

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

Paulo Fernando Pederiva Júnior

**COMPARAÇÃO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS NA
CONSTRUÇÃO DE PAVILHÕES COM ESTRUTURAS PRÉ-
MOLDADAS E MOLDADAS *IN LOCO***

Ijuí/RS

2009

PAULO FERNANDO PEDERIVA JR

**COMPARAÇÃO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS NA CONSTRUÇÃO DE
PAVILHÕES COM ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS E MOLDADAS *IN LOCO***

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia
Civil apresentado como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Ijuí

2009

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

Prof. Marcelo Duart, Me. Eng. - Orientador

Prof. Cristina Eliza Pozzobon, Me. Eng. - Co-orientadora

Banca Examinadora

Prof. Raquel Maldaner Paranhos

“O homem fraco espera pela oportunidade; o homem comum agarra-a quando ela vem; o grande cria-a como ele a quer.”

Adolf Tàrneros

Agradecimentos

Aos meus pais Paulo e Lúcia, pela constante lição de vida, exemplo de perseverança e por ensinar-me a lutar sempre pelos meus objetivos.

A minha esposa Márcia, por estar ao meu lado nos momentos de dificuldades e pelo apoio e confiança depositados.

Agradeço a Dona Arnilda, a Catia Micheli, e a minha irmã Fabiana pelo apoio, ensinamentos e orações feitas.

A professora Cristina e o professor Marcelo pela orientação neste trabalho e pelos ensinamentos ministrados.

Agradeço à Construtora Marques, e em especial ao colega e amigo Gabriel, que gentilmente cedeu seu canteiro de obras para a realização deste trabalho.

Aos colegas da graduação pelo constante aprendizado durante o nosso convívio.

Aos demais professores e funcionários do curso que, de uma forma ou outra, contribuíram para a esta conquista.

RESUMO

Elementos pré-moldados são uma opção para aumentar a racionalização no processo construtivo de pavilhões em concreto armado. Eles associam-se a particularidades dessas construções com relação à rapidez de execução, rígido controle de qualidade, coordenação modular e alto nível organizacional da produção. Neste trabalho pesquisou-se uma comparação de custos entre estruturas de concreto armado moldadas *in-loco* e estruturas pré-moldadas pré-fabricadas, utilizadas em pavilhões independentes, ou seja, compostas de um sistema misto de estrutura metálica e peças estruturais de concreto armado. A metodologia usada para a obtenção de tais resultados foi pesquisa de campo, embasada em coleta de dados, uma vez que o trabalho proposto refere-se diretamente ao aspecto econômico das duas empresas em questão: Pederiva Construções e Marques Construções. Este trabalho objetiva estabelecer a diferença do custo por metro quadrado de construção de pavilhões pré-moldados em relação a pavilhões moldados *in-loco*, bem como a participação percentual referente a custo dos materiais de construção e da mão-de-obra. A pesquisa foi desenvolvida extraíndo-se as informações referentes a todos os custos de produção em reais (R\$) nas edificações, sendo que os mesmos foram divididos em dois grupos: custos dos materiais e custos da mão-de-obra. Da mesma forma considerou-se o lucro, pois se trata de duas obras similares com mesma metragem (15x35 sedo 525m² de área construída) e custo por metro quadrado (R\$ 150,00 por m²); uma na cidade de Jóia – RS pela empresa Marques Construções, e outra na cidade de Santo Augusto-RS pela empresa Pederiva Construções. Tendo como valor total o montante de R\$ 78.750,00, foi possível verificar um percentual de 10,69% a mais nos lucros da empresa Pederiva Construções, motivado pelo uso de pilares pré-moldados na obra.

Palavras-chave: Custo de construção, viabilidade econômica, concreto armado.

ABSTRACT

Precast concrete elements are an option to increase the rationalization in the building pavilions process. They are associated with specific characteristics of this buildings concerning to speed of execution, strict quality control, modular coordination and the high-level of production organization. This study analyzed a cost comparison between structures of reinforced concrete cast *in-place* and precast structures, prefabricated, used in independent pavilions, composed of a mixed system of metal structures and concrete structural parts. The methodology used to obtain these results was the field research, grounded in data collection, since the proposed work relates directly to the economic aspect of the companies in question: Pederiva Construções and Marques Construções. This work aims to establish the difference in cost per square meter of construction of precast pavilions in opposite to pavilions molded *in place* and the participation percentage about cost of construction materials and labor force. The study was conducted by extracting the information on all production costs of the buildings in reais (R\$), and they were divided into two groups: costs of materials and labor costs. Likewise, we considered the profit, because they are two similar works in the same shape (15x35 being 525m² of built area) and cost per square meter (R\$ 150.00 per square meters) at Jóia city/RS – by Marques Construções, and another one in Santo Augusto city/RS - by Pederiva Construções. Against the total amount of R\$ 78,750.00, we observed a percentage of 10.69% over the profits of the company Pederiva Construções, motivated by the use of precast columns in the work.

Keywords: Cost of construction, economic viability, reinforced concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do concreto armado	23
Figura 2: Preenchimento de uma fôrma metálica com concreto aderente à armadura.....	24
Figura 3: Fluxograma de produção de elementos em concreto armado	28
Figura 4: Detalhe de uma forma para pilar racionalizada	30
Figura 5: Sistema estrutural em esqueleto	33
Figura 6: Estrutura metálica típica para cobertura.....	34
Figura 7: Preparo pra montagem da estrutura	38
Figura 8: Tabela modelo para levantamento dos materiais de construção	41
Figura 9: Tabela modelo para levantamento da mão-de-obra	41
Figura 10: Tabela modelo para levantamento de custos adicionais	41
Figura 11: Forma metálica para pilar	44
Figura 12: Forma com pilar pré moldado, concretado	46
Figura 13: comparativo de custo de pilar sem mão de obra	52
Figura 14: comparativo de custo de mão de obra.....	53
Figura 15: forma metálica utilizada na execução <i>in-loco</i>	54
Figura 16: forma metálica sendo preparada para execução <i>in-loco</i>	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadro de classificação de pré-moldados	26
Tabela 2: orçamento dos materiais de um pilar pré-moldado	51
Tabela 3: orçamento dos materiais para um pilar moldado <i>in-loco</i>	52
Tabela 4: quantificação de homens-hora (Pederiva Construções	64
Tabela 5: quantificação de homens-hora (Marques Construções	65

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABCP - Associação Brasileira do Cimento Portland

fck - Resistência à compressão do concreto

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**

m² - Metro quadrado

MPa - Mega Pascal

NBR - Norma Brasileira

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

MSG - Manufacturer's Standard Gauge

CEHOP – Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA DA PESQUISA	13
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	13
1.3 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO	13
1.4 OBJETIVOS.....	13
1.4.1OBJETIVO GERAL.....	13
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.5 JUSTIFICATIVAS	14
1.6 SISTEMATIZAÇÃO	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1CUSTOS DE PRODUÇÃO	16
2.1.1 TERMINOLOGIA BÁSICA.....	17
2.1.2 CLASSIFICAÇÃO.....	17
2.1.2.1 CUSTOS DIRETOS	19
2.1.2.2 CUSTOS INDIRETOS	20
2.1.2.3 CUSTOS ADICIONAIS NA PRODUÇÃO CIVIL (OVERHEADS	20
2.1.2.4 CUSTOS INDUSTRIAIS	21
2.2 CONCEITUAÇÕES SOBRE CONCRETO ARMADO.....	22
2.3 ESTRUTURAS PRE-MOLDADAS.....	24
2.3.1 TIPOS DE CONCRETOS PRÉ-FABRICADOS.....	25
2.3.2 VANTAGENS.....	27
2.4 ESTRUTURAS MOLDADAS in loco	28
2.4.1 PRODUÇÃO DE FORMAS	29
2.4.2 ARMADURAS	30
2.5. SISTEMAS ESTRUTURAIS EM ESQUELETO	32

2.6 ESTRUTURAS METÁLICAS	33
2.6.1 PRODUTOS SIDERÚRGICOS PARA ESTRUTURAS	34
2.6.2 LIGAÇÕES COM PARAFUSOS E SOLDAS	35
2.6.2.1 LIGAÇÕES COM PARAFUSOS	35
2.6.2.2 LIGAÇÕES COM SOLDA	36
2.6.3 PINTURA DA ESTRUTURA	37
2.6.4 MONTAGEM	38
3. METODOLOGIA.....	39
3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO	39
3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA.....	40
3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	41
3.4 CANTEIRO X INDÚSTRIA.....	42
3.5 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS.....	43
3.5.1 FÔRMAS.....	43
3.5.2 ARMADURA.....	44
3.5.3 ADENSAMENTO.....	44
3.5.4 ENDURECIMENTO DO CONCRETO	46
3.5.5 CURA	47
3.5.6 DESMOLDAGEM.....	47
3.5.7 DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA O MANUSEIO	48
3.5.8 TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO.....	48
3.5.9 MONTAGEM	49
3.5.10 CONTROLE DE QUALIDADE.....	49
4. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....	51
4.1 VANTAGENS DO EMPREGO DE ESTRUTURAS PRÉ – MOLDADAS	56
4.1.1 PECULIARIDADES DO SISTEMA.....	58
5. CONCLUSÕES.....	59
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXO 01.....	64
ANEXO 02.....	65

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema da Pesquisa

O tema deste estudo é o custo de estruturas de concreto armado.

1.2 Delimitação do Tema

Trata-se de uma comparação entre os custos de construção de pavilhões de estruturas de concreto armado moldadas *in loco* e pré-moldadas.

1.3 Formulação da questão de estudo

A questão que baliza o presente estudo é: Qual a diferença de custo de construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas em relação às estruturas moldadas *in loco*?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Analisar o custo do m² de estruturas de concreto armado moldadas *in loco* em relação às estruturas de concreto armado pré-moldadas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Apresentar informações técnicas que possam contribuir para a escolha de clientes e projetistas entre estruturas de concreto armado pré-moldadas e estruturas de concreto armado moldadas *in loco*.
- Apresentar informações técnicas relativas a elementos pré-moldados e moldados *in loco* sob aspectos executivos, como facilidade de produção, de transporte e interferências com outros subsistemas, listando-se suas vantagens e desvantagens.

- Apresentar parâmetros que sirvam para a elaboração de orçamentos sumários para pavilhões com estruturas pré-moldadas e com estruturas moldadas *in loco*.

1.5 JUSTIFICATIVAS

A grande competitividade do mercado atual demanda soluções que, associadas ao processo construtivo em estruturas de concreto pré-moldado, melhoram a eficiência do processo, eliminando etapas construtivas, minimizando interferências entre os subsistemas e elevando a qualidade do produto final.

A presente pesquisa pretende estudar os pré-moldados compatíveis com os pavilhões industriais, para favorecer a industrialização, a racionalização do processo, bem como a redução do prazo de execução da obra, com o objetivo de elevar a produtividade e os lucros da empresa construtora, no intuito de aumentar os ganhos do cliente pela opção deste tipo de processo.

1.6 SISTEMATIZAÇÃO

O trabalho está organizado da seguinte forma:

O primeiro capítulo traz a introdução, apresentando o tema da pesquisa juntamente com sua delimitação, as questões de estudo, o objetivo geral e os objetivos específicos, bem como as justificativas e a sistematização do trabalho.

O segundo capítulo apresenta a revisão da literatura, abordando os seguintes temas: custos de construção; conceituações sobre concreto armado; estruturas pré-moldadas; estruturas moldadas *in loco*; sistemas estruturais em esqueleto e estruturas metálicas.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia; classificação do estudo; planejamento da pesquisa; materiais e equipamentos; canteiro x indústria; e processo de fabricação dos pré-moldados.

O quarto capítulo apresenta a análise da viabilidade econômica e as vantagens do emprego de estruturas pré-moldadas.

Ao final do trabalho serão apresentadas as referências utilizadas, juntamente com os anexos pertinentes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresenta-se o embasamento teórico desta pesquisa, abordando assuntos como: custos, custos unitários para a construção civil, conceituações sobre concreto armado, estruturas pré-moldadas, estruturas moldadas *in loco* e sistemas estruturais em esqueleto.

2.1 CUSTOS DE CONSTRUÇÃO

Independentemente de localização, recursos, prazo, cliente e tipo de projeto, uma obra é uma atividade econômica, e então, o aspecto custo é de especial importância (MATTOS, 2006).

Segundo Lima (2000), custo é o quanto se obtém por algum produto ou serviço. Na construção civil importa o custo dos insumos necessários, que reunidos em um período de tempo, levam à obtenção de um produto final, que será a obra (edificação) pronta.

Mattos (2006) ainda explica que a preocupação com os custos começa cedo, antes mesmo do início da obra, na fase de orçamentação, quando se determinam os custos prováveis de execução da obra.

Para a implementação de um empreendimento de construção civil existem basicamente três insumos básicos: a mão-de-obra, os materiais a serem utilizados, e os equipamentos necessários ao beneficiamento destes materiais durante a transformação do produto final.

2.1.1 TERMINOLOGIA BÁSICA

Alguns conceitos são importantes para o estudo dos custos, são eles:

Custo: é o gasto necessário para a produção de um bem ou serviço, através da utilização de insumos como matéria prima, mão-de-obra direta e atividades indiretas.

Gasto: é o resultado do desgaste, danificação ou inutilização pelo uso de um produto.

Consumo: termo que se refere ao uso do produto até sua completa utilização.

Despesa: é o recurso consumido em um determinado espaço de tempo, gerando decréscimo de patrimônio.

2.1.2 CLASSIFICAÇÃO

Os custos podem ser classificados de diversas formas, dependendo de cada finalidade ou exposição. Segundo Brondani (2000), identificam-se os custos de produção, de administração, de comercialização e financeiros.

Também existem classificações quanto às estimativas de custos para edificações.

Segundo Losso (1995) *apud* Librelotto et al. (1998), as estimativas preliminares de custos podem ser classificadas em:

a) Método da estimativa do custo por área: o custo total é o custo por metro quadrado multiplicado pela área equivalente da edificação, conforme prescreve a NBR 12.721/2006.

b) Método da estimativa do custo por volume: onde o custo total é o calculado pelo custo por metro cúbico multiplicado pelo volume equivalente da edificação.

c) Método da participação percentual das etapas da construção: os custos são estimados por porcentagem que as grandes etapas da obra percorrem. O custo total é o somatório dos custos de todas essas etapas.

d) Método da estimativa do custo por unidade: o custo total é o custo por cada unidade multiplicado pelo número de unidades da edificação.

e) Método A. R. C.: desenvolvido na França, baseia-se na divisão do edifício em elementos de construção adequados ao projeto e na medição e cálculo do custo de diferentes elementos de construção.

f) Método das quantidades aproximadas: este método pode ser visto como sendo um orçamento onde as medições são realizadas por aproximações.

g) Outros métodos: existem outros métodos de estimativas preliminares de custos, como o método das estimativas comparadas.

2.1.2.1 CUSTOS DIRETOS

CUSTO DA MÃO-DE-OBRA:

Segundo Mattos (2006), “o trabalhador é o elemento racional de uma obra e de suas ações e decisões depende em grande parte do sucesso do empreendimento”. Mattos (2006) discorre que uma obra pode chegar a ter de 50% a 60% de seu custo composto pela mão-de-obra, então é fácil perceber a estimativa correta que essa categoria de custo tem para a precisão do orçamento.

CUSTO DE MATERIAL:

A análise do custo do material também é de extrema importância na elaboração da composição de custos de um serviço. Os materiais entram na maioria das atividades da obra, e segundo Mattos (2006), representam muitas vezes mais da metade do custo unitário do serviço.

As formas pelas quais os fornecedores dão seus preços são variadas, assim como as cotações obtidas nem sempre se referem ao mesmo escopo, por isso a cotação dos materiais é uma tarefa que requer cuidado.

CUSTO DE EQUIPAMENTO:

De acordo com Mattos (2006) dependendo do porte da obra os equipamentos ocupam muitas das frentes de serviço.

Mattos (2006) também explica que estabelecer uma taxa horária para os equipamentos envolve um processo mais complicado do que o utilizado na análise da mão-de-obra e do material. Quando o construtor compra um equipamento está investindo certo capital que poderia estar tendo rentabilidade em uma aplicação bancária, e o uso diário do equipamento acarreta despesas de várias espécies.

2.1.2.2 CUSTOS INDIRETOS

Custo indireto é todo o custo que não apareceu como mão-de-obra, material ou equipamento nas composições de custos unitários de orçamento, ou seja, é todo o custo que não entrou como custo direto, não integrando os serviços orçados.

O custo indireto, segundo Mattos (2006), fica na faixa de 5 a 30% do custo total da construção. O percentual oscila em função de alguns aspectos como:

- Localização geográfica;
- Política da empresa;
- Prazo;
- Complexidade.

2.1.2.3 CUSTOS ADICIONAIS NA PRODUÇÃO CIVIL (*OVERHEADS*)

Na execução de um empreendimento estão envolvidos custos diretos do produto, bem como custos relativos, que geralmente não se incorporam ao produto e são denominados adicionais. São chamados dessa forma por constituírem itens adicionais aos custos diretos, podendo ser aplicados diretamente ao produto ou indiretamente, através de rateio com outros produtos (LIMA, 2000).

2.1.2.4 CUSTOS INDUSTRIAIS

As empresas de construção civil possuem dois sistemas administrativos que são o da administração central, que é toda a estrutura necessária ao funcionamento da empresa e o de produção, que são todos os produtos, sejam projetos ou construções. Assim, segundo Lima (2000), o custo industrial pode ser dividido em dois tipos de custos, os custos empresariais e os custos de produção.

CUSTOS EMPRESARIAIS:

São aqueles custos gerados pela existência da empresa, como aluguel, pessoal administrativo, taxas públicas, viagens, cálculos, desenhos, contratos, etc., geralmente rateados pelas obras como percentagem. Em função da complexidade das obras, este rateio pode ser diferenciado de uma para outra (LIMA, 2000).

Os custos empresariais são os custos formados nas atividades ligadas a administração central da empresa. Limmer (1997) os classifica em quatro grandes grupos, que são:

Custos administrativos: ligados às atividades de administração da empresa, como salários, despesas de representação, aluguel do imóvel sede da empresa, energia elétrica e comunicações, manutenção do escritório, depósitos e impostos.

Custos comerciais: ligados à comercialização dos produtos da empresa, como propaganda comercial, salários e comissões de vendedores, assessoria técnica para vendas ou licitações, material de consumo de escritório, comunicações, direitos e *royalties*.

Custos tributários: decorrentes de disposições legais, compreendendo tributos, impostos, taxas, emolumentos e tarifas.

Custos financeiros: gastos feitos para o pagamento de dívidas a título de juros.

CUSTOS DE PRODUÇÃO:

São aqueles custos gerados durante a execução da obra por ocasião de fatos que não foram levados em consideração pelo orçamentista ou que envolvem acontecimentos de difícil previsão, e por esta razão prejudicam a avaliação final do custo do produto (LIMA, 2000).

Os custos de produção classificam-se em diretos e indiretos. Os custos diretos são os gastos realizados com insumos como mão-de-obra, materiais e equipamentos. Já os custos indiretos correspondem aos gastos realizados com elementos coadjuvantes necessários à elaboração do produto.

Um exemplo é o uso da fôrma na fabricação de um elemento estrutural. Se ela for utilizada uma única vez é considerada um custo direto deste elemento. Caso a fôrma seja reaproveitada várias vezes, seu custo será indireto em relação ao total de peças utilizadas. Mas se considerado o fator do reaproveitamento no cálculo de cada elemento estrutural, o custo volta a ser direto.

2.2 CONCEITUAÇÕES SOBRE CONCRETO ARMADO

Segundo Bastos (2006), o concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração (cerca de 10 % da sua resistência à compressão). Assim sendo, Bastos (2006) explica que é imperiosa a necessidade de juntar ao concreto um material com alta resistência à tração, disposto convenientemente, a fim de resistir às tensões de tração atuantes. Com esse material composto

(concreto e armadura – barras de aço), surge então o chamado “concreto armado”, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão, que pode ser auxiliado também por barras de aço (caso típico de pilares, por exemplo).

No entanto, o conceito de concreto armado envolve ainda o fenômeno da aderência, que é essencial e deve obrigatoriamente existir entre o concreto e a armadura, já que não basta apenas juntar os dois materiais para se ter o concreto armado. Para a existência do concreto armado é imprescindível que haja real solidariedade entre ambos, o concreto e o aço, e que o trabalho seja realizado de forma conjunta.

Para Bastos (2006) é possível definir o concreto armado como “a união do concreto simples e de um material resistente à tração (envolvido pelo concreto) de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes”. De forma esquemática pode-se indicar, na figura 1, que concreto armado é:



Figura 1: Esquema do concreto armado

Ainda segundo Bastos (2006) com a aderência, a deformação ϵ_s num ponto da barra de aço e a deformação ϵ_c no concreto que a circunda, devem ser iguais, isto é: $\epsilon_c = \epsilon_s$. A Figura 2 mostra uma peça de concreto com o concreto sendo lançado e adensado, devendo envolver e aderir à armadura nela existente.



Figura 2 – Preenchimento de uma fôrma metálica com concreto aderente à armadura.

Segundo Bastos (2006), a NBR 6118/03 (item 3.1.3) define:

Elementos de concreto armado: “aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência”.

Armadura passiva é “qualquer armadura que não seja usada para produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada”.

2.3 ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

Conforme a norma NBR9062, que trata especificamente do projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, tanto para o padrão quanto para o controle de qualidade mínimo a ser atendido na produção destes dois tipos de elementos, a mesma traz as seguintes definições:

- Elemento pré-moldado: elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, produzidos em condições menos rigorosas de controle de qualidade.

- Elemento pré-fabricado: elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo que em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Segundo Silva (2003), com esta norma, quando os elementos pré-moldados são produzidos segundo um controle de qualidade mais rigoroso são chamados de elementos pré-fabricados.

Para que todas as vantagens do concreto pré-moldado sejam potencializadas, a estrutura deve ser concebida de acordo com uma filosofia específica do projeto: grandes vãos, um conceito apropriado para estabilidade, detalhes simples, etc. Os projetistas devem, desde o início do projeto, considerar as possibilidades, as restrições e as vantagens do concreto pré-moldado, seu detalhamento, produção, transporte, montagem e os estados limites em serviço antes de finalizar um projeto de uma estrutura pré-moldada.

Do ponto de vista do comportamento estrutural, a presença das ligações é o que diferencia basicamente uma estrutura de concreto pré-moldado de uma estrutura convencional moldada no local (NÓBREGA, 2004). Desta forma, o desempenho do sistema estrutural e o êxito nas suas aplicações estão relacionados com o desempenho das suas ligações.

2.3.1 TIPOS DE CONCRETOS PRÉ-FABRICADOS

Os elementos pré-fabricados podem ser classificados de diversas formas, como por exemplo, quanto à seção transversal, quanto ao processo de execução, e quanto a sua função estrutural. Uma classificação de grande interesse é em relação à concepção, em

nível geral, do concreto pré-fabricado, originando ao que está sendo aqui denominado de “tipos de concreto pré-moldado”, conforme tabela abaixo.

• Quanto ao local de produção dos elementos	Pré-fabricado de fábrica	<i>Pré-moldado de canteiro</i>
• Quanto à incorporação de material para ampliar a seção resistente no local de utilização definitivo	Estrutura de seção completa	<i>Estrutura de seção parcial</i>
• Quanto à categoria do peso dos elementos	Estrutura “pesada”	<i>Estrutura “leve”</i>
• Quanto ao papel desempenhado pela aparência	Concepção normal	<i>Concepção arquitetônica</i>

Tabela 1 - Quadro de classificação de pré-moldados

O pré-fabricado é aquele executado em instalações permanentes distantes da obra. Esse tipo de pré-fabricado pode ou não atingir o nível de pré-fabricado, segundo o critério da NBR-9062/85. A capacidade de produção da fábrica e a produtividade do processo, que dependem principalmente dos investimentos em fôrmas e equipamentos, podem ser pequenas ou grandes, com tendência maior ao último caso. Nesse caso, deve-se considerar a questão do transporte da fábrica até a obra, tanto no que se refere ao custo dessa atividade como no que diz respeito à obediência aos gabaritos de transporte e às suas facilidades.

Em contrapartida ao tipo anterior, o pré-moldado de canteiro é executado em instalações temporárias nas proximidades da obra. Essas instalações podem ser mais ou menos sofisticadas, dependendo da produção e da produtividade que se deseja. Em geral, há

Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco*.

certa propensão a ter baixa capacidade de produção e, conseqüentemente, pequena produtividade. Para este tipo de elemento não se tem o transporte à longa distância e, portanto, as facilidades de transporte e a obediência a gabaritos de transporte não são condicionantes para seu emprego. Além disso, esse tipo de elemento não está sujeito a impostos referente à produção industrial e à circulação de mercadorias.

2.3.2 VANTAGENS

A racionalização construtiva caracteriza-se pela introdução de alterações que têm por objetivo um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis em todas as fases dos empreendimentos, sem uma mudança radical na base tecnológica. Embora apresente uma definição clara, torna-se difícil encontrar um parâmetro para quantificar “o grau ou nível de racionalização”. À primeira vista, uma possibilidade é a utilização do conceito de produtividade como proposto por Franco (1992).

Estudos sobre aumento de produtividade concluem que o efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração elevam consideravelmente a produtividade da mão-de-obra de um serviço. Estes efeitos partem do princípio de que um trabalho executado repetidas vezes, sem interrupções e em grandes quantidades resulta na experiência da mão-de-obra e conseqüentemente na melhoria do seu desempenho.

Segundo Heineck (1994):

“não basta que o canteiro seja repetitivo, há necessidade de que os operários desloquem-se sem interrupção de uma tarefa para outra; ainda mais, dentro da própria tarefa, não pode haver paradas devido à falta de materiais, falta de detalhamento construtivo, interferência com outras tarefas, desbalanceamento e falta de elementos na equipe de trabalho, ou ingerência de causas naturais como chuvas, etc”.

Em concordância com estes princípios, os pré-moldados preenchem os requisitos para serem considerados instrumentos de melhoria da produtividade na execução de pavilhões industriais.

Os elementos pré-fabricados apresentam, segundo os autores, diversas vantagens técnico-econômicas que permitem aperfeiçoar tanto a execução da obra, como a qualidade do produto final, principalmente com a diminuição de desperdício de material na execução de detalhes de obra, anteriormente resolvidos de modo artesanal.

2.4 ESTRUTURAS MOLDADAS *IN-LOCO*

Segundo Melhado (1998), a execução de elementos com concreto convencional deve seguir um esquema básico de produção (figura 3) que possibilita a obtenção das peças previamente projetadas e com a qualidade especificada, apresentado no esquema a seguir:

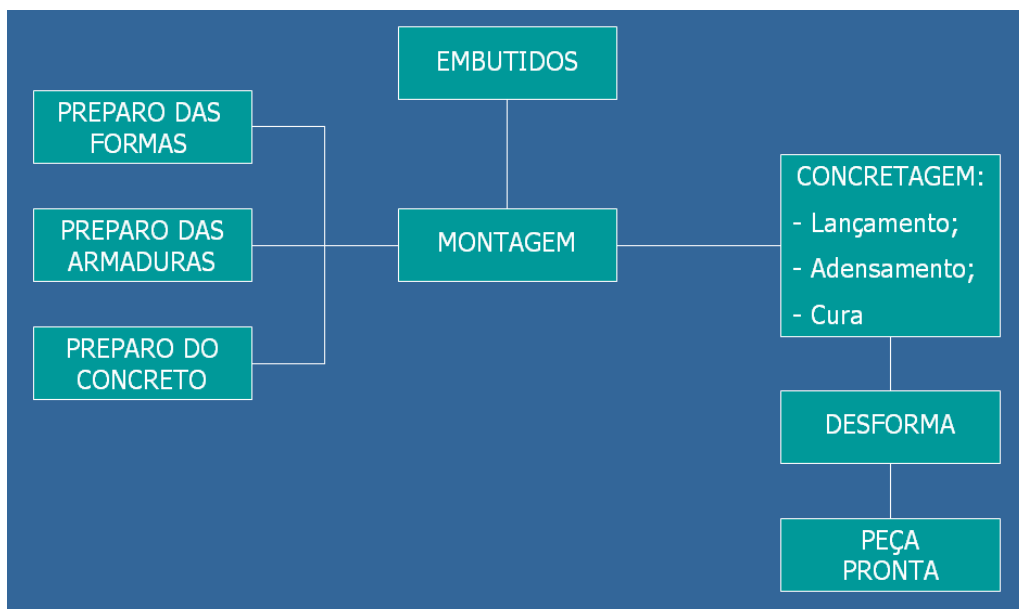


Figura 3 – Fluxograma de produção de elementos em concreto armado (MELHADO, 1998).

2.4.1 PRODUÇÃO DE FORMAS

Por Iglesia (2006), a forma pode ser considerada como o conjunto de componentes cujas funções principais são:

- Dar forma ao concreto (molde);
- Conter o concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência;
- Proporcionar textura a superfície do concreto.

As formas devem apresentar algumas propriedades ou requisitos de desempenho para que possam atender a função designada, dentre as quais podemos destacar:

- Resistência mecânica à ruptura;
- Resistência à deformação;
- Estanqueidade;
- Regularidade geométrica;
- Textura superficial adequada;
- Estabilidade dimensional;
- Possibilitar o correto posicionamento da armadura;
- Baixa aderência ao concreto;
- Proporcionar facilidade para o correto lançamento e adensamento do concreto;
- Não influenciar nas características do concreto;
- Segurança;
- Economia.

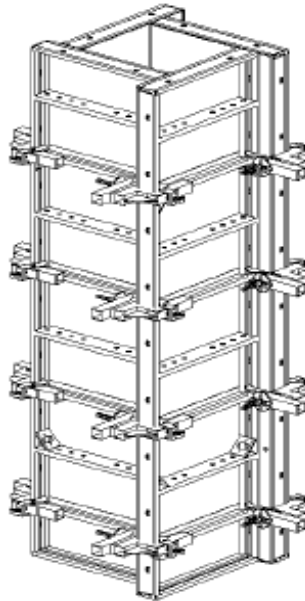


Figura 4- Detalhe de uma forma para pilar racionalizada (SENAI, 1980).

Segundo Melhado (1998):

“A forma é um elemento transitório, isto é, não permanece incorporado ao edifício, tendo uma significativa participação no custo da obra como um todo. É uma parte da que merece estudos específicos para a sua racionalização e, portanto, melhor aproveitamento e, conseqüente, redução de custos”.

2.4.2 ARMADURAS

Para Melhado (1998), o concreto armado

“Tem boa resistência à compressão da ordem de 25 MPa, enquanto o aço tem excelente resistência à tração e à compressão da ordem de 500 MPa chegando em aços especiais para concreto protendido a 2000 MPa. No entanto, a resistência à tração dos concretos é muito baixa, cerca de 1/10 da sua resistência a compressão, o que explica o seu emprego solidariamente com o aço” (Melhado, 1998, p.24).

O concreto armado é, portanto, a aliança de materiais com características mecânicas diferentes e complementares, por isso seu emprego em estruturas como as de nosso estudo.

Para Melhado (1998), o concreto utilizado poderá ser produzido na obra ou comprado de alguma central de produção, no entanto, seja qual for a sua procedência, deverá ser devidamente controlado antes de sua aplicação, sendo que, os ensaios mais comuns para o recebimento do concreto são o “slup-test” e o controle de resistência à compressão (fck).

Segundo o autor, é recomendável o lançamento do concreto em camadas, facilitando assim, a vibração e o adensamento uniforme do concreto no interior da forma.

A primeira etapa para preparo da armadura é corte dos fios e barras. “Os fios e barras são cortados com talhadeiras, tesourões especiais, máquinas de corte (manuais ou mecânicas) e, eventualmente discos de corte” (Melhado, 1998, p.27).

Terminada a operação de corte do aço, é necessário que se preceda o controle da mesma, verificando as dimensões do cortado, com o especificado em projeto (Melhado, 1998). Esse procedimento é importante para que não haja nenhuma peça fora das especificações.

Após a liberação da armadura cortada, dá-se início o processo de dobra. Esse processo é realizado sobre uma bancada de madeira com pregos (pinos) e com a ajuda de uma ferramenta própria para essa função (Melhado, 1998).

Assim como para corte, também temos máquinas de dobramento automático, que tem o uso justificado num pedido ou numa obra de grandes proporções, pois além de apresentar uma maior qualidade, ainda gera um grande rendimento do serviço por ela executado (Melhado, 1998).

Após a dobra das peças é feita a montagem do aço na forma já preparada, onde a armadura deverá ser posicionada corretamente através de espaçadores, que garantirão a posição correta da armadura para daí então operar-se o alçamento do concreto.

2.5. SISTEMAS ESTRUTURAIS EM ESQUELETO

Segundo a ABCP

“Sistemas em esqueleto consistem de elementos lineares – vigas, pilares, de diferentes formatos e tamanhos combinados para formar o esqueleto da estrutura. Estes sistemas são apropriados para construções que precisam de alta flexibilidade na arquitetura. Isto ocorre pela possibilidade do uso de grandes vãos e para alcançar espaços abertos sem a interferência de paredes. Isto é muito importante para construções industriais, shopping centers, estacionamentos, centros esportivos e, também, para construções de escritórios grandes” (ABCP, 1994, p.2).

O conceito da estrutura em esqueleto oferece maior liberdade no planejamento e disposição das áreas do piso, sem obstrução de paredes internas ou por um grande número de pilares internos (figura 5).



Figura 5 – Sistema estrutural em “esqueleto”.

Pelo fato de que nas estruturas em esqueleto o sistema portante ser normalmente independente dos subsistemas complementares da edificação, como os sistemas de fechamento, sistemas hidráulicos e elétricos, etc., é fácil adaptar as edificações para mudanças no seu uso, com novas funções e inovações técnicas.

Ainda segundo a ABCP, “o conceito de esqueleto também oferece uma grande liberdade para o arquiteto na escolha do sistema de fechamento. Os elementos estruturais são bem adaptáveis para uma produção racional e processos de montagem” (ABCP, 1994, p.4).

2.6 ESTRUTURAS METÁLICAS

Segundo a CEHOP (2002), as estruturas metálicas são estruturas formadas por associação de peças metálicas ligadas entre si por meio de conectores ou solda. Estas

peças têm suas seções transversais limitadas em função da capacidade dos laminadores e seus comprimentos limitados em função dos transportes disponíveis. Os conectores mais usados são os parafusos, uma vez que os rebites estão cada vez mais em desuso.

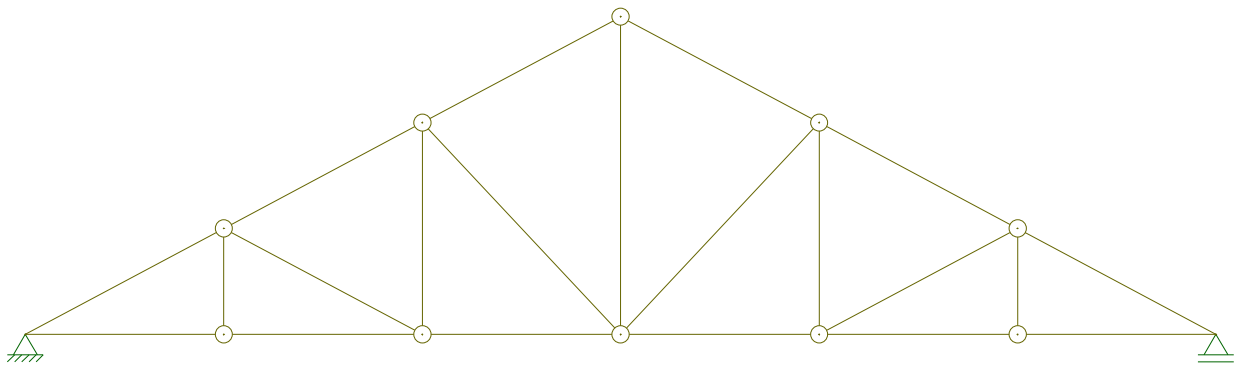


Figura 6 – Estrutura metálica típica para cobertura.

2.6.1 PRODUTOS SIDERÚRGICOS PARA ESTRUTURAS

Segundo a CEHOP (2002), as chapas, barras e perfis laminados são fabricados em laminadores e passados sucessivas vezes até alcançarem as dimensões normatizadas. As chapas são classificadas em grossas (espessura igual ou superior a 3/16”-4,76mm) e finas, de acordo com a MSG (Manufacturer’s Standard Gauge).

As barras possuem as dimensões da seção transversal muito pequena em relação ao seu comprimento. Podem possuir seção quadrada, retangular alongada (barra chata) ou circular. Os perfis laminados, muito usados como peças estruturais, principalmente vigas, possuem seção transversal em “H”, “I”, “U” e “L”(cantoneiras).

2.6.2 LIGAÇÕES COM PARAFUSOS E SOLDAS

2.6.2.1 LIGAÇÕES COM PARAFUSOS

Segundo a CEHOP (2002), os diâmetros dos furos para parafusos não ajustados deverão ter uma folga máxima de 1,6 mm em relação ao diâmetro do parafuso.

No caso de parafusos ajustados, este valor da folga será de 0,5 mm.

Ainda segundo a CEHOP (2002), nas furações, a precisão deverá ser tal que, após a montagem, um pino de diâmetro igual $0,9 d$, sendo “d” o diâmetro nominal do furo possa ser introduzido perpendicularmente às faces das peças sem deformar os furos.

As peças a serem furadas em conjunto deverão ser rigorosamente apertadas, para evitar a penetração de rebarbas entre as superfícies de contato.

Os parafusos, porcas e arruelas constituem peças especiais. Os parafusos podem ser classificados em comuns, ajustados e de alta resistência sendo:

Comuns - obtidos em forja com aços de moderado teor de carbono, tendo, geralmente, numa extremidade, uma cabeça quadrada ou sextavada e na outra, rosca com porca.

Ajustados - são torneados e considerados peças de precisão.

De alta resistência - são produzidos com aço carbono temperado, sendo o mais comum o aço ASTM A325.

2.6.2.2 LIGAÇÕES COM SOLDA

Segundo a CEHOP (2002), as ligações com solda serão executadas conforme definições em projeto, considerando-se sua posição, seu tipo e o tipo de entalhe nas peças a serem unidas.

Nestas especificações serão consideradas somente as soldas por fusão, isto é, aquelas em que, através do calor, consegue-se a fusão local de duas peças em contato.

Os tipos de soldas, de acordo com CEHOP (2002), são:

- Pontos de solda - segmentos de solda, aplicados na montagem de oficina, para manter na posição adequada as peças a serem unidas.
- Cordão de solda - metal de solda depositado ao longo de uma junta formando um elemento contínuo.
- Cratera - depressão no cordão de solda, formado pelo arco voltaico no momento de sua extinção.
- Solda de filete (solda de ângulo) - solda de seção transversal aproximadamente triangular, unindo duas superfícies aproximadamente ortogonais.
- Garganta de um filete (altura de um filete) – altura relativa à hipotenusa do maior triângulo retângulo que puder ser inscrito na seção transversal do filete.
- Lados de um filete (pernas de um filete) - são os catetos do maior triângulo que puder ser inscrito na seção transversal de um filete.
- Passe - metal de solda depositado em uma passagem do eletrodo ao longo do eixo da solda.

- Sobreposto - metal de solda escorrido sobre o metal base, sem fusão local.
- Mordedura - depressão causada por fusão no metal base, ao pé da solda.
- Raiz da junta - zona da junta em que é menor o afastamento das peças a unir.
- Abertura da raiz - distância entre as peças a unir, na raiz da junta.
- Junta de topo - junta entre duas peças, topo a topo, dispostas aproximadamente no mesmo plano.
- Chapa auxiliar de espera (cobre-junta) – material usado como apoio, atrás da junta, durante a soldagem, que evita o vazamento da solda através da fresta. Após a solda poderá ser retirada ou não.

Para a CEHOP (2002), as soldas deverão ser executadas, sempre que praticável, na posição plana. O processo e a seqüência de soldagem adotados em cada caso deverão ser tais que minimizem os efeitos da retração da solda, como empeno das peças e tensões residuais.

Ao se executar uma solda que deverá trabalhar à tração, deverão ser tomadas medidas especiais para que as partes que possam oferecer algum impedimento à retração tenham possibilidade de retrair-se, deformar-se ou deslocar-se suficientemente, a fim de evitar tensões residuais exageradas.

2.6.3 PINTURA DA ESTRUTURA

O preparo das superfícies, o tipo de tinta e o número de demãos dependerão da agressividade do meio ambiente a que as peças estruturais serão submetidas.

Preliminarmente, deverão ser removidos óleos, graxas e gorduras, através da aplicação de solventes emulsificáveis, seguida de lavagem com água abundante.

2.6.4 MONTAGEM

Preferencialmente, a estrutura será levada pronta para a montagem, devendo o construtor executar, no campo, os retoques em função de pequenas avarias localizadas.



Figura 7 – Preparo para montagem da estrutura.

3. METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÕES DO ESTUDO

Esta pesquisa pode ser classificada, quanto aos objetivos, como exploratória e descritiva, utilizando-se de um estudo de caso, pois fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados.

Um estudo de caso não é exatamente uma metodologia, e sim uma estratégia de pesquisa. Não basta que você tenha um objeto empírico para que tenha “um estudo de caso”.

Segundo a UFRGS (2007), para que este assim se configure, deve cumprir certas exigências como:

- ser um estudo intensivo;
- preservar o caráter único do objeto investigado;
- ocorrer no ambiente natural do objeto;
- ser limitado quanto a tempo, eventos ou processos.

Quanto aos procedimentos, a pesquisa é documental e bibliográfica, pois se utiliza de fonte de papel e documentos para construir um modelo da realidade.

A pesquisa bibliográfica consistiu no exame da literatura científica, para levantamento e análise do que já se produziu sobre determinado tema. Os principais objetivos da pesquisa bibliográfica são (UFJF, 2008):

- Conhecimento exaustivo do que já foi publicado sobre o assunto;

- Atualização do pesquisador, evitando-se duplicação de pesquisas, redescobertas, acusações de plágio e perda de tempo;

- Atualização do profissional e/ou educação continuada.

A pesquisa documental é aquela elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico (SILVA e MENEZES, 2001). O método da pesquisa documental vale-se de documentos originais, que ainda não receberam tratamento analítico por nenhum autor. Os documentos que podem fazer parte desta são: documentos institucionais conservados em arquivos; documentos institucionais de uso restrito; documentos pessoais, como cartas e emails; fotografias, vídeos, gravações; leis, projetos, regulamentos, registros de cartório; catálogos, listas, convites, peças de comunicação; instrumentos de comunicação institucionais entre outros (UFRGS, 2007).

Além disso, trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois considera que tudo pode ser quantificável, sendo traduzidas em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer uso de recursos e de técnicas estatísticas, como percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc. (SILVA e MENEZES, 2001, p. 20).

3.2. PLANEJAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa se desenvolveu em torno de duas obras, uma construída com estruturas pré-moldadas e outra executada *in loco*.

Os valores pesquisados estão dispostos em três tabelas, uma das tabelas modelo com os valores dos materiais de construção, como a que segue na Figura 7, outra com os valores da mão-de-obra, como mostra a Figura 8 e, ainda, outra com os valores dos custos adicionais, como a Figura 9. Isso possibilitou o cálculo da participação percentual de cada

grupo de custos no custo total. Para a construção das tabelas foi utilizado o software Microsoft Office Excel 2007.

Material	Data	Valor (R\$)	Valor (CUB)

Figura 8 – Tabela modelo para levantamento dos materiais de construção

Mão-de-obra	Data	Valor (R\$)	Valor (CUB)

Figura 9 – Tabela modelo para levantamento da mão-de-obra

Custos adicionais	Data	Valor (R\$)	Valor (CUB)

Figura 10 – Tabela modelo para levantamento de custos adicionais

3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Notas fiscais:

Foram utilizadas as notas fiscais de ambas as empresas construtoras e administradoras das obras em estudo. A nota fiscal é um documento que tem por fim o recolhimento de impostos. É este documento que comprova a existência de um ato comercial, ou seja, da compra e venda de mercadorias ou prestação de serviços.

Microsoft Office Excel 2007:

As tabelas de custos dos materiais e da mão-de-obra foram desenvolvidas no Microsoft Office Excel 2007. O Microsoft Office Excel é um programa de planilha eletrônica que possui recursos que incluem uma interface intuitiva e capacitadas ferramentas de cálculo e de construção de gráficos.

3.4 CANTEIRO X INDÚSTRIA

Com relação às questões técnicas, pré-moldar as peças não difere muito de moldá-las *in loco*. Basta lembrar que o que muda é apenas o método construtivo, sendo que o material usado é o mesmo. Assim, a dosagem da massa, por exemplo, deve ser feita da mesma maneira do que no concreto convencional. A única diferença é que um esquema industrial envolve volumes maiores. A cura também não teria nenhum segredo se não fosse um pequeno detalhe de ordem econômica: no pré-moldado, o que garante ganho de custo é a rapidez na produção. Se for preciso acelerar o saque para liberar a fôrma, o artifício utilizado é exatamente a cura.

No geral, podemos dizer que nunca se devem empilhar muitas peças e recomenda-se sempre colocar pontaletes entre elas, para evitar que se formem flechas ou contra flechas. Além disso, tanto no caso de optar pelo pré-fabricado como pela produção no canteiro, são necessários equipamentos de montagem e içamento, como pórticos, guias e guindastes.

Segundo Portela (2003),

“para tornar viável criar uma fábrica no canteiro é preciso, primeiro, espaço suficiente. Ali será preciso ter rigorosamente a mesma estrutura de uma indústria, das fôrmas metálicas ao laboratório de controle da qualidade. As vantagens de produzir em canteiro são os componentes não estarem sujeitos à tributação e não existirem limitações de gabaritos para

Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco*.

transporte. Já as principais desvantagens são as condições desfavoráveis em comparação com uma indústria, que dificultam a otimização da produtividade e o controle da qualidade”.

Embora a filosofia de produção baseada na idéia de pré-moldar as peças de concreto seja a mesma nos dois casos, os resultados obtidos apresentam muitas variações. No caso das peças pré-fabricadas na indústria as condições são sempre as mesmas; o mesmo não pode ser dito sobre uma estrutura montada temporariamente no canteiro. Uma fábrica que cria uma filial no canteiro vai trabalhar de maneira diferente do que alguém que não tem cultura de pré-fabricados, pois cada um reproduz aquilo que conhece.

3.5. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS

A fabricação dos elementos pré-moldados em fábrica pode ser dividida em três fases: fase preliminar, onde há o armazenamento da matéria-prima, a dosagem e mistura do concreto e o preparo da armadura; a fase de execução é onde é feita a limpeza das fôrmas, aplicação do desmoldante, colocação da armadura e peças complementares como os espaçadores, fechamento da fôrma, lançamento e adensamento do concreto, cura e desmoldagem do elemento pré-moldado. A fase seguinte, chamada atividade posterior, consiste no transporte interno dos elementos da área de fôrmas até o armazenamento.

3.5.1 FÔRMAS

As fôrmas são de fundamental importância na fabricação dos elementos pré-moldados, pois são elas que determinam a qualidade do produto e a produtividade do processo. Para isso as fôrmas devem manter a estabilidade volumétrica, possibilitar o reaproveitamento, apresentar pouca aderência com o concreto, facilitar a limpeza, ter

estanqueidade e devem dar às peças exatamente a forma projetada, sem se deformarem quando da concretagem.



Figura11 - Fôrma metálica para pilar

3.5.2 ARMADURA

Os trabalhos de armação dos elementos pré-moldados são os mesmos das estruturas moldadas no local. No entanto, a produção em série e a execução em local apropriado possibilitam uma maior facilidade na racionalização dos trabalhos.

3.5.3 ADENSAMENTO

O adensamento é uma atividade importante na execução do concreto pré-moldado, pois ele tem forte implicação na qualidade do concreto. Em princípio, procura-se utilizar concretos com resistências mais altas que os concretos das estruturas moldadas no local.

Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco*.

local. O adensamento pode ser feito por vibradores de agulha e mesas vibratórias ou por centrifugação que é geralmente aplicado a pilares.

Segundo Mattos (1997), a vibração do concreto talvez seja a etapa mais importante da concretagem. Se malfeita, pode representar o surgimento futuro de trincas, a exposição precoce de armaduras e até o comprometimento da peça.

Conforme a norma NBR 9062 (2001), durante ou imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser adensado por vibração, centrifugação ou prensagem, permitindo-se a adoção de mais de um destes métodos, concomitantemente. O adensamento deve ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os recantos da fôrma. Durante o adensamento devem ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais; deve-se evitar, quando da utilização de vibradores de imersão, o contato do vibrador com a armadura para que não se formem, com a vibração desta, vazios ao seu redor, com prejuízo da aderência.



Figura12 – Fôrma com pilar pré-moldado, concretado.

3.5.4 ENDURECIMENTO DO CONCRETO

Na fabricação dos elementos pré-moldados procura-se liberar a fôrma e o elemento moldado o mais rápido possível, para aumentar a produtividade do processo, acelerando o endurecimento do concreto. Para isso é comumente utilizado cimento de alta resistência inicial (cimento ARI), e aditivos.

Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco*.

3.5.5 CURA

A norma NBR 9062 (2001) divide a cura em dois tipos:

- A cura normal, que estabelece que enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser protegido contra agentes prejudiciais, como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, bem como choque e vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuração na massa do concreto, ou prejudicar a sua aderência à armadura.

- A cura acelerada, onde o endurecimento do concreto pode ser antecipado por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem.

Segundo Hartmann (2005), para garantir as reações de hidratação dos cimentos e retardar a retração dos concretos, a cura deve ser iniciada duas a três horas após o lançamento.

É comum manter uma lâmina d'água sobre a peça concretada, pois a evaporação prematura pode provocar fissuras na superfície do concreto e reduzir sua resistência. O prazo mínimo é de sete dias.

3.5.6 DESMOLDAGEM

A desmoldagem é feita por meios mecânicos ou manuais. Um ponto importante nesta fase é a resistência do concreto. Esta deve ser superior a 10MPa, para que seja garantida a integridade durante as solicitações ao qual a peça passa a ser submetida. Quando a desmoldagem é feita com baixa resistência podem ocorrer deformações excessivas, perda de resistência, fissuração e quebra de cantos e bordas.

Segundo a norma NBR 9062 (2001), o projeto e a execução das fôrmas deve atender todas as condições para fácil desmoldagem, sem danificar os elementos concretados, como previsão de ângulos de saída, livre remoção das laterais e cantos chanfrados ou arredondados. Após a desmoldagem as fôrmas devem ser cuidadosamente limpas antes de cada utilização e isentas de pintura ou outras substâncias protetoras que possam aderir à superfície dos elementos de concreto.

Segundo Hartmann (2005), o concreto deve ser desenformado quando resistir ao seu próprio peso e às cargas atuantes sem sofrer deformações significativas.

3.5.7 DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA O MANUSEIO

Os dispositivos auxiliares utilizados para o manuseio dos elementos são os dispositivos utilizados para o içamento. Esses dispositivos podem ser laços, chapas chumbadas ou garras e ainda laços ou argolas, rosqueadas após a fabricação do elemento pré-moldado.

3.5.8 TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

O transporte interno das peças é feito com auxílio de pórticos rolantes, carrinhos de rolamentos e caminhões guindastes, que retiram as peças da área de fabricação e levam até as áreas apropriadas de armazenamento.

No armazenamento o concreto atinge a resistência de projeto. Sempre que possível as peças devem ser armazenadas na mesma posição de utilização definitiva.

No transporte dos elementos até o local de montagem podem ocorrer ações dinâmicas que podem danificar o elemento. É recomendado que os elementos sejam fixados e

apoiados. As limitações quanto ao transporte são decorrentes das dimensões da rodovia e da capacidade dos veículos.

3.5.9 MONTAGEM

Na montagem da estrutura os equipamentos mais utilizados são os guindastes acoplados a caminhões. Os fatores que influenciam na escolha do equipamento são, basicamente, as dimensões das peças, pesos e condições de acesso ao canteiro de obra.

3.5.10 CONTROLE DE QUALIDADE

Segundo a NBR 9062 (2001), o controle de qualidade e a inspeção de todas as etapas de produção, transporte e montagens dos elementos pré-moldados devem ser executados de forma a garantir o cumprimento das especificações do projeto.

Ainda segundo essa norma, os elementos produzidos em usina ou instalações analogamente adequadas aos recursos para produção e que disponham de pessoal, organização de laboratório e demais instalações permanentes para o controle de qualidade, devidamente inspecionada pela fiscalização do proprietário, recebem a classificação de pré-fabricados, desde que sejam atendidos os requisitos de:

- Na execução de elementos pré-fabricados, os encarregados da produção e do controle de qualidade devem estar de posse de manuais técnicos, cuidadosamente preparados pela direção da empresa responsável pelos trabalhos, que apresentem de forma clara e precisa, pelo menos, as especificações e procedimentos seguintes:

- a) Fôrmas, montagem, desmontagem, limpeza e cuidados;

- b) Armadura, diâmetro dos pinos para dobramento das barras, manuseio, transporte, armazenamento, estado superficial, limpeza e cuidados;
- c) Concreto, dosagem, amassamento, consistência, descarga da betoneira, transporte, lançamento e adensamento;
- d) Manuseio e armazenamento dos elementos, utilização de cabos, balancins ou outros meios para suspensão dos elementos, pontos de apoio, métodos de empilhamento, cuidados e segurança contra acidentes;
 - Os elementos devem ser identificados individualmente e, quando conveniente, por lotes de produção.
 - Os elementos produzidos em condições menos rigorosas de controle de qualidade e classificados como pré-moldados devem ser inspecionados individualmente ou por lotes, através de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

4. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Com o objetivo de fazer uma primeira avaliação da viabilidade econômica da proposta construtiva, foi desenvolvida uma comparação de custos para um caso típico entre um pavilhão com as mesmas dimensões e tamanhos, com uma sistemática construtiva convencional e estrutura de concreto armado *in-loco*, e um no sistema de estrutura pré-moldada.

Podemos salientar que neste estudo de viabilidade, não foi levado em conta os diversos investimentos em ambas as empresas, como máquinas e equipamentos envolvidos nas execuções das obras.

O valor dos insumos tem base nos dados coletados pelo IBGE no mês de setembro de 2009 na localidade de Porto Alegre para a CAIXA. Os dados coletados em campo estão disponíveis no anexo 1 e nas tabelas a seguir:

Pederiva Construções			
Orçamento pilar 0.24x0.32x5m			
Material	Quantidade	Valor do produto R\$	Valor total R\$
Concreto m ³	0,238	R\$ 255,00	R\$ 60,69
Ferro 12,5mm	4	R\$ 39,85	R\$ 159,40
Ferro 5mm	3	R\$ 6,15	R\$ 18,45
Arame recozido n ^o 16	1	R\$ 6,20	R\$ 6,20
			R\$ 244,74

Tabela 2: orçamento dos materiais de um pilar pré-moldado.

Marques Construções			
Orçamento pilar cônico 0.25x0.60x0.25x0.30x5m			
Material	Quantidade	Valor do produto R\$	Valor total R\$
Concreto m ³	0,563	R\$ 235,00	R\$ 132,31
Ferro 12,5mm	6	R\$ 39,85	R\$ 239,10
Ferro 5mm	3	R\$ 6,15	R\$ 18,45
Arame recozido n ^o 16	1,5	R\$ 6,20	R\$ 9,30
			R\$ 399,16

Tabela 3: orçamento dos materiais para um pilar moldado *in-loco*.

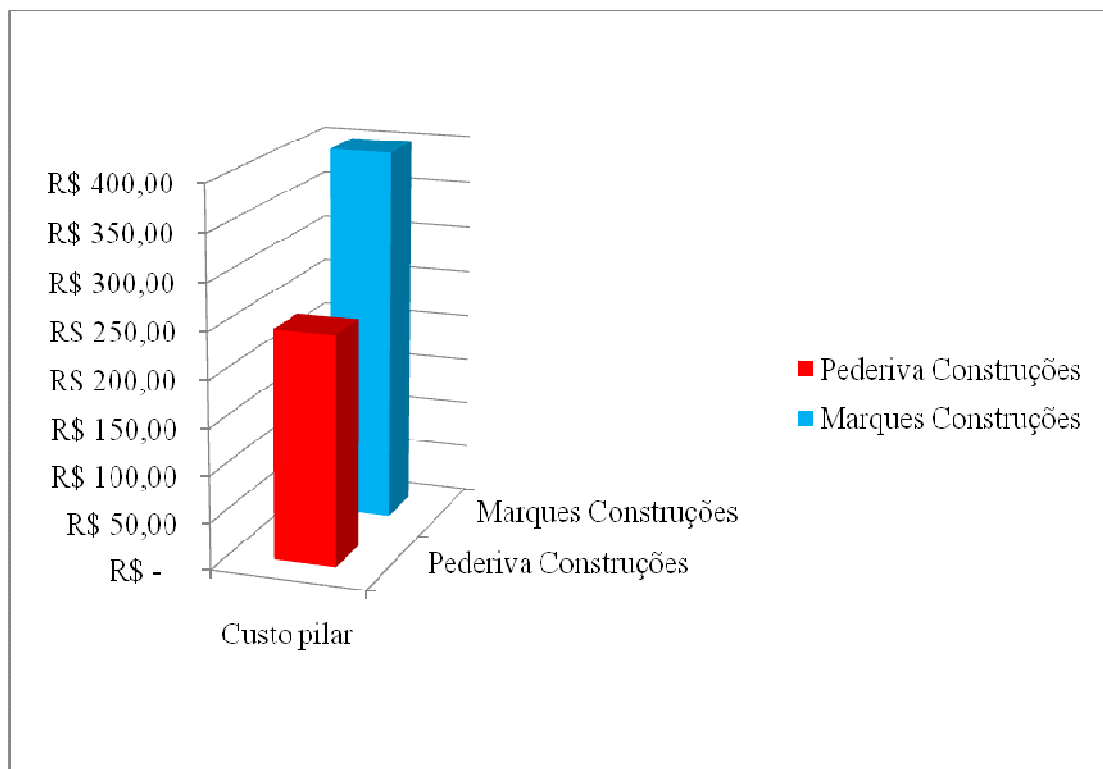


Figura 13: comparativo de custo de pilar sem mão de obra

A figura a seguir é relativa às tabelas 4 e 5, que se encontram no ANEXO 1.

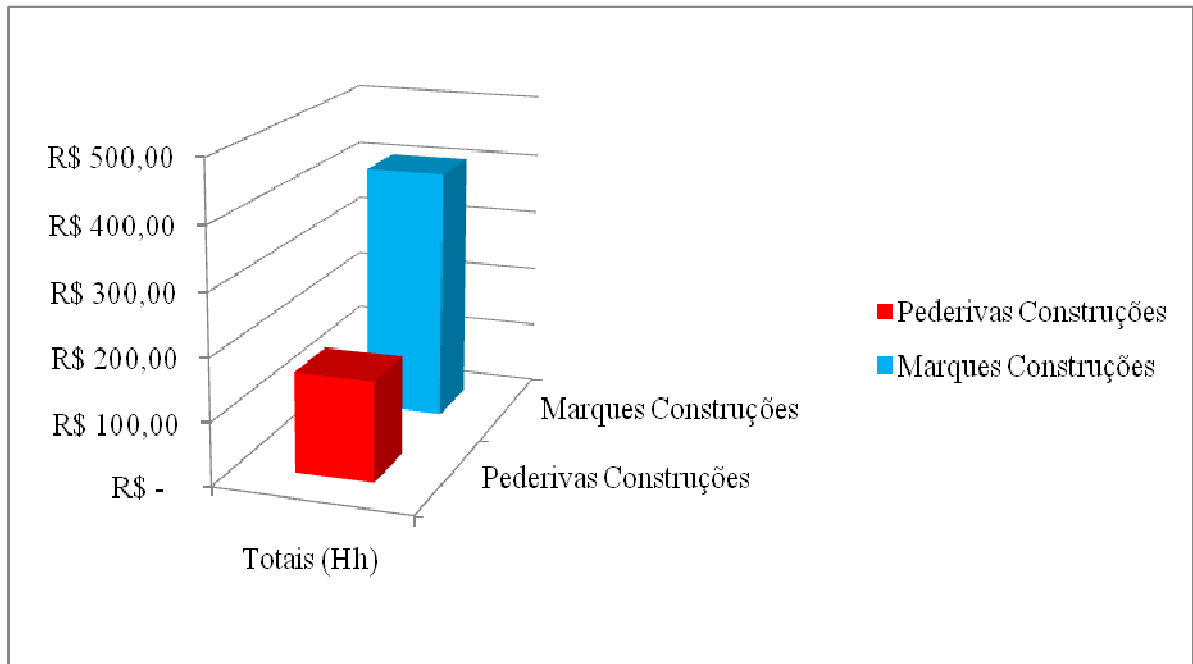


Figura 14: comparativo de custo de mão de obra.

Diante dos custos apresentados nas planilhas acima percebemos que existem pontos relevantes a serem considerados quando comparado os dois sistemas (Convencional *In-loco* x estrutura pré-moldada), tais como:

- **Fôrma:** Neste caso específico não foi observada a diferença do custo entre as fôrmas, pois no mesmo foram utilizadas fôrmas metálicas para execução *in-loco*, como mostra a figura 13. Mas podemos considerar que num sistema convencional *in-loco* existe a utilização de fôrmas de madeira que além do custo elevado e o desperdício de materiais se comparado com a metálica, ainda apresenta baixo número de repetições nas suas reutilizações. Devido a isso, o uso da fôrma metálica se torna mais vantajoso quando o volume de peças a ser produzido é elevado.



Figura 15: fôrma metálica utilizada na execução *in-loco*.



Figura 16: fôrma metálica sendo preparada para execução *in-loco*.

- Equipamentos de montagem: Esses são instrumentos peculiares na utilização do pilar pré-moldado. Deve ser considerada pelo fato de ser necessário ter toda uma logística de transporte e risco no processo de içamento e instalação no seu destino, sendo um equipamento não muito comum e, portanto, com custo elevado no conjunto.

Os valores encontrados nas tabelas 2, 3 e ANEXO 1, representados nas figuras 13 e 14, mostram que entre os dois sistemas, diante das mesmas condições, a variação de custos é expressiva entre pilares. Foi constatado um custo total para um pilar pré-moldado da empresa Pederiva Construções no valor de R\$ 403,73, sendo que o custo para execução do mesmo modelo de pilar moldado *in-loco*, executado pela empresa Marques Construções é de R\$ 803,82. A diferença de custo entre esses dois processos é de 49,77% por pilar.

Considerando que o valor comercial de um pavilhão é de R\$ 150,00 por m² de estrutura e que as duas empresas, Pederiva Construções e Marques Construções se igualam nesse valor de mercado, usamos o exemplo das obras executadas com dimensões de 15x35m, ou seja, 525m² de área construída com um valor total de R\$ 78.750,00. É importante salientar que 60% desse valor, ou seja, R\$ 47.250,00 são gastos em ambas as empresas, apenas na parte da estrutura metálica para execução da cobertura. Os 40% restantes são gastos na execução dos pilares, sendo que os mesmos são distribuídos em vãos de 5m. Para execução de ambas as obras foram necessários 20 pilares, gerando um lucro de R\$ 15.005,60 para a empresa Marques Construções, e um lucro de R\$ 23.425,40 para empresa Pederiva Construções, a qual atingiu um percentual de 10,69% a mais nos lucros, impulsionado pelo uso de pilares pré-moldados na obra.

A diferença e a vantagem da utilização do sistema pré-moldado diante dos custos agregados à obra pelos materiais utilizados como fôrmas, mão de obra, instalação de canteiro com a utilização de tais pilares, seu transporte e montagem, estão nos benefícios da racionalização da construção e na agilidade do processo construtivo, já que não há a necessidade da cura *in loco*, onde proporciona o aumento do nível de qualidade dos serviços,

possibilita a capacitação e a especialização da mão-de-obra e contribui para a redução dos erros na execução dos projetos.

4.1 VANTAGENS DO EMPREGO DE ESTRUTURAS PRÉ – MOLDADAS

Por ser um processo que mais se aproxima de uma indústria, ou seja, por ser manufaturado, pode-se dizer que o sistema construtivo em concreto pré-moldado é o caminho mais curto para uma redução de custos e um maior controle tecnológico para a construção civil. Suas principais vantagens podem ser observadas nos seguintes fatores:

- Produção: A produção de pré-moldados sempre foi vinculada à produção em série e, portanto, a automatização da produção dos elementos de concreto pré-moldado é sempre almejada. Daí a constante necessidade de se investir no desenvolvimento de novos equipamentos.

- Materiais: Atualmente, tem-se investido em pesquisas para melhoria das características do concreto. Portanto, tem-se buscado o desenvolvimento de concretos de alto desempenho e não apenas concretos de alta resistência. O concreto de alto desempenho pode ser conceituado como o concreto que possui as melhores propriedades de acordo com sua destinação. Desta forma, esses concretos são projetados para que tenham as características desejáveis, quer seja resistência e durabilidade, quer seja tempo de cura, quer seja trabalhabilidade, etc. Uma das grandes preocupações atuais é a durabilidade das estruturas. Assim esta propriedade se tornou um aspecto relevante e objeto de pesquisas que se desenvolvem atualmente. 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.

- Projetos: Cada vez mais se tem buscado a automatização de projetos de forma que se possam proporcionar soluções personalizadas. Em busca de se proporcionar

maior versatilidade às construções, há também uma tendência de se projetar estruturas desmontáveis. Ultimamente, nos EUA, Canadá e Europa, se tem empregado muitos elementos de concreto pré-fabricado arquitetônico. O resultado tem sido muito apreciado, tornando-se, portanto, uma tendência do setor, já que certamente o enobrece. Em países como Japão e EUA, onde é forte a ocorrência de sismos e furacões, estão sendo estudadas estruturas de concreto pré-moldado que sejam resistentes à ação destes fenômenos naturais.

- Planejamento da Produção: Independente do local de produção, pré-fabricado de fábrica ou de canteiro, sempre há necessidade de se estabelecer um programa do ciclo de produção.

- Re-utilização de fôrmas: As fôrmas, que podem ser de diversos materiais, são reaproveitadas tantas vezes quantas forem possíveis, dependendo do material, podem ter ciclo de mais de 1000 vezes.

- Otimização da forma das peças com o objetivo de redução de volume (como vigas de pontes). Podendo ainda ser lançado mão da pró-tensão, o que diminui mais ainda a seção das peças trazendo um menor consumo de concreto.

- Redução ou eliminação do cimbramento, uma vez que as peças chegam ao canteiro de obra apenas para serem montadas, já tendo resistência suficiente muitas vezes para suportar as cargas de serviço sem a necessidade de cimbramento.

- Rapidez de construção (montagem), quando o projeto segue os critérios básicos de aceitabilidade dimensional, controle de qualidade entre outros, têm-se um ganho considerável na velocidade de construção.

- Canteiro de obra reduzido, devido à maior racionalidade e planejamento impostos pelo sistema.

4.1.1 PECULIARIDADES DO SISTEMA

- Exige mão de obra especializada tanto na fabricação como na montagem.
- Exige grande integração entre os profissionais de:
 - Arquitetura;
 - Sistemas auxiliares elétricos, hidráulicos e mecânicos;
 - Estrutura;
 - Gerente de Fabricação;
 - Gerente de Montagem.
- Exige especial atenção do engenheiro estrutural com relação aos aspectos de:
 - Estabilidade global das estruturas sob a ação de cargas verticais e horizontais;
 - Detalhes de ligação dos elementos;
 - Esforços durante a desenforma, estocagem, transporte e montagem dos elementos;
 - Adequação das peças à disponibilidade dos equipamentos de fabricação, transporte e lançamento das mesmas.

5. CONCLUSÕES

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas construtivos pré-moldados, em geral, apresentam um custo muito parecido com o sistema convencional. Em termos de planejamento, controle e agilidade não há a menor dúvida sobre a adoção de pré-moldados, pois eles mostraram um resultado muito mais satisfatório do que o obtido através de outros métodos.

A partir dos valores pesquisados em campo e representados neste trabalho por tabelas e figuras, pode-se constatar que entre os dois sistemas, diante das mesmas condições, a variação de custos é expressiva entre pilares. Através dos dados da pesquisa pode-se observar que o valor total para a execução de um pilar pré-moldado da empresa Pederiva Construções é de R\$ 403,73, e o custo para execução do mesmo pilar moldado *in-loco*, executado pela empresa Marques Construções é de R\$ 803,82. A diferença entre esses dois processos é de 49,77% por pilar, demonstrando a vantagem econômica do sistema pré-moldado.

Também foi possível concluir que a viabilidade econômica do empreendimento, mostra que o retorno financeiro maior foi da empresa Pederiva Construções pelo uso dos pilares pré-fabricados. Além disso, o cliente requisitante da obra analisada nesse estudo teve como vantagens na escolha desse sistema, a rapidez na execução, o canteiro de obras reduzido e a garantia de qualidade nos serviços prestados.

REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, CIMENTO E CONCRETO: BOLETIM DE INFORMAÇÕES. Formas de madeira para estrutura de concreto armado de edifícios comuns. São Paulo, n. 50, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1978) *NBR 6118 – Projeto e execução de obras de concreto armado*. Rio de Janeiro. Revisão de 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985). *NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*. São Paulo. Revisão de 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.721 – Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio – procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimentos. Rio de Janeiro, 2003.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Fundamentos do Concreto Armado. 2006. 98 f. Estruturas de Concreto I, Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Bauru, 2006.

BRONDANI, Gilberto. **Um estudo sobre a otimização dos custos na projeção de vigas de concreto em empresa de construção civil**. Dissertação – UFSM, 2000.

BRUMATTI, Dioni O. **Uso de Pré-Moldados – Estudo e Viabilidade**. 2008. 54 f. trabalho de conclusão de curso em engenharia civil-Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória-MG, 2008.

CAIXA. Disponível em: <http://downloads.caixa.gov.br/arquivos/sinapi/relat_ins_est/Precos_Insumos_PR_SET_2009.pdf>. Acesso em: 1/11/2009.

CEHOP. Disponível em: <<http://200.199.118.135/orse/esp/ES00303.pdf>> Acesso em: 13/05/2009

Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco*.

CHAVES, R. **Manual do Construtor: planejamento, equipamento, planta.../.** 18ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1996.

FRANCO, L.S. (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.

HARTMANN, Carine. **Formas estruturais de argamassa e concreto para elementos de concreto armado.** Revista Técnica, n ° 104, nov, 2005.

HEINECK, L.F.M.; ANDRADE, V.A. (1994). **A racionalização da execução de alvenarias do tipo convencional e estrutural através de inovações tecnológicas simples.** In: 5th INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, Florianópolis, BR, 1994. *Anais.* Florianópolis, UFSC/ University of Edinburg/ ANTAC, v.1, p.584-593.

IGLESIA, Tiago Borges. **Sistemas Construtivos em Concreto Pré-Moldado.** 2006. 65 f. trabalho de conclusão de curso em engenharia civil-Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; FERROLI, Paulo Cesar M.; RADOS, Gregório Varvakis. **Custos na construção civil: uma análise teórica e comparativa.** Florianópolis/SC. 1998. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Qualidade no Processo Construtivo. Artigo técnico.

LIMA, Jorge Luiz Patriola. **Custos na construção civil.** 2000, 86p. Projeto de dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFF, 2000.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras.** 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997. 225 pg.

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

MATTOS, Aldo Dórea. Revista Técnica, n ° 29, jul, 1997.

MELHADO, Silvio Burrattino; BARROS, Mercia Maria S. Bottura. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** São Paulo. Projeto EPUSP/SENAI, 1998.

NÓBREGA, Petrus Gorgônio B. de; FERREIRA, Marcelo de Araújo; HANAI, João Bento de. **Avaliação da rigidez de pórticos pré-moldados com ligações pilar-fundação com chapa de base.** In: 46° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON, v. V, p. 103-118, 2004.

PORTELA, Carine. Revista Técnica, n ° 81, dez, 2003.

SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Armador de ferro.** Rio de Janeiro, série metódica ocupacional, 1980. il, 4cm.

SILVA, Adcleides Araújo. **Módulos Celulares Pré-fabricados de Concreto Protendido para Construção de Lajes Nervuradas.** Rio de Janeiro, 2003. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 3ª Edição, 2001. 121 p.

UFRGS. Disponível em: <<http://monografiaufrgs.blogspot.com/2007/09/pesquisa-documental.html>>. Acesso em: 15/04/2009.

UFRJ. Disponível em: <http://www.normalizacao.ufjf.br/subitem.php?nome_item=2%20FASES%20E%20PARTES%20DO%20TRABALHO%20MONOR%20C3%81FICO&id_su>. Acesso em: 15/04/2009.

ANEXOS

ANEXO 1- Tabela 4 para quantificação de homens-hora, empresa Pederiva Construções.

PLANILHA PARA QUANTIFICAÇÃO DE HOMENS-HORA													
Pederivas Construções													
DISTRIBUIÇÃO DIÁRIA DAS TAREFAS (Hh)													
Nome	Qualificação	Equipe direta (Ed)			Hh fundação	Valor R\$ Hh	Custo de montagem	Equipe indireta (Ei)		Somatório Hh R\$	Somatório Hh		
		Hh marcação	Hh montagem	Hh Ferragem				Hh Concretagem	Hh apoio			Hh outros	
OBRA:	Ricardo Meneguethi												
LOCAL:	Santo Augusto- RS												
DATA:	15/4/2009												
PERÍODO:	08:00-12:00/13:30-17:30												
"A"	Mestre	0,5	0,5			R\$ 14,60				R\$ 29,20	2		
"B"	Pedreiro	0,5	0,5	2	1	R\$ 8,76				R\$ 35,04	4		
"C"	Pedreiro					R\$ 8,76				R\$ -	0		
"D"	Ferreiro			2		R\$ 8,76				R\$ 17,52	2		
"E"	Servente	0,5				R\$ 6,05	2			R\$ 15,13	2,5		
"F"	Servente					R\$ 6,05	2			R\$ 12,10	2		
"G"	Servente					R\$ 6,05				R\$ -	0		
Equipamentos										R\$ 50,00			
												Totais (Hh)	
													R\$ 158,99

Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco*.

ANEXO 2- Tabela 5 para quantificação de homens-hora, empresa Marques Construções

PLANILHA PARA QUANTIFICAÇÃO DE HOMENS-HORA													
Marques Construções													
DISTRIBUIÇÃO DIÁRIA DAS TAREFAS (Hh)													
Nome	Qualificação	Equipe direta (Ed)				Valor R\$ Hh	Equipe indireta (Ei)		Somatório Hh R\$	Somatório Hh			
		Hh marcação	Hh montagem	Hh Ferragem	Hh Concretagem		Hh fundação	Hh apoio			Hh outros		
"A"	Mestre	1	3	3	2	R\$ 14,60			R\$ 131,40	9			
"B"	Pedreiro	1	3	3	2	R\$ 8,76			R\$ 105,12	12			
"C"	Pedreiro					R\$ 8,76			R\$ -	0			
"D"	Ferreiro	1		3		R\$ 8,76			R\$ 35,04	4			
"E"	Servente	1	3	3	2	R\$ 6,05			R\$ 72,60	12			
"F"	Servente		3		2	R\$ 6,05			R\$ 48,40	8			
"G"	Servente				2	R\$ 6,05			R\$ 12,10	2			
Totais (Hh)									R\$ 404,66				