado dois estudos de casos para o mesmo projeto arquitetônico com finalidade orçamentária. O primeiro estudo de caso baseia-se em uma estrutura pré-moldada e o segundo seria a estrutura feita, convencionalmente, *in loco*.

3.1 Apresentação do Projeto Arquitetônico

Trata-se de uma edificação de dois pavimentos, com salas comerciais e garagem no térreo e apartamento residencial de alto padrão no pavimento superior.

A obra localiza-se na Rua Itabira em Pato Branco, sendo o lote 08 da quadra 535, tendo o terreno uma área de 413,92m², conforme planta de localização representada na Figura 04. A obra está sendo executada, na sua fase de fundação, com estrutura pré-moldada.



Figura 04 - Planta de Localização

Fonte: Autoria própria, adaptada do projeto arquitetônico.

A edificação com tem 437,18m² de área construída, entre os dois pavimentos. Para melhor entendimento da obra, as Figuras 05 e 06 apresentam as plantas baixas do pavimento térreo e superior, respectivamente.

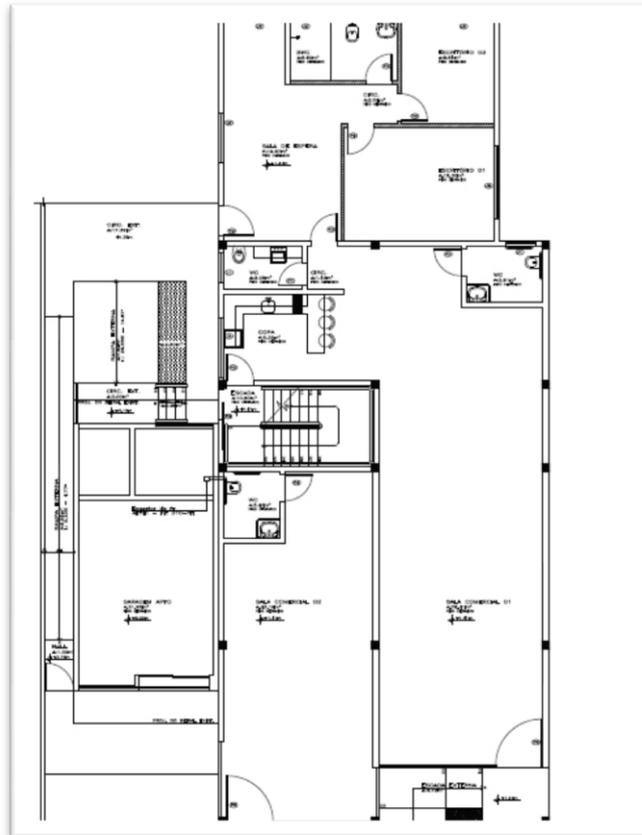


Figura 05 - Planta Baixa Pavimento Térreo
Fonte: Autoria própria, adaptada do projeto arquitetônico

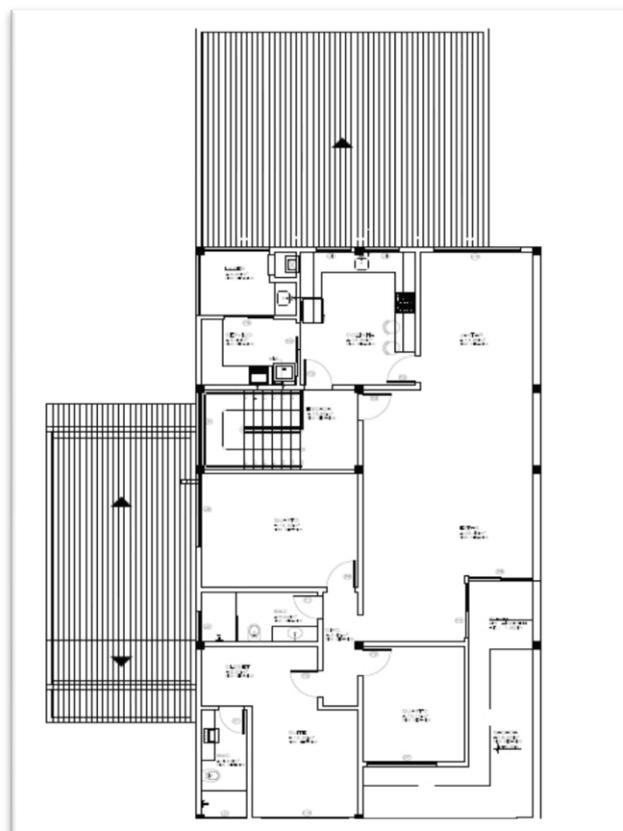


Figura 06 - Planta Baixa Pavimento Superior
Fonte: Autoria própria, adaptada do projeto arquitetônico.

A Figura 05 e Figura 06 representam o projeto arquitetônico estudado, a partir destes foram elaborados os projetos estruturais necessários para o estudo de caso. Trabalhou-se com os diferentes projetos separadamente, para compará-los posteriormente.

3.2 Estudos de caso

Será elaborado um estudo separado, tratando como “Estudo de caso 01 – Estrutura pré-moldada” e “Estudo de caso 02 – Estrutura moldada *in loco*”. Cada estrutura foi projetada de acordo com suas peculiaridades, explorando as vantagens de cada uma para, posteriormente, serem realizados orçamentos possibilitando comparações futuras.

3.2.1 Estudo de caso 01 – Estrutura pré-moldada

O estudo de caso 01 foi elaborado a partir do estrutural pré-moldado cedido pela empresa e a partir dele feito orçamento com pesquisa de preço em quatro empresas regionais.

3.2.1.1 Projeto Estrutural

O projeto estrutural pré-moldado foi cedido por uma empresa especializada em projetos estruturais, localizada em Pato Branco, a qual é a responsável pelo projeto e execução desta obra. A empresa autorizou o uso do projeto para fins acadêmicos.

A empresa utilizou o *software* CypeCad para os cálculos do projeto e nos autorizou a utilizar-se do mesmo para a elaboração do projeto da estrutura moldada *in loco*.

Nesse contexto, o projeto cedido pela empresa é composto por detalhamento de todos os elementos necessários para fabricação e montagem da obra em estudo, os mesmos detalhes e quantidades foram usados para orçamento.

3.2.1.2 Orçamento

Para o orçamento da estrutura pré-moldada adotou-se o método de pesquisa de mercado. O projeto estrutural foi enviado para quatro empresas da região de Pato Branco, especializadas neste tipo de serviço.

As empresas receberam as mesmas quantidades de serviços para orçar e retornaram com o valor global da estrutura, envolvendo sua fabricação, transporte e montagem.

3.2.2 Estudo de caso 02 – Estrutura moldada *in loco*

Para o Estudo de caso 02 foi desenvolvido o projeto estrutural para elaboração dos quantitativos e orçamento da estrutura.

3.2.2.1 Projeto estrutural

O projeto de uma estrutura é uma tarefa complexa, pois envolve várias etapas trabalhosas como análise estrutural, dimensionamento e verificação conforme as Normas Brasileiras, elaboração de desenhos claros para execução e levantamento de materiais.

Para minimizar erros de projeto e análise da estrutura foram usados os recursos do *software* CYPECAD 2009 que trabalha totalmente de acordo com as normas brasileiras, desde a análise das combinações, análise do vento e dimensionamento das peças.

Os cálculos foram baseados na NBR 6118 (ABNT, 2003) (Projeto de estruturas de concreto) que fixa os requisitos básicos exigíveis para projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais.

Nesse contexto, foi realizado um pré- lançamento da estrutura (Figura 07) e modificado a partir dos requisitos de norma e das decisões tomadas pelo grupo.

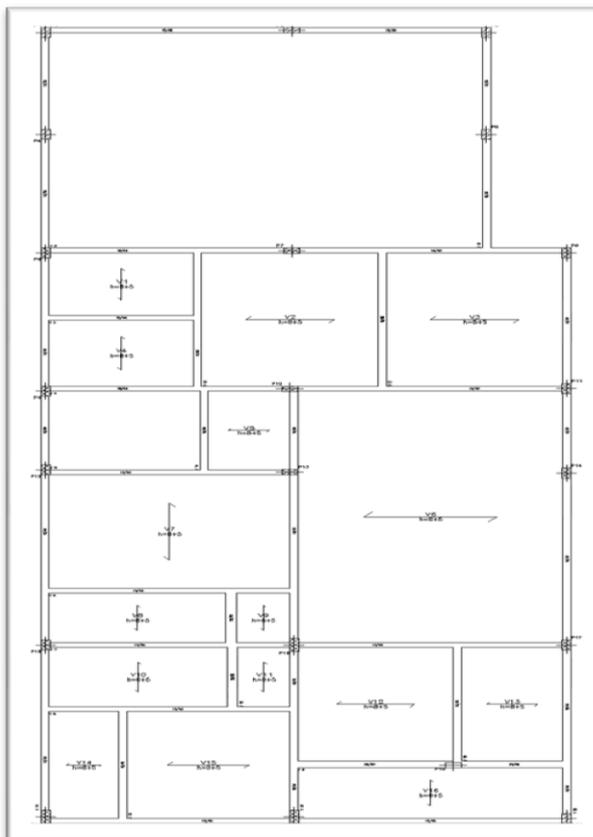


Figura 07 - Pavimento Térreo
Fonte: Autoria própria, adaptado do projeto estrutural

A Figura 07 mostra o pré-lançamento da estrutura, que inclui pilares vigas e direções das lajes assim sendo possível a utilização de software para cálculo estrutural e seus quantitativos de materiais.

3.2.2.2 Orçamento

Foi realizado orçamento da estrutura a partir dos quantitativos retirados do projeto estrutural convencional realizado. Os modelos de orçamento usados foram da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), SEOP (Secretaria de Estado de Obras Públicas) e preços utilizados por duas diferentes empresas da região.

Nesse contexto foram analisados para orçamento os itens referentes à estrutura da construção, tais como blocos de fundação, pilares e vigas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os Estudos de caso 01 e 02 com seus respectivos projetos, quantitativos e orçamentos.

4.1. Estudo de caso 01

O Estudo de caso 01 se baseou no projeto pré-moldado cedido por uma empresa especializada de Pato Branco e a partir dele foram realizados os quantitativos e pesquisas de preço no mercado local.

4.1.1 Projeto Estrutural Pré-Moldado

O projeto foi dividido por pavimentos, para melhor entendimento dos elementos pré-moldados, sendo eles Pavimento Térreo, Pavimento Superior e Pavimento Cobertura.

4.1.1.2 Pavimento Térreo

A Figura 08 mostra a planta de locação do Pavimento térreo do projeto pré-moldado.

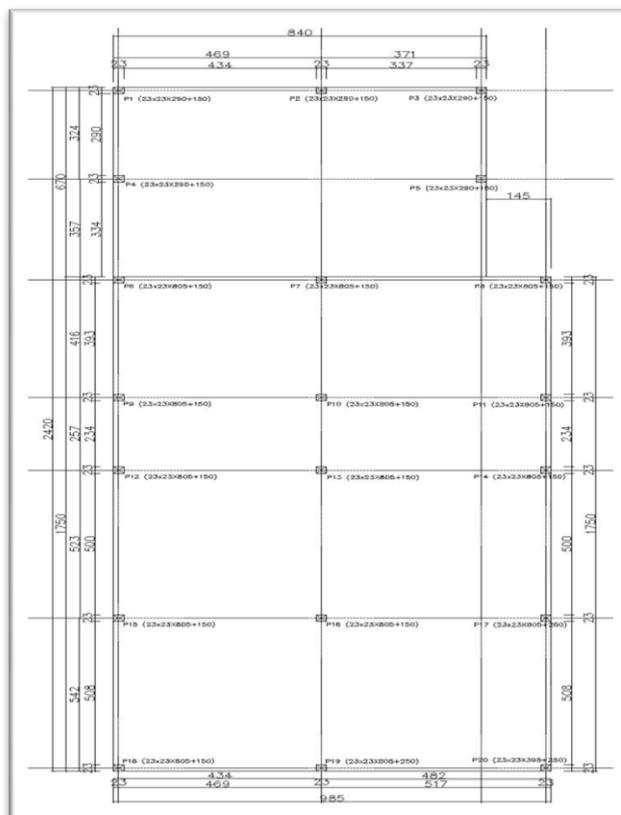


Figura 08 - Pavimento Térreo

Fonte: Autoria própria, adaptado do projeto estrutural.

Verifica-se a partir da Figura 08 que o pavimento térreo possui um total de 20 pilares apresentando dimensões de 23x23cm cada. Também se notou que não foram realizadas vigas neste pavimento, pois as mesmas foram feitas *in loco* por opção do cliente.

4.1.1.3 Pavimento Superior

A figura 09 mostra a planta de formas das vigas do Pavimento Superior do projeto pré-moldado.

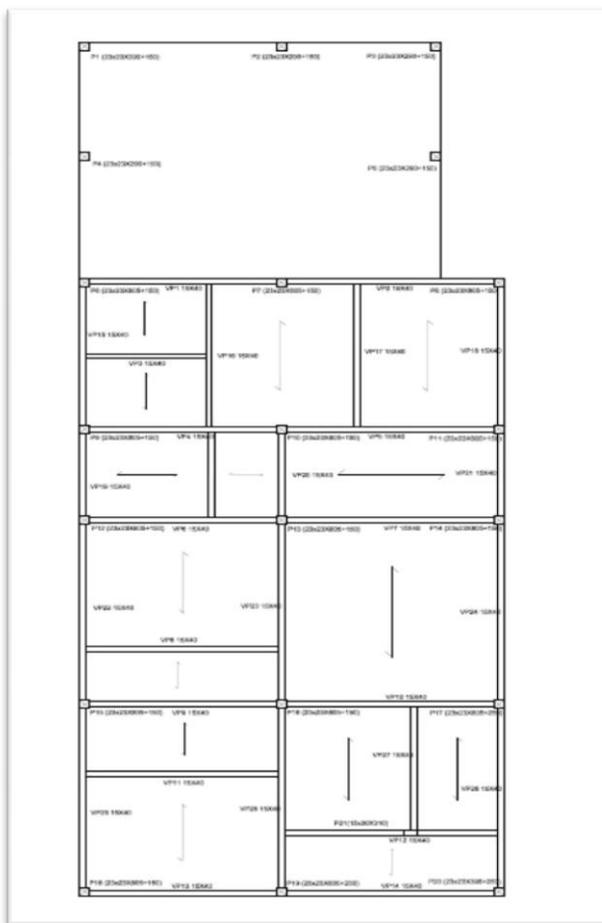


Figura 09 - Pavimento Térreo
Fonte: Autoria própria, adaptado do projeto estrutural

A Figura 09 mostra a planta do Pavimento superior do projeto pré-moldado, o mesmo possui vigas de 15x40cm, sendo que as direções de lajes foram estabelecidas pela empresa. Nota-se que no Pavimento superior seis pilares morrem na laje e um pilar nasce para o Pavimento Cobertura.

4.1.1.4 Pavimento Cobertura

A figura 10 mostra a planta do Pavimento Cobertura do projeto pré-moldado.

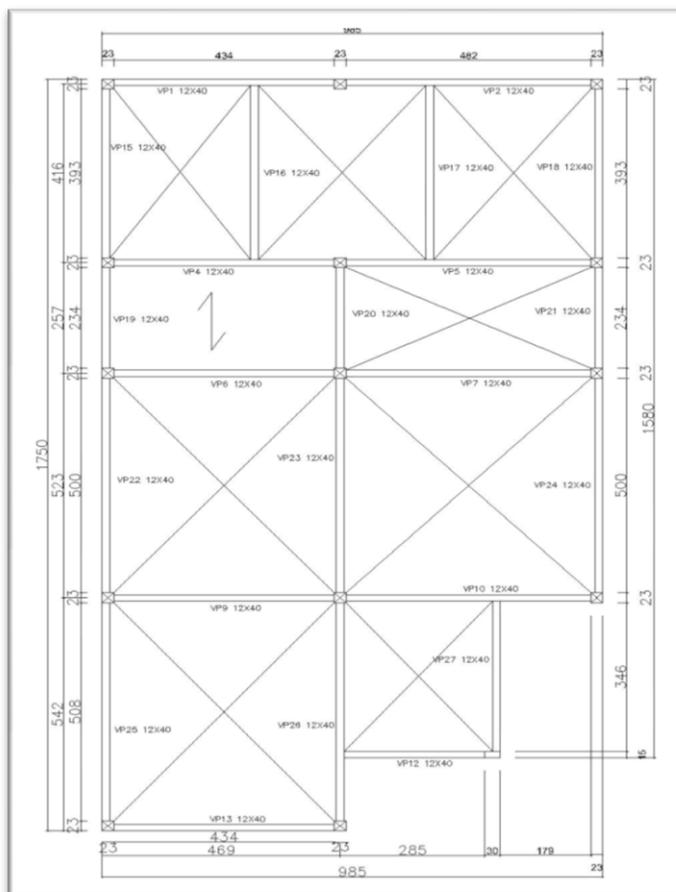


Figura 10 - Pavimento Térreo
Fonte: Autoria própria, adaptado do projeto estrutural

Verifica-se a partir da Figura 10 que o Pavimento Cobertura possui quantidades menores de vigas e as mesmas tem dimensão de 12x40cm possuindo laje somente em um vão para uso da caixa d'água.

4.1.2 Orçamento

O orçamento do Pré-moldado foi composto por duas partes sendo elas a verificação de quantitativos da obra e a pesquisa de preço no mercado regional.

4.1.2.1 Quantitativos

A partir do projeto pré-moldado fornecido pela construtora retiraram-se os quantitativos de vigas, pilares e serviços necessários da obra em estudo. (tabela 01)

Tabela 01 - Quantitativos Pré-moldado

Discriminação	UD	QTDE
1.0 INFRAESTRUTURA		
1.1.1 Fundação (Bloco para 02 estacas)	pç	20
2.0 ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA		
2.1 Pilares pré-moldado de 0.23x0.23m em concreto armado	mt	177
3.0 LAJE		
3.1 Viga para laje	mt	143
3.2 Viga Cinta	mt	95
4.0 OUTRAS DESPESAS		
4.1 Frete	vb	1
4.2 Serviços de caminhão munck	vb	1
4.3 Taxa de Crea	vb	1
4.4 Mão de Obra para montagem	vb	1

Fonte: Aatoria Própria

Verifica-se a partir da Tabela 01 as quantidades de cada item necessário para fabricação e montagem do pré-moldado. As quantidades incluem também despesas extras como frete, serviços de caminhão munck, taxa de crea e mão de obra para montagem.

Assim, vale salientar que as quantidades descritas na Tabela 01 não incluem os custos para fabricação da laje e vigas baldrame, pois a mesma será realizada *in loco* e ignorados nos valores finais por serem iguais para os dois casos.

4.1.2.1 Pesquisa de preço

A pesquisa de preço nas empresas baseou-se nos quantitativos descritos na Tabela 02, sendo que as empresas orçaram os mesmos itens para comparação entre si.

A Tabela 02 mostra os valores dos custos orçados em quatro empresas da região.

Tabela 02 - Orçamentos

Empresa	Preço Global
A	R\$ 57.000,00
B	R\$ 49.960,00
C	R\$ 55.152,00
D	R\$ 55.000,00
Média	R\$ 54.278,00

Fonte: autoria própria

Nota-se que os valores diferem um pouco entre si sendo que o maior valor é da empresa A com R\$ 57.000,00 e o menor valor da empresa B com R\$ 49.960,00, tendo uma diferença entre os mesmos de R\$7.040,00 ou 12,35% (Figura 11)

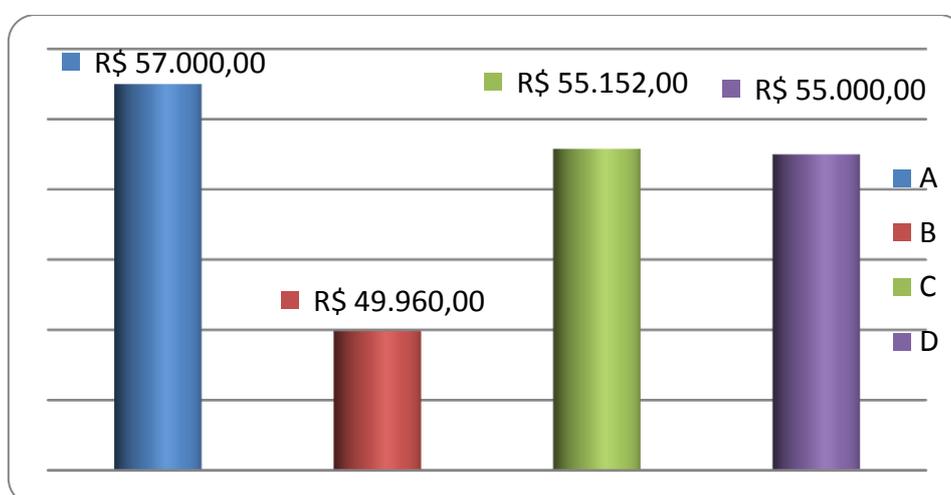


Figura 11 - Gráfico de Orçamentos Pré-Moldado

Fonte: Autoria Própria.

Assim sendo, fez-se a média dos quatro orçamentos para comparar com os orçamentos da estrutura moldada *in loco*, resultando em um valor de **R\$ 54.278,00**.

4.2 Estudo de caso 02

Para o Estudo de caso 02 considerou-se a estrutura como sendo realizada *in loco*. As características básicas do projeto são as mesmas, como locação e tipo de fundação, quantidade de sapatas, pilares e vigas. O orçamento foi realizado de maneira convencional para este sistema construtivo, ou seja, preços por item com finalidade de valor global.

4.2.1 Apresentação do projeto estrutural

Como descrito na metodologia, o projeto estrutural para estrutura em concreto armado moldado *in loco* foi elaborado com o auxílio do *software* CYPECAD 2009.

O projeto foi elaborado mantendo as condições do projeto estrutural de pré-moldado já existente, ou seja, em três pavimentos: térreo, superior e cobertura. Porém, existem diferenças com relação ao projeto de fundação, pois no pré-moldado, o projeto conta com suas respectivas características. Apresentar-se-á agora os projetos para a estrutura moldada *in loco*.

4.2.1.1 Fundação

Este projeto apresenta fundação rasa, do tipo sapata, sendo todas isoladas. A Figura 12 mostra a planta das sapatas.

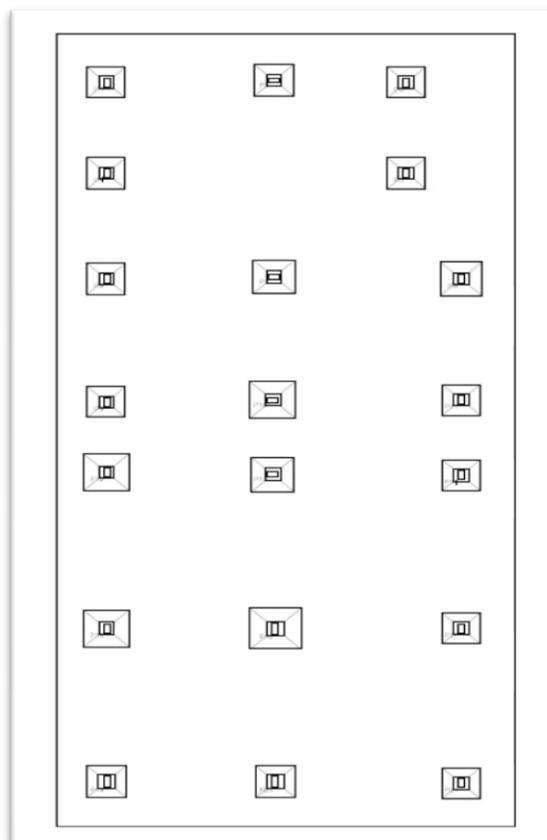


Figura 12 - Planta das sapatas

Fonte: Autoria própria, adaptado do projeto estrutural.

O projeto conta com 20 sapatas, das quais nasce um pilar de cada uma delas. Suas dimensões e armação constam no projeto de armação das sapatas. Para os elementos da fundação foi utilizado concreto com fck de 20 MPa.

4.2.1.2 Pavimento Térreo

A partir do pavimento térreo, para todos os elementos estruturais foi prevista a utilização de concreto com fck de 25 MPa. Ao pavimento térreo compete o nascimento dos pilares vindos da fundação e as vigas baldrame. A locação dos pilares é apresentada, conforme Figura 13.

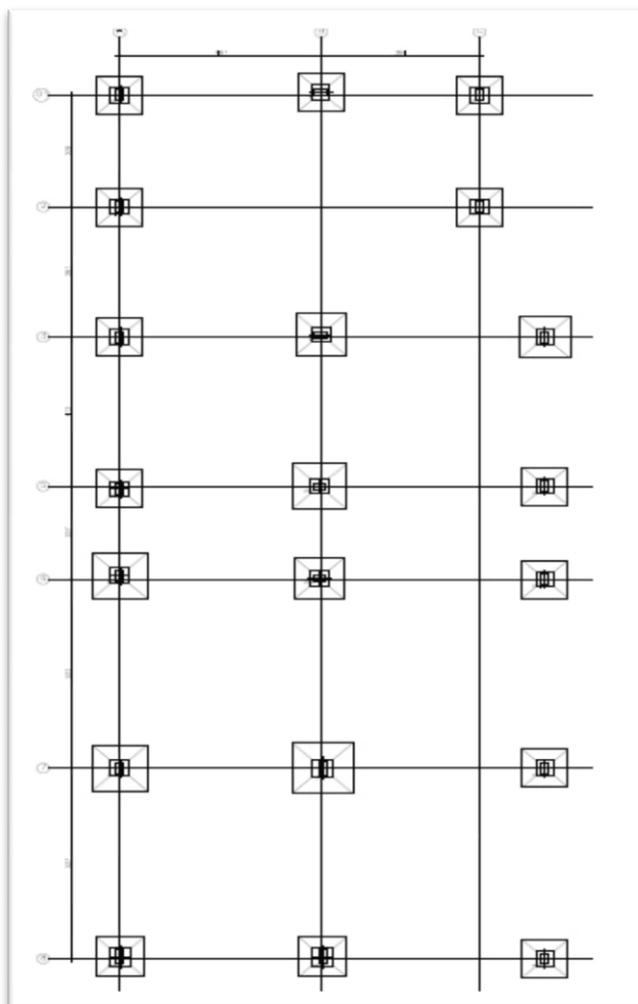


Figura 13 - Planta de localização dos pilares

Fonte: Autoria própria, adaptada do projeto estrutural.

Conforme a Figura 13 as dimensões dos pilares são variadas. O projeto de vigas baldrame, de acordo com a Figura 14 (planta de formas das vigas

baldrame), foi elaborado somente para a estrutura moldada in loco, porém deverá ser elaborado também para a estrutura pré-moldada, pois será executado no local, por opção do cliente.

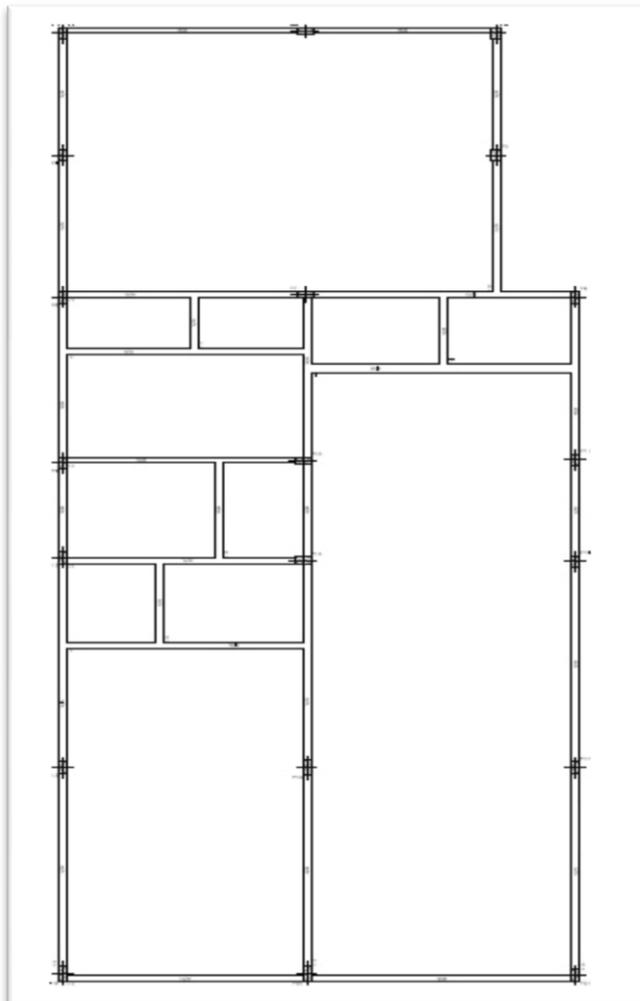


Figura 14 - Planta de fôrmas das vigas baldrame
Fonte: Autoria própria, adaptada do projeto estrutural.

4.2.1.3 Pavimento Superior

O pavimento superior conta com laje. A figura 15 apresenta a planta de formas de vigas com indicação das lajes.

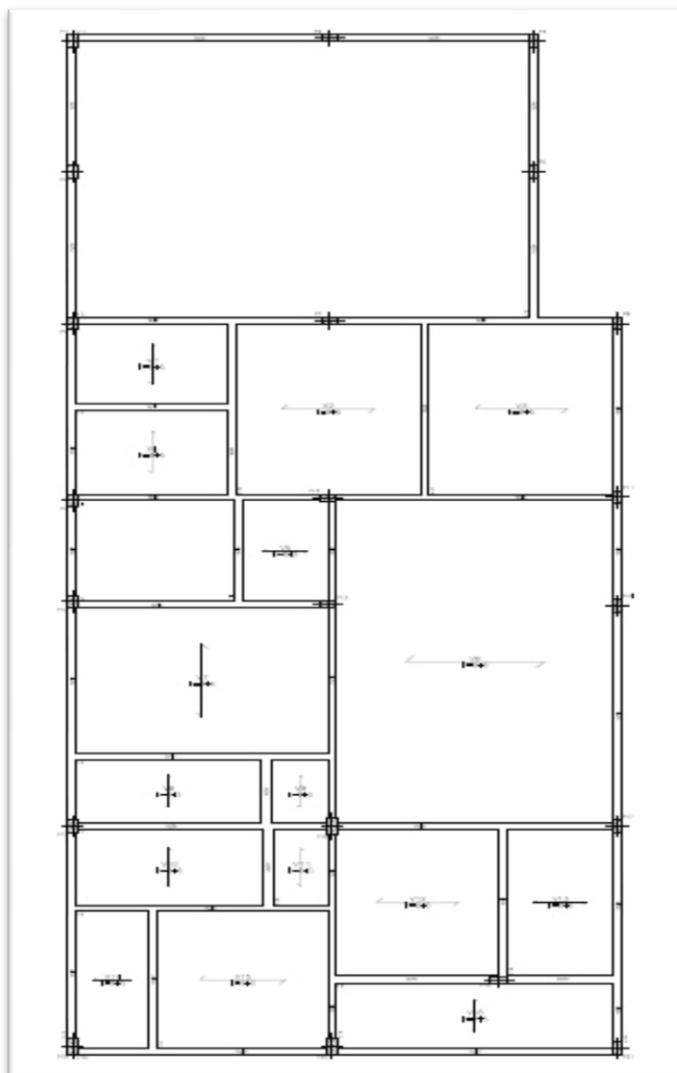


Figura 15 - Fôrmas de vigas e indicação das lajes do pavimento superior

Fonte: Autoria própria, adaptado do projeto estrutural

Na Figura 15, se observa que no pavimento superior existem vigas de tamanhos variados. Percebe-se que a direção das lajes difere do projeto pré-moldado por opção do projetista para melhor aproveitamento de distribuição das cargas sobre vigas.

4.2.1.4 Pavimento Cobertura

Para o último pavimento será executado cintas de amarração em todo o entorno da alvenaria e vigas de sustentação de laje apenas na área em que será apoiada a caixa d'água. A Figura 16 mostra a planta de formas das cintas de amarração e a indicação da laje para o reservatório de água.

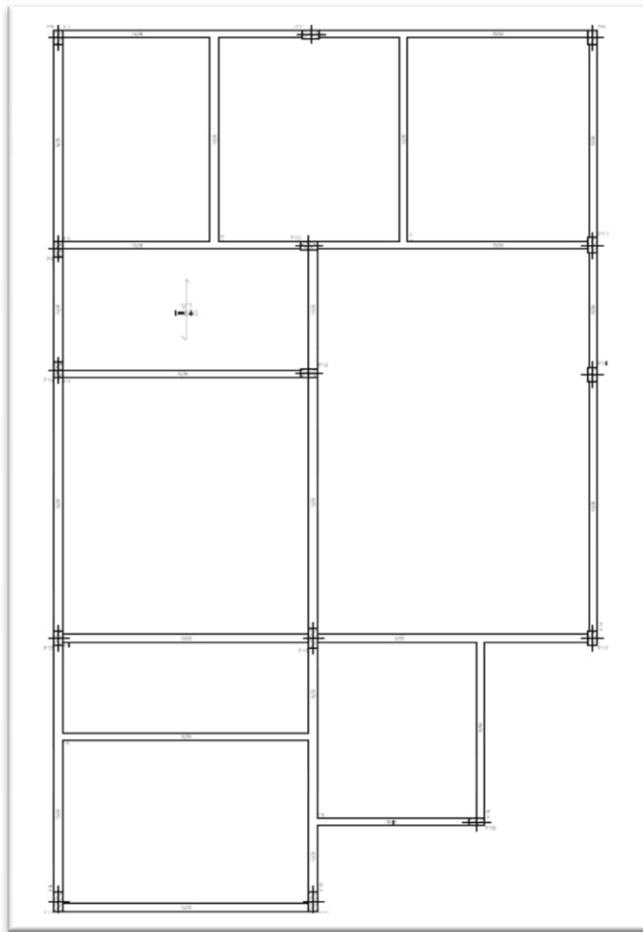


Figura 16 - Fôrmas das cintas de amarração e indicação laje caixa d'água

Fonte: Autoria própria, adaptado do projeto estrutural.

4.2.2 Orçamento

Para a execução do orçamento, foi preciso saber a quantidade de cada material que é necessária para a execução do serviço. Para tal elaborou-se o quantitativo com base em análise do projeto estrutural, retirando a quantidade de escavação, formas, aço e concreto.

As quantidades levantadas estão dispostas na Tabela 03, para o melhor entendimento do que se trata.

Tabela 03 - Serviços para a execução da estrutura moldada "in loco"

QUANTITATIVO DE SERVIÇOS			
FUNDAÇÃO			
Serviço	Quantidade	Un	
Escavação manual para fundações	11,93	M3	
Apiloamento de fundo de valas	25,16	M2	
Reaterro de fundações	3,29	M3	
Acerto/ Lastro de brita e=5cm	1,26	M3	
Forma de pinheiro para bloco de fundação	30,29	M2	
Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), ρ=0,58Kg/m	58,00	KG	
Armadura CA-50, Ø12,50mm (1/2"), ρ=0,99Kg/m	258,00	KG	
Armadura CA-60, Ø5,00mm, ρ=0,154Kg/m	8,50	KG	
Concreto usinado FCK=20 MPA para lanç. Mec, c/vibr	8,64	M3	
SUPER ESTRUTURA			
Serviço	Quantidade	Un	
Forma de pinheiro para viga superestrutura	190,23	M2	
Forma de pinheiro para pilar	135,60	M2	
Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), ρ=0,58Kg/m	627,00	KG	
Armadura CA-50, Ø12,50mm (1/2"), ρ=0,99Kg/m	114,00	KG	
Armadura CA-60, Ø5,00mm, ρ=0,154Kg/m	197,00	KG	
Concreto usinado FCK=25 MPA para lanç. Mec, c/vibr	22,16	M3	

Fonte: Autoria própria

As armaduras são calculadas pelo projeto em metros, e após isso se transforma sua unidade para quilogramas, acrescentando-se 10% do valor para as perdas. Para calcular o volume de escavação, trabalhou-se com as dimensões das sapatas deixando-se uma folga mínima de 10 cm em cada face da sapata, para proporcionar um conforto construtivo na execução, no caso, das fôrmas.

Depois de levantadas as quantidades, foi elaborado o orçamento. Os preços foram obtidos através de pesquisa de mercado regional, com preços médios de orçamentos reais de construtoras da região sudoeste do Paraná e também com valores de tabelas de índices e custos da construção civil, caso da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção

Civil) e SEOP (Secretaria de Estado de Obras Públicas – Paraná), atualizadas para o ano de 2012.

É importante ressaltar que inicialmente foram orçados custos, sem índices de BDI (Bonificação e despesas indiretas), os quais foram acrescentados posteriormente, com valor médio, comum nas empresas envolvidas, de 20%.

Com os dados levantados, foram montadas três tabelas orçamentárias, duas de pesquisa de mercado e mais uma com os valores dos índices do SINAPI e SEOP.

A tabela 04 apresenta o orçamento com valores de uma construtora, denominada EMPRESA A, localizada na cidade de Francisco Beltrão, na região Sudoeste do Paraná.

Tabela 04 - Orçamento Empresa A

(continua)

ORÇAMENTO								
ITEM	MATERIAIS E SERVIÇOS	QTDE	UN	P. UNIT. MAT.	P. UNIT. MO.	P. TOTAL MAT.	P. TOTAL MO.	TOTAL
OBRA :RESIDENCIA								
LOCAL: PATO BRANCO								
DATA: 2013								
1.00	FUNDAÇÃO							
1.01	Escavação manual para fundações	11,93	M3		19,54	0,00	233,11	233,11
								55,35
1.02	Apiloamento de fundo de valas	25,16	M2		2,20	0,00	55,35	
1.03	Reaterro de fundações	3,29	M3		16,12	0,00	53,03	53,03
1.04	Acerto/ Lastro de brita e=5cm	1,26	M3	151,08	52,00	190,36	65,52	255,88
1.05	Forma de pinheiro para bloco de fundação	30,29	M2	26,45	24,71	801,17	748,47	1549,64
1.06	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), ρ=0,58Kg/m	58,00	KG	5,54	1,52	321,32	88,16	409,48
1.07	Armadura CA-50, Ø12,50mm (1/2"), ρ=0,99Kg/m	258,00	KG	5,36	1,90	1382,88	490,20	1873,08

Tabela 05 - Orçamento Empresa A

								(Conclusão)
1.08	Armadura CA-60, Ø5,00mm, ρ=0,154Kg/m Concreto usinado	8,50	KG	5,76	1,32	48,96	11,22	60,18
1.09	FCK=20 MPA para lanç. Mec, c/vibr	8,64	M3	264,70	41,14	2287,01	355,45	2642,46
TOTAL ITEM							R\$	7.132,21
2.00	SUPER ESTRUTURA							
2.01	Forma de pinheiro para viga superestrutura	190,23	M2	48,30	27,17	9188,11	5168,55	14356,66
2.02	Forma de pinheiro para pilar	135,60	M2	33,35	28,43	4522,26	3855,11	8377,37
2.03	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), ρ=0,58Kg/m	627,00	KG	5,54	1,52	3473,58	953,04	4426,62
2.04	Armadura CA-50, Ø12,50mm (1/2"), ρ=0,99Kg/m	114,00	KG	5,36	1,90	611,04	216,60	827,64
2.05	Armadura CA-60, Ø5,00mm, ρ=0,154Kg/m Concreto usinado	197,00	KG	5,76	1,32	1134,72	260,04	1394,76
2.06	FCK=25 MPA para lanç. Mec, c/vibr	22,16	M3	284,97	41,14	6314,94	911,66	7226,60
TOTAL ITEM							R\$	36.609,64
TOTAL GERAL							R\$	43.741,86
BDI								20%
TOTAL COM BDI							R\$	52.490,23

A EMPRESA A, utilizando-se de valores de seu uso e confiança, gerou um orçamento com valores para cada item, com um valor global, totalizado em R\$ 52.490,23 (cinquenta e dois mil, quatrocentos e noventa reais e vinte e três centavos), já com o BDI incluso.

Outra pesquisa de mercado resultou nos valores obtidos pela EMPRESA B, localizada na cidade de Pato Branco, também na região Sudoeste do Paraná. Seus resultados estão dispostos na Tabela 05.

Tabela 06 - Orçamento Empresa B

ORÇAMENTO								
OBRA :RESIDENCIA								
LOCAL: PATO BRANCO								
DATA: 2013								
ITEM	MATERIAIS E SERVIÇOS	QTDE	UN	P. UNIT. MAT.	P. UNIT. MO.	P. TOTAL MAT.	P. TOTAL MO.	TOTAL
1.00	FUNDAÇÃO							
1.01	Escavação manual para fundações	11,93	M3		19,38	0,00	231,20	231,20
1.02	Apiloamento de fundo de valas	25,16	M2		2,02	0,00	50,82	50,82
1.03	Reaterro de fundações	3,29	M3		13,51	0,00	44,45	44,45
1.04	Acerto/ Lastro de brita e=5cm	1,26	M3	80,00	52,00	100,80	65,52	166,32
1.05	Forma de pinheiro para bloco de fundação	30,29	M2	33,50	30,75	1014,72	931,42	1946,13
1.06	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), ρ=0,58Kg/m	58,00	KG	5,15	1,39	298,70	80,62	379,32
1.07	Armadura CA-50, Ø12,50mm (1/2"), ρ=0,99Kg/m	258,00	KG	5,15	1,39	1328,70	358,62	1687,32
1.08	Armadura CA-60, Ø5,00mm, ρ=0,154Kg/m	8,50	KG	5,01	1,15	42,59	9,78	52,36
1.09	Concreto usinado FCK=20 MPA para lanç. Mec, c/vibr	8,64	M3	280,78	38,93	2425,94	336,36	2762,29
TOTAL ITEM							R\$	7.320,22
2.00	SUPER ESTRUTURA							
2.01	Forma de pinheiro para viga superestrutura	190,23	M2	33,50	30,75	6372,71	5849,57	12222,28
2.02	Forma de pinheiro para pilar	135,60	M2	33,50	30,75	4542,60	4169,70	8712,30
2.03	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), ρ=0,58Kg/m	627,00	KG	5,15	1,39	3229,05	871,53	4100,58
2.04	Armadura CA-50, Ø12,50mm (1/2"), ρ=0,99Kg/m	114,00	KG	5,15	1,39	587,10	158,46	745,56
2.05	Armadura CA-60, Ø5,00mm, ρ=0,154Kg/m	197,00	KG	5,01	1,15	986,97	226,55	1213,52
2.06	Concreto usinado FCK=25 MPA para lanç. Mec, c/vibr	22,16	M3	302,07	38,93	6693,87	862,69	7556,56
TOTAL ITEM							R\$	34.550,80
TOTAL GERAL							R\$	41.871,02
BDI								20%
TOTAL COM BDI							R\$	50.245,22

A EMPRESA B, também se utilizando de valores próprios, gerou um orçamento menor que a EMPRESA A, porém a diferença foi muito pequena, totalizando R\$ 50.245,22 (cinquenta mil, duzentos e quarenta e cinco reais e vinte e dois centavos), incluindo também um BDI de mesmo índice que a EMPRESA A.

Para finalizar, elaborou-se um orçamento com base nos índices e custos das planilhas SEOP E SINAPI. A Tabela 06 mostra o resultado desta etapa.

Tabela 07 - Orçamento baseado nas planilhas SEOP e SINAPI/2012

(Continua)

ORÇAMENTO									
ITEM	MATERIAIS E SERVIÇOS	QTDE	UN	P. UNIT. MAT.	P. UNIT. MO.	P. TOTAL MAT.	P. TOTAL MO.	TOTAL	
OBRA :RESIDENCIA									
LOCAL: PATO BRANCO									
DATA: 2013									
1.00	FUNDAÇÃO								
1.01	Escavação manual para fundações	11,93	M3		28,00	0,00	334,04	334,04	
1.02	Apiloamento de fundo de valas	25,16	M2		3,64	0,00	91,58	91,58	
1.03	Reaterro de fundações	3,29	M3		24,36	0,00	80,14	80,14	
1.04	Acerto/ Lastro de brita e=5cm	1,26	M3	50,41	18,86	63,52	23,76	87,28	
1.05	Forma de pinheiro para bloco de fundação	30,29	M2	41,16	19,39	1246,74	587,32	1834,06	
1.06	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"), ρ=0,58Kg/m	58,00	KG	3,10	2,32	179,80	134,56	314,36	
1.07	Armadura CA-50, Ø12,50mm (1/2"), ρ=0,99Kg/m	258,00	KG	3,10	2,32	799,80	598,56	1398,36	
1.08	Armadura CA-60, Ø5,00mm, ρ=0,154Kg/m	8,50	KG	3,46	2,24	29,41	19,04	48,45	
1.09	Concreto usinado FCK=20 MPA para lanç. Mec, c/vibr	8,64	M3	264,70	41,14	2287,01	355,45	2642,46	
							TOTAL ITEM	R\$	6.830,73
2.00	SUPER ESTRUTURA								
2.01	Forma de pinheiro para viga superestrutura	190,23	M2	49,64	27,90	9443,02	5307,42	14750,43	
2.02	Forma de pinheiro para pilar	135,60	M2	49,64	27,90	6731,18	3783,24	10514,42	
2.03	Armadura CA-50, Ø10,00mm (3/8"),	627,00	KG	3,10	2,32	1943,70	1454,64	3398,34	

	$\rho=0,58\text{Kg/m}$							
2.04	Armadura CA-50, $\varnothing 12,50\text{mm}$ (1/2"), $\rho=0,99\text{Kg/m}$	114,00	KG	3,10	3,32	353,40	378,48	731,88
2.05	Armadura CA-60, $\varnothing 5,00\text{mm}$, $\rho=0,154\text{Kg/m}$	197,00	KG	3,46	2,24	681,62	441,28	1122,90
2.06	Concreto usinado FCK=25 MPA para lanç. Mec, c/vibr	22,16	M3	284,97	41,14	6314,94	911,66	7226,60
TOTAL ITEM							R\$	37.744,58
TOTAL GERAL							R\$	44.575,31
BDI								20%
TOTAL COM BDI							R\$	53.490,37

As planilhas do SEOP e SINAPI são boas ferramentas para a elaboração de orçamentos, pois apresentam valores usuais na região do Brasil a que se referem. Nesta opção chegou-se a um orçamento muito próximo aos gerados pelas Empresas A e B, totalizando R\$ 53.490,37 (cinquenta e três mil, quatrocentos e noventa reais e trinta e sete centavos), adotando-se o mesmo percentual de BDI das empresas.

Os três orçamentos realizados contam exatamente com as mesmas quantidades de serviços e materiais.

Os valores obtidos foram muito próximos, então fez-se uma média dos resultados globais entre as três propostas, gerando um valor de partida para comparação de R\$ 52.075,27 (cinquenta e dois mil e setenta e cinco reais e vinte e sete centavos).

4.3 Comparações de Orçamentos

A partir dos orçamentos realizados para os dois estudos de caso pode-se realizar um comparativo entre as estruturas estudadas. Assim, verifica-se que a obra se fosse realizada no sistema pré-moldado teria um custo médio de R\$ 54.278,00 e no sistema convencional teria um custo de R\$ 52.075,27.

Nesse contexto, existe uma diferença mínima entre os dois valores de 4%, sendo que o sistema convencional é mais barato.

Segundo Pederiva (2009), o preço médio de uma construção pré-moldada é de R\$ 150,00 por metro quadrado de obra e que em barracões esse custo é de 40% para a estrutura de pilares e vigas e 60% restantes para cobertura e fechamento metálico se os mesmos forem realizados.

Verifica-se que o sistema pré-moldado mesmo sendo mais caro exhibe vantagens sobre o sistema convencional e é o caminho mais curto para alcançar a redução de custos, bem como um controle técnico da sua obra. Suas principais vantagens podem ser observadas nos seguintes fatores:

- **Produção:** O sistema pré-moldado está vinculado a produção em série, assim a automatização das indústrias e seus equipamentos avançados proporcionam a fabricação e montagem da obra em menor tempo que a convencional.
- **Materiais:** Atualmente, pesquisas para melhoria das características do concreto como concreto de alto desempenho ou auto adensável tornam as peças pré-moldadas menores e adaptáveis a diferentes construções, fugindo assim do aspecto robusto que se vê as construções pré-moldadas. A aplicação de concretos de alto desempenho é uma forte tendência em todo o mundo, já que o mesmo também proporciona um melhor aproveitamento dos materiais. Já existem vários registros de obras realizadas com elementos pré-fabricados de concreto de alto desempenho.
- **Reutilização de Fôrmas:** As formas para o sistema pré-moldado podem ser de diversos materiais e são reaproveitadas inúmeras vezes, reduzindo assim lixo de construção e impactos no meio-ambiente.
- **Rapidez de construção (montagem),** quando o projeto segue os critérios básicos e o produto sai em perfeito estado, a montagem das peças no canteiro de obras é muito eficaz e têm-se um ganho considerável na velocidade de construção.
- **Canteiro de obra reduzido,** devido à maior racionalidade e planejamento impostos pelo sistema.

O sistema pré-moldado é aconselhável e confiável em grande parte da região, porém suas características devem ser analisadas antes de sua escolha. Os profissionais de fabricação e montagem precisam de um treinamento especializado diferente do convencional e projetos devem ser integrados para minimizar falhas e reduzir custos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas construtivos pré-moldados e o sistema estrutural feito *in loco*, em geral, apresentam custos muito parecidos. Em termos de agilidade e confiabilidade notou-se que o sistema pré-moldado apresenta algumas vantagens e um melhor resultado final satisfatório em relação ao outro sistema.

A partir dos valores pesquisados em campo e orçamentos realizado verificou-se uma diferença de 4% entre os dois sistemas construtivos estudados, sendo o sistema convencional mais econômico, custando no estudo de caso R\$ 52.075,27 contra R\$ 54.278,00 do pré-moldado, totalizando uma diferença de R\$ 2.202,73.

Também foi possível concluir que a viabilidade econômica não pode se basear somente no custo final gasto pelo cliente, deve-se avaliar muitos aspectos como tempo, viabilidade técnica, otimização da obra e confiabilidade no sistema empregado.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (1985). NBR-9062:Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro. ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (2007). NBR-6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro. ABNT

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

EL DEBS, Mounir Khalil. (2000). Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos/USP – projeto REENGE.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EM 1992-1: design of concrete structures: general rules and rules for buildings. 2004.

FERREIRA, M.A. (2003). **A importância dos sistemas flexibilizados**, 2003. 8p. (Apostila).

FRANCO, Luis Sérgio. (1992). Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. 319p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

JAGUARIBE, Kenneth de Borja. (2005). **Ligação pilar-fundação por meio de cálice em estruturas de concreto pré-moldado com profundidade de embutimento reduzida**. Dissertação (Mestrado). Conteúdo disponível em:
http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/2005ME_KennethBorjaJaguari-beJunior.pdf, acessado em 22/06/2012, às 20:45.

LEONHARDT, Fritz. Construções de concreto: concreto protendido. Rio de Janeiro: Interciência, 1983. V. 5.

Manual Munte de Projetos em Pré-Fabricados de concreto/ Munte construções Industrializadas; São Paulo: Pini, 2004.

MASSONI, R.F.A.P. Formas estruturais de argamassa e concreto para elementos de concreto armado. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996.

MIGLIORE, Gabriel Moreira. (2008). Dimensionamento e utilização de laje alveolar protendida. Conteúdo disponível em:

[http://www.feb.br/cursos_engcivsc/TCC_Gabriel_Migliore_\(Dimensionamento_e_utilizacao_de_laje_alveolar_protendida\).pdf](http://www.feb.br/cursos_engcivsc/TCC_Gabriel_Migliore_(Dimensionamento_e_utilizacao_de_laje_alveolar_protendida).pdf), acessado em 22/06/2012, às 19:48.

PEDERIVA, Paulo Fernando. (2009). **Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco***. Conteúdo disponível em:<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Paulo-Fernando-Pederiva-J%C3%BAnior.pdf>, acessado em 22/06/2012, às 19:42.

PFEIL, Walter. Concreto protendido. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984.

RAMALHO, Marco Antônio. – **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1º Edição. São Paulo: Pini, 2003.

REVEL, M. (1973). La prefabricacion em laconstrucion, 1.ed. Bilbao: Urmo. 457p.

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

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