

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**Sistema construtivo integrado por painel em concreto pré-moldado
para habitação de interesse social.**

Giovanni Cremasco Donato

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de São Carlos como parte dos
requisitos para a conclusão da
graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Araújo
Ferreira

São Carlos
2011

DEDICATÓRIA

*À minha família, aos meus pais, a minha irmã.
Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado e
em especial a minha namorada Fernanda, companheira
fiel em todos os momentos, principalmente nos mais
difíceis.*

RESUMO

Atualmente nos é mostrado por diversos estudos técnicos, sobre o déficit habitacional presente não só no Brasil como também no mundo. Vemos também que a construção civil esta em uma crescente que tende a tornar a produção de edifícios e casas cada vez maior. Com o objetivo de industrializar a construção, os pré-moldados e pré-industrializados chegam ao mercado com força total, prometendo menos desperdício, maior rapidez e uma maior sustentabilidade na obra.

Este trabalho tem o intuito de demonstrar como é simples o sistema construtivo integrado por painéis pré-moldados de concreto e o quanto é eficaz a sua aplicação na construção de unidades unifamiliares. Uma comparação com os sistemas convencionais utilizados na construção de moradias, também será retratada nesta monografia.

Toda esta demonstração tem um objetivo único que é fazer com que este sistema seja cada vez mais difundido entre a construção civil e com isso o déficit de moradia no país diminua gradativamente.

Palavras-chave: Paineis, Pré-moldado, Sistemas Construtivos.

ABSTRACT

Currently we are shown a number of technical studies, on the present housing shortage not only in Brazil but also worldwide. We also see that the construction is in a growing tends to make the production of buildings and homes increasing. In order to industrialize the construction, precast and pre-industrialized come to market with full force, promising less waste, more speed and greater sustainability in the work.

This work aims to demonstrate how simple building system comprised of panels of pre-cast concrete and is effective as its application in construction of single-family units. A comparison with conventional systems used in housing construction will also be depicted in this monograph.

All this show has a single objective which is to make this system to be increase his system to be increasingly popular in construction and therefore the housing shortage in the country gradually decreases.

Key-words: structural panel, precast concrete, constructive systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de seção transversal do painel. Fonte OLIVEIRA (2002)	10
Figura 2 – Espessura mínima fornecida pela FIP (1982).	21
Figura 3 – Força unitária para o painel. Fonte PHILLIPS e SHEPPARD (1989).....	22
Figura 4 – Momentos referentes a algumas situações lineares de desmoldagem. Fonte PCI (1992)	26
Figura 5 – Desmoldagem com o levantamento da mesa. Fonte CASTILHO (1998).....	28
Figura 6 – Transporte dos painéis em formato de A. Fonte PCI (1992).	28
Figura 7 – Transporte de acordo com o peso do painel. Fonte FIP (1982)	29
Figura 8 – Momento devido a montagem. Fonte PHILLIPS e SHEPPARD (1992).	30
Figura 9 – Deformação do painel devido a temperatura. Fonte CASTILHO (1998).....	31
Figura 10 – Planta de uma fábrica de painel pré-moldado. Fonte GIOVANNI DONATO (2011)	34
Figura 11 – Preparo das formas dos painéis Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	36
Figura 12 – Formas aguardando armação dos painéis. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011).....	36
Figura 13 – Área de estocagem de aço. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	37
Figura 14 – Operário realizando a armação do painel. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	38
Figura 15 – Painéis já armados e aguardando a concretagem. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	38
Figura 16 – Silos. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	39
Figura 17 – Central de concretagem. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	39
Figura 18 – Preparação do concreto para aplicação nos painéis. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	40
Figura 19 – Concretagem dos painéis iniciando pelos pontos de ancoragem. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011).....	41
Figura 20 – Painel concretado e finalizado. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011).....	41
Figura 21 – Ponte rolante da fábrica. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011).....	42
Figura 22 – Argolas de içamento no painel. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	42
Figura 23 – Área de estocagem de painéis. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)	43
Figura 24 – Limpeza do terreno. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)	45
Figura 25 – Execução de radier como fundação da unidade. Fonte LUÍS BACHEGA (2008).....	46
Figura 26 – Radier finalizado. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)	46
Figura 27– Insert para posicionamento dos painéis. Fonte LUÍS BACHEGA (2008).....	47
Figura 28– Transporte dos painéis. Fonte LUÍS BACHEGA (2008).....	47
Figura 29– Movimentação dos painéis para execução da unidade. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)	48
Figura 30– Execução da unidade habitacional. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)	48
Figura 31– Detalhe da ligação entre os painéis. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)	49
Figura 32– Grauteamento da ligação entre os painéis. Fonte LUÍS BACHEGA (2008).....	49
Figura 33– Unidade habitacional unifamiliar. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)	50
Figura 34 – Forma de painel. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	57
Figura 35 – Armação de painel. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	59
Figura 36 – Detalhe do eletroduto posicionado na pré-laje. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	60
Figura 37 – Pré laje finalizada. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS.....	60
Figura 38 – Armação de um painel. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	62
Figura 39 – Bateria de fabricação dos painéis. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS.....	62
Figura 40 – Painéis concretados na bateria. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	63

Figura 41 – Painéis armazenados nos pentes. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	63
Figura 42 – Gabarito de transporte dos painéis. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	66
Figura 43 – Suporte de apoio para transporte dos painéis. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Planilha de custos – Painel pré-moldado - parte 1. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)	15
Tabela 2 - Planilha de custos – Painel pré-moldado - parte 2. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)	16
Tabela 3 - Planilha de custos – Painel pré-moldado - parte 3. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)	17
Tabela 4 - Planilha de custos – Modo convencional - parte 1. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)	18
Tabela 5 - Planilha de custos – Modo convencional - parte 2. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)	19
Tabela 6 – Momentos da desmoldagem. Fonte PCI (1992)	24
Tabela 7 – Momentos da desmoldagem. Fonte PCI (1992) (cont.).....	25
Tabela 8 – Coeficientes dinâmicos. Fonte CASTILHO (1998).	27
Tabela 9 – Forças e momentos no painel devido a gradiente térmico. Fonte CASTILHO (1998).	32
Tabela 10 – Mão de obra utilizada na produção dos painéis. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS	56

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Detalhamento dos objetivos	3
2. PAINÉL PRÉ-MOLDADO	5
2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO SISTEMA EM ESTUDO	5
2.1.1 Industrialização da Construção.....	5
2.1.2 Histórico do pré-moldado.....	6
2.1.3 Painéis pré-moldados em concreto	9
2.2 ANÁLISE ECONÔMICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO.....	12
2.3 O PROJETO DO PAINEL EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO.....	20
3. PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO PAINEL.	33
3.1 A PRODUÇÃO DOS PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS EM FÁBRICAS.....	33
3.2 APLICAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE UNIDADES UNIFAMILIARES EM PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS	45
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
5. REFERÊNCIAS	54
6. ANEXO	56
6.1 PRODUÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS.....	56
6.1.1 FORMAS.....	56
6.1.2 CONFERENCIA DE MEDIDAS.....	57
6.1.3 ARMAÇÃO.....	58
6.1.4 PRÉ-LAJES	59
6.1.5 PAINÉIS	61
6.1.6 CONCRETAGEM.....	62
6.1.7 DESFORMA	64
6.1.8 MOVIMENTAÇÃO DAS PEÇAS	64
6.1.9 ARMAZENAMENTO	64
6.1.10 TRANSPORTE	65

1. INTRODUÇÃO

O Brasil nos últimos anos acarreta um crescimento no setor da construção, sendo um dos fatores disto a facilidade de se obter financiamentos para aquisição e construção de unidades habitacionais, acarretando o aquecimento do setor de empreendimentos imobiliários.

O incentivo proposto através dos programas habitacionais tem como objetivo à diminuição do déficit habitacional brasileiro. Conforme foi mostrado no Fórum Urbano Mundial 5, em que o Ministro das Cidades, Marcio Fortes de Almeida, apontou que segundo estudo elaborado pela fundação João Pinheiro, tendo como ano base 2008, o déficit habitacional é de 5,8 milhões de domicílios, apontando que já houve uma redução, comparado a anos anteriores.

Mesmo com a redução do déficit, a procura pela habitação é muito maior do que se pode produzir, sendo assim, o setor deve apresentar soluções que buscam novas tecnologias que aliam sistemas construtivos que trazem aspectos como: custo, produtividade e sustentabilidade.

Neste contexto a aplicação de um sistema industrializado vem como alternativa para atender toda essa demanda já que consiste em um método produtivo baseado na organização dos processos de produção, com objetivos de redução da quantidade de trabalho humano, aumento da produção de unidades, aumento da qualidade e redução do seu custo final (FERREIRA, 2003).

Neste panorama de sistema industrializado, está inserido a construção com elementos pré-fabricados em concreto, que consiste em pré-fabricar elementos na indústria, utilizando-se de processos mecanizados com um maior controle tecnológico dos elementos, e trazer para o canteiro os elementos já prontos sendo necessário realizar apenas a montagem.

A construção em elementos pré-fabricados em concreto não se limita apenas em fabricar fora do canteiro os elementos, mais sim engloba todo um sistema construtivo, com características próprias que devem ser preconizadas desde o início do projeto respeitando as particularidades estruturais do sistema construtivo (FIB, 2002).

O sistema pré-fabricado une entre outros fatores alguns itens como:

- ✓ Oportunidade para boa arquitetura;
- ✓ Eficiência estrutural;
- ✓ Flexibilidade no Uso;
- ✓ Adaptabilidade;
- ✓ Material resistente ao fogo;
- ✓ Construção menos agressiva ao meio ambiente.

Sendo assim sua utilização possui grande potencial de aplicação para empreendimentos habitacionais.

Recentemente, no ano de 2009, o Governo Federal, através do Ministério das Cidades e o Governo do Estado de São Paulo, através do CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano), realizaram ações com o objetivo de promover uma maior racionalização e produtividade da construção habitacional, o que acarreta em um incentivo especial para aplicação de soluções pré-fabricadas de concreto que apresentem desempenho satisfatório, segundo as novas diretrizes nacionais da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e do PBQPH (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).

Com o crescimento do setor de pré-fabricados em concreto há a necessidade de iniciativas que visam garantir a credibilidade ao setor, como a ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto) criada em 2001, com a intenção de promover o desenvolvimento tecnológico garantindo a qualidade dos pré-fabricados, com a criação do Selo de Excelência da ABCIC, que certifica as plantas dos produtores de pré-fabricados em concreto, garantindo assim o produto final de qualidade para o consumidor.

Visando a inserção do pré-fabricado em concreto, aplicado para edificações habitacionais, a ABCIC, em 2009 criou o Comitê de Habitação, que reúne as principais empresas do setor que estão aplicando sistemas pré-fabricados na construção de habitações no Brasil, utilizando da parceria NETPRÉ UFSCar com a ABCIC, será possível utilizar as informações reunidas pelo comitê, dando significativa contribuição a esse trabalho.

A proposta deste trabalho surge neste contexto, onde existe uma demanda pública pela casa própria e por sistemas construtivos industrializados que apresentem bom desempenho, assim sendo, pretende-se mostrar quais soluções construtivas, utilizando elementos pré-fabricados em concreto, existente hoje no Brasil à ser utilizadas para edificações habitacionais unifamiliares.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nos dias atuais verifica-se uma significativa mobilização em alguns subsetores, onde são encontrados sistemas construtivos mais inovadores e novos processos de gestão industrial. Entre estes sistemas, podemos destacar os pré-fabricados em concreto.

A nova realidade hoje na construção civil brasileira coloca a pré-moldagem de painéis de concreto como alvo de grande interesse na busca por respostas visando à modernização e a economia no setor.

No Brasil, a utilização de painéis pré-moldados para unidades habitacionais unifamiliares está em fase inicial, porém a pré-fabricação no país, mesmo sendo relativamente nova já esta posicionada em um patamar elevado em relação a outros países e desenvolveu-se rapidamente a partir da década de 80.

Os aspectos econômicos envolvidos na implementação deste sistema construtivo e o apoio que o governo atual esta fornecendo para financiamento de habitações populares, justificam investimentos em pesquisas que se propõe a estudar sistemas construtivos em painéis pré-moldados para o uso em habitações unifamiliares, como é o caso do trabalho aqui proposto.

A racionalização e a praticidade deste novo sistema em detrimento ao modo artesanal que o sistema construtivo convencional trás para a construção civil, de um modo geral, faz com que o estudo de pré-moldado se torne muito eficaz para a evolução e praticidade da engenharia civil no Brasil.

Finalmente, este estudo apresenta um tema que é abordado muito superficialmente nos cursos de graduação e, portanto, irá ampliar os conhecimentos do futuro profissional no tema específico.

1.2 OBJETIVOS

Apresentar um estudo critico sobre o projeto, produção e aplicação de painéis em concreto pré-moldados para unidades unifamiliares.

1.2.1 DETALHAMENTO DOS OBJETIVOS

- ✓ Apresentar de forma mais clara quais são as características principais do sistema construtivo em estudo.
- ✓ Apresentar quais as principais características de um projeto de painel em concreto pré-moldado utilizado para construção de unidades unifamiliares.

- ✓ Apresentar como é realizada a produção na fábrica de painéis em concreto pré moldado utilizado para construção de unidades uni familiares.
- ✓ Apresentar como é realizada a aplicação e a construção de unidades habitacionais uni familiares utilizando painéis pré-moldados.
- ✓ Realizar uma análise simplificada sobre as vantagens econômicas da utilização de painéis pré-moldados para a construção de unidades habitacionais uni familiares em comparação com métodos convencionais já existentes.

2. PAINÉL PRÉ-MOLDADO

2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO SISTEMA EM ESTUDO

A carência habitacional é, atualmente, um dos maiores desafios urbanos para as políticas públicas das cidades brasileiras e deve impulsionar a busca de soluções tecnológica, econômica e ambientalmente apropriadas para atender a essas necessidades. De acordo com dados do IBGE, o déficit habitacional brasileiro foi de 7,903 milhões de domicílios em 2005 (DÉFICIT, 2007). Os sistemas construtivos utilizados na produção das vedações, na maioria das obras brasileiras, apresentam elevado desperdício de mão de obra, componentes e materiais, pelo emprego de técnicas não racionalizadas (LORDSLEEM JÚNIOR, 1998).

A tendência da construção em geral nas próximas décadas será influenciada pelo desenvolvimento do processo de informação, pela comunicação global, pela industrialização e pela automação. Para isso, alterações de grande escala na base produtiva da construção civil terão que acontecer com a aplicação de métodos industriais ao longo de todo o processo da construção e da engenharia civil.

A industrialização da construção civil, com a utilização dos pré-fabricados em concreto armado, provocou no Brasil e no mundo, maior racionalização e qualidade nos canteiros de obras. Os componentes industrializados apresentam maior controle no decorrer de sua produção, com materiais de boa qualidade, fornecedores selecionados e mão-de-obra treinada e qualificada, tornando assim, as obras mais organizadas e seguras. (VIERO, 2008)

2.1.1 INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Muito se tem dito, no mundo da construção, sobre a definição da industrialização. Todas elas podem ser entendidas numa definição: “a industrialização é a utilização de tecnologias que substituem a habilidade do artesanato pelo uso da máquina” (ROSSO, 1980). Neste sentido, “A produção em série é uma condição necessária para o emprego de uma tecnologia industrializada e determinante de um processo industrial”. E ainda, “Só existe industrialização se há uma tecnologia mecanizada envolvida no processo” (HUTH, 1976).

A racionalização é primordial na industrialização, além se parecer com a mesma. Racionalização significa um processo composto de todas as ações que tenham por objetivo o uso racional dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção para obter qualidade e produtividade e reduzir custos em todas as fases dos processos. Historicamente a racionalização é seguida da industrialização propriamente dita, pois, em primeiro lugar, se substitui a mão-de-obra e tecnologias artesanais pelas máquinas operadas por operários que não são artesãos. Em uma segunda fase, há o interesse em economizar também essa mão-de-obra.

A essência da industrialização é produzir um objeto sem mão de obra artesanal, com máquinas utilizadas por operários especializados, diminuindo assim o tempo despendido em cada etapa construtiva, de tal forma a reduzir os custos aumentando a produtividade e a qualidade do produto final.

2.1.2 HISTÓRICO DO PRÉ-MOLDADO

No Brasil, por não haver devastações devido à Segunda Guerra Mundial, não houve a necessidade de construções em grande escala, como ocorreu na Europa. Desta forma, Vasconcelos (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, conforme 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 foi utilizado 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.

A construtora Mauá começou a pré fabricação em canteiro com a fábrica do Curtume Franco-Brasileiro.

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 nas faculdades da universidade. 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.

A preocupação com a racionalização, ou com a industrialização propriamente dita, aparece de forma sistemática apenas no início da década de 60, e que experiências anteriores foram esporádicas e constituíram eventos atípicos e sem continuidade. Nesta época, premidos por um mercado em expansão, foram feitas, de forma não sistemática, algumas experiências com componentes pré-fabricados leves, podendo ser citados os painéis artesanais de concreto de Carlos Milan, os painéis de fibrocimento e os aglomerados de raspas de madeira.

Ainda na década de 50, o crescimento da população urbana obtinha índices nunca antes vistos, e esse crescimento demasiado causava grandes problemas de déficit habitacional, sendo necessário em 1966 a criação, por parte do governo, do Banco Nacional da Habitação - BNH, que tinha como objetivo diminuir esse déficit e dar impulso ao setor da construção civil, que detinha, na época, 5 % do PIB do país, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1987).

Segundo Oliveira (2002), no início de sua atuação o BNH adotou uma política de desestímulo ao pré-fabricado no setor da habitação, na expectativa de incentivar o emprego maciço de mão-de-obra não qualificada no canteiro. Segundo a ABCI (1980), isso poderia ter atrasado ainda mais o processo de industrialização, caso alguns empresários, não tivessem vislumbrado as amplas possibilidades do pré-fabricado no futuro. Eles entraram numa luta, para mudar o quadro. Assim, o que existe se deve ao arrojo destes empresários,

que se revelaram excepcionalmente interessados nos avanços para a industrialização da construção.

Porém, na segunda metade da década de 70, o banco BNH adotou novas diretrizes para o setor, reorientando sua atuação para o atendimento das camadas de menor poder aquisitivo passando a estimular, ainda que timidamente, a introdução de novas tecnologias, como a construção com elementos pré-fabricados de concreto. Conforme Oliveira (2002), em busca de alternativas tecnológicas para a construção habitacional, o BNH e seus agentes patrocinaram a pesquisa e o desenvolvimento de alguns processos construtivos a base de componentes pré-fabricados e organizaram a instalação de canteiros experimentais, como o Narandiba, na Bahia, em 1978; o Carapicuíba VII, em São Paulo, em 1980; e o de Jardim São Paulo, em São Paulo, em 1981. Contudo, a construção destes edifícios apresentou muitos problemas patológicos e de ordem funcional, crescendo, em muito o custo da sua manutenção e, por isso, alguns tiveram até que ser demolidos.

No ano de 1983, a própria COHAB – SP, através de relatórios técnicos internos denunciava a situação precária das moradias. Após estudo detalhado, o IPT chegou à conclusão que a recuperação era inviável, técnica, operacional e economicamente, recomendando a demolição. Os motivos que levaram o IPT a esta conclusão estavam relacionados ao uso de material inadequado na confecção dos painéis, à execução extremamente deficiente das peças estruturais dos edifícios e à corrosão generalizada das armaduras dos elementos estruturais (pilaretes nas paredes e tirantes nas janelas).

Após fatos como este, os pré-fabricados praticamente deixaram de existir na década de 80, tendo seu retorno apenas na década de 90, devido principalmente ao desenvolvimento da cidade de São Paulo, que passou a receber grandes investimentos na área de serviços, que proporcionou um aumento na construção de shopping centers, flats e hotéis. Estes novos investimentos em obras necessitavam de grande velocidade de execução e venda.

Conforme Oliveira (2002), como estes tipos de edifícios comerciais e hoteleiros exigem mais requinte nos acabamentos de suas fachadas, a fim de valorizar o empreendimento, houve dessa maneira o ressurgimento em utilizar a tecnologia de painéis pré-fabricados de fachada para edifícios de múltiplos pavimentos que incorporam detalhes construtivos e revestimentos em seu acabamento: os chamados painéis arquitetônicos, que aumentam a velocidade de execução da construção e a qualidade estética do produto final.

Segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP (2005), a primeira empresa a colocar os painéis de fachada como produto de mercado foi a Stamp, que trouxe a tecnologia do Canadá e transformou a obra em uma linha de montagem de

componentes. Isso em 1994, com as obras do Condominium Club Ibirapuera em São Paulo, a partir de então vem crescendo sua utilização como alternativa ao emprego das alvenarias nas fachadas de edifícios de múltiplos pavimentos.

Nesta mesma época, algumas empresas resolveram pesquisar tecnologias avançadas que trouxessem economia, velocidade e flexibilidade para a construção civil. Desta forma, a Empresa Walter Torre Jr., em 1993, saiu a campo e importou a tecnologia mundialmente conhecida como “tiltup”. Este sistema possibilitou economia considerável nos custos finais das obras, versatilidade e redução nos prazos de conclusão, além de proporcionar flexibilidade arquitetônica, possibilidade de ampliações, segurança, baixa manutenção e facilidade de implantação em lugares distantes e com pouca infra estrutura.

Atualmente, verifica-se a introdução de diversos elementos pré moldados nas obras no Estado de São Paulo. É cada vez mais crescente a utilização em edifícios comerciais, residenciais, hotéis, flats e até em edifícios industriais. A diversidade das peças e a facilidade de montagem colaboram para que a produtividade, a segurança e a qualidade sejam as grandes qualidades deste sistema construtivo. Outro destaque que pode ser mencionado refere-se aos banheiros pré-fabricados ou como são mais conhecidos, os “banheiros prontos”, que vem ganhando cada vez mais importância junto à construção industrializada. (VIERO, 2008)

Ao lado das inovações do produto surgem também grandes avanços em relação aos materiais.

Outra tendência recente é a utilização de diferentes materiais em uma única obra que possibilita ao arquiteto uma melhor diversidade de escolhas, tornando o sistema construtivo mais flexível. Além disso, a utilização de materiais diferentes faz com que melhor se aproveite o desempenho estrutural de cada material na composição dos elementos e componentes, onde a ótima combinação destes traz maior benefício para o conjunto do sistema estrutural. (VIERO, 2008)

2.1.3 PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS EM CONCRETO

Com o objetivo de identificar e definir os elementos que compõem as vedações verticais escopo deste trabalho, propões-se, primeiro, uma classificação que se refere ao componente construtivo painel pré-fabricado de concreto:

- i) Quanto ao formato geométrico da sua seção transversal, o American Concrete Institute - ACI – (1993) classifica os painéis em:
 - (1) Maciços: aqueles cuja seção transversal é constituída por apenas uma tipologia de material que ocupa todo o volume da peça;

- (2) Alveolares: aqueles cuja seção transversal é constituída de partes ocas (vazios) em todo o comprimento da peça;
- (3) Sanduíches: aqueles constituídos de duas camadas de concreto separadas por um material não estrutural com características de isolante térmico e ou acústico; e
- (4) Nervurados: aqueles reforçados por um sistema de nervuras em uma ou duas direções da peça. A figura 1.0 ilustra esses quatro tipos de formatos geométricos

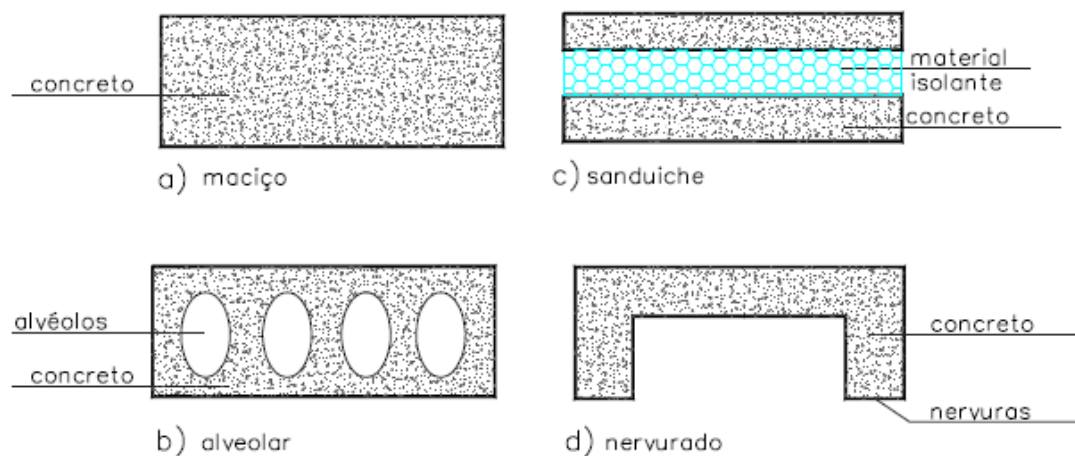


Figura 1 – Tipos de seção transversal do painel. Fonte OLIVEIRA (2002)

ii) Quanto ao acabamento da sua face externa:

- (1) Sem revestimento: aparente com textura e cor natural do concreto
- (2) Com revestimento: Pintado com textura e cor dadas por um revestimento de pintura, com revestimento incorporado no processo de moldagem e com revestimento incorporado após a desforma dos painéis.

De acordo com Taylor (1992), a nomenclatura painel arquitetônico de concreto é uma adaptação do que há mais de cinquenta anos vem sendo chamada de “pedra artificial” e que a BSI (1996) define como qualquer material manufaturado, composto de agregado e cimento, que objetiva imitar em aparência e ser utilizado como alternativa as pedras naturais.

Portanto, os painéis pré-fabricados de concreto em estudo podem ser maciços, alveolares, nervurados ou sanduíches, e tem revestimento em pelo menos uma de suas faces, sendo, por isso, denominados arquitetônicos.

De acordo com Oliveira (2002), o elemento painel pré-fabricado arquitetônico de concreto é aquele composto de unidades pré-fabricadas em formas especiais ou padronizadas, com revestimento em pelo menos uma se duas faces, geralmente a externa, com função de fechamento, fixados na estrutura-suporte por meio de dispositivos de fixação metálicos, com presença de juntas entre as unidades.

As fachadas em painéis pré-fabricados são constituídas, basicamente, por três componentes: o painel propriamente dito, os dispositivos de fixação e as juntas. O painel é composto por uma camada de concreto armado e de uma camada de revestimento e, eventualmente, de uma camada de isolante termo-acústico.

A camada de concreto armado é a base do painel e deve ser projetada para garantir um bom desempenho, ou seja: deve apresentar características que garantam seu isolamento térmico e acústico: sua segurança estrutural sua resistência ao fogo; apresentar durabilidade compatível a do edifício do qual fará parte como componente do subsistema de vedação vertical de fachadas.

Já a camada de revestimento pode contribuir no isolamento térmico acústico do painel, no entanto, para os painéis pré-fabricados, sua principal função é estética.

A camada de isolamento termo-acústico, por fim, tem como função incrementar o desempenho em relação às exigências térmicas e acústicas. Mas, isto sem adicionar peso ao painel, pois é constituída de materiais com baixo peso específico, da ordem de 20 kg/m³ (caso do poliestireno expandido).

2.2 ANÁLISE ECONÔMICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO

De acordo com pesquisa da Fundação Getulio Vargas, elaborado com base em dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) 2009, o déficit habitacional brasileiro é de 5,8 milhões de famílias isto nos mostra que durante um bom tempo, novas residências deverão ser construídas e a viabilização destes negócios deverá ser incentivada cada vez mais pelos governos que virão pela frente.

Planos econômicos como o PAC 1 e o PAC 2 estão surgindo como maiores incentivadores desta corrida ao extermínio do déficit habitacional no país e uma grande parte das construtoras e incorporadoras estão investindo maciçamente nestas novas construções.

Além de o Brasil ser um país que está carente de moradias, temos um enorme potencial de recursos disponíveis para a construção civil. Se não bastassem todos estes recursos disponíveis naturalmente, o mercado de reciclados, com as novas tecnologias no país, está crescendo muito, o que facilita e barateia a aquisição de materiais para a construção civil.

Porém se ao mesmo tempo, muitas construtoras resolverem realizar novos empreendimentos no setor imobiliário, a concorrência se tornará muito grande e os materiais que hoje são tão abundantes, poderá vir a faltar. Isso significa que para termos sucesso no futuro e para tornarmos nossos empreendimentos mais viáveis, temos que investir basicamente em dois princípios básicos que são:

- Vontade do cliente e exigência do mesmo por algo bom e barato.
- Moradias sustentáveis

Hoje em dia a característica da construção civil brasileira é basicamente uma indústria milenar dotadas de técnicas e conceitos empíricos, muito conservadora e retrograda. Vimos que em uma obra, o desperdício tanto de mão de obra como de material é enorme. De acordo com dados do IBGE, (2004), o município de São Paulo produz 17 mil toneladas de resíduos da construção civil e demolição por dia, o que é algo assustador para o padrão de tecnologia e conhecimento global.

A Construção no Brasil é também muito agressiva ao meio ambiente e mesmo com as novas tecnologias de reciclagem tão atuantes, as perdas que ocorrem no canteiro são grandes. De acordo com Mercia Maria Bottura de Barros, professora do curso de engenharia civil da USP, em 1998 9% de todo o concreto usinado era perdido, 11% de todo o aço, 13% de todo o bloco, 14% de todas placas cerâmicas e em 2007, 16% das placas de gesso acartonado, estes índices são assustadores.

Diante de todos estes fatos demonstrados, podemos realizar duas perguntas que são de fundamental importância para a conclusão deste trabalho:

- Frente ao cenário, e às características do setor, como ser competitivo?
- Como atender a demanda por habitações econômicas e de interesse social?

A resposta é simples e se baseia na necessidade de uma mudança radical de postura e cultura na construção civil nacional.

Hoje em dia, novas tecnologias construtivas e novas formas de organização da produção são fundamentos que devem servir como missão e valores de empresas que pretendem trabalhar no ramo da construção e o sistema de painéis pré-fabricados de concreto armado com função estrutural portante, se encaixa perfeitamente nesta situação.

Porém não basta apenas obtermos uma tecnologia e não fazermos o uso máximo de todas as atribuições que ela nos proporciona, devemos inserir tal tecnologia no planejamento estratégico da empresa. Isto nos gera a obtenção de novos dados como: produção, público, prazos, recurso, fluxo de caixa, e etc.

Voltando a uma das premissas básicas deste tópico, devemos satisfazer a vontade do cliente e isto faz com que tenhamos que analisar a nossa tecnologia e perceber como que ela se enquadra neste quesito, é necessário estudar e analisar qual o desempenho que esta nova tecnologia traz para esta residência ou para determinado ambiente.

O desempenho em si é o comportamento que determinada unidade apresenta em seu estado de utilização. O produto deve apresentar propriedades e características que o capacitem a cumprir suas funções durante a vida útil definida e este comportamento se dá frente ao meio ambiente em que o produto está inserido.

A avaliação de desempenho consiste em prever o comportamento potencial do edifício, seus elementos e componentes, quando em utilização. A NBR 15575 está sendo implantada e tende a ajudar e muito na qualificação e obtenção de um desempenho aceitável em edificações no país.

Através de pesquisas bibliográficas e testes realizados em campo chega-se a conclusão que um sistema que atende aos principais itens citados acima, como satisfação do cliente, custo baixo de produção, prazos satisfatórios, inovação tecnológica e acima de tudo, um sistema que tem como premissa garantir um conforto para o usuário gerando ótimos índices em avaliações de desempenho é o sistema construtivo de painéis em concreto pré-fabricados, tema deste trabalho de conclusão de curso.

Com o objetivo de fazer uma análise da viabilidade econômica da proposta deste sistema construtivo, foi elaborada uma comparação de custos para um caso típico entre uma casa, de 6 pavimentos com as mesmas dimensões e tamanhos, com uma sistemática construtiva convencional e uma no sistema de painel pré-moldado.

A alternativa construtiva convencional remete a uma edificação na qual a sua alvenaria é uma alvenaria de vedação, portanto sem função estrutural, com um conjunto de pilares e laje maciça plana executada in-loco enquanto que a alternativa em painel pré-moldado foi necessária à criação de uma central de pré-moldados para que fosse possível produzir e armazenar um volume maior de painéis pré-moldados maciços e planos para assim dar vazão para a execução da estrutura como um todo.

As planilhas orçamentárias que serão expostas a seguir foram obtidas a partir de estudos realizados por Peppe e Brandt, em 2009 e elas nos evidenciam as vantagens econômicas da realização desta residência utilizando os painéis pré-moldados.

ÁREA : 93,36 m²					
DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
FUNDAÇÕES - sapata corrida (e=9cm, l=60cm)					
Concreto dosado em central convencional 20 Mpa	Mat.	m3	9,21	242,00	2.228,82
Lona Preta Plástica	Mat.	m2	58,92	0,75	44,19
Pedra britada 2	Mat.	m3	2,02	46,00	92,92
Tela CA60 T 138	Mat.	kg	87,79	5,02	440,72
Argamassa impermeabilizante (h=10cm)	Mat.	kg	36,41	1,68	61,17
Impermeabilização paredes externas (h=0,50 cm)	Mat.	m2	19,64	4,44	87,20
Impermeabilização do piso da sapata corrida	Mat.	m2	48,27	3,34	161,22
Execução da sapata corrida	M.O.	m2	93,36	4,03	376,38
Aplicação da impermeabilização	M.O.	m2	93,36	1,95	182,18
SUBTOTAL					3.674,80
ALVENARIA - painéis					
Tijolo Ceramico 8 furos	Mat.	m2	179,44	9,26	1661,52
Tijolo comum maciço p/ fechamento topo (painel/oitão ou laje/oitão)	Mat.	m2	7,72	15,65	120,73
Kit armadura	Mat.	kg	234,27	7,38	1727,75
Acessórios metálicos p/ travamento entre painéis	Mat.	unid.	2	247,36	494,71
Kit concreto	Mat.	m3	173,18	5,59	968,77
Chapisco e reboco	Mat.	m2	448,99	1,31	587,49
Kit junta	Mat.	m3	1,35	182,45	246,86
Argamassa pré-fabricada (revestimento/assentamento)	Mat.	kg	548,57	0,25	137,14
Argamassa usinada p/ preenchimento de juntas entre painéis	Mat.	m2	0,60	135,00	81,00
Junção e mastique	M.O.	m2	93,36	13,97	1.304,05
Montagem do painel pronto e soldagem	M.O.	m2	93,36	13,50	1.260,36
Execução	M.O.	m2	93,36	31,50	2.940,64
Frete (carga e descarga)	SER.CG	Vb	1,00	300,00	300,00
Custo da fábrica	SER.CG	m²	224,50	18,32	4.112,15
SUBTOTAL					15.943,17
HIDRÁULICA					
Reservatório cilíndrico de fibrocimento (500 litros)	Mat.	unid.	2,00	176,35	352,70
Rede de água fria					
Tubo soldável de PVC - 25 mm (3/4")	Mat.	m	36,00	1,85	66,64
Tubo soldável de PVC - 32 mm (1")	Mat.	m	16,00	4,18	66,89
Registro de gaveta bruto 25 mm (1")	Mat.	unid.	2,00	25,22	50,43
Rede de esgoto					
Tubo soldável de pvc (D= 40 mm)	Mat.	m	6,00	4,85	29,07
Tubo soldável de pvc (D= 50 mm)	Mat.	m	12,00	10,62	127,42
Tubo soldável de pvc (D= 100 mm)	Mat.	m	36,00	7,68	276,30
Caixa sifonada de pvc (100 x 100 x 50 mm)	Mat.	unid.	2,00	9,90	19,80
Kit hidráulico	Mat.	unid.	2,00	277,40	554,80
Acabamento hidráulico					
Acessórios hidráulicos	Mat.	unid.	2,00	45,13	90,26
Vaso sanitário c/ caixa de descarga acoplada	Mat.	unid.	2,00	149,52	299,04
Lavatório de louça branca s/coluna	Mat.	unid.	2,00	102,80	205,59
Tanque de mármore sintético	Mat.	unid.	2,00	117,93	235,86
Pia de mármore sintético (1,00 X 0,50 m)	Mat.	unid.	2,00	117,68	235,36
Kit grapa fixação tanque e pia	Mat.	unid.	2,00	7,60	15,20
Execução					
Acerto do terreno p/ instalação hidráulica	M.O.	Vb	116,08	3,06	355,20
Instalação da tubulação hidráulica	M.O.	Vb	116,08	3,60	417,89
Colocação de louças /acessórios	M.O.	m²	93,36	4,27	399,10
SUBTOTAL					3.797,55

Tabela 1 – Planilha de custos – Painel pré-moldado - parte 1. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)

ÁREA : 93,36 m²					
DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
ELÉTRICA					
Poste de concreto (H=7,50 m - 90KGF)	Mat.	unid.	2,00	400,00	800,00
Quadro de distribuição (18 disjuntores)	Mat.	unid.	2,00	59,00	118,00
Fio isolado em PVC 1,50 mm² - 750V	Mat.	m	690,00	0,38	262,20
Fio isolado em PVC 2,50 mm² - 750V	Mat.	m	720,00	0,60	432,00
Fio isolado em PVC 6,00 mm² - 750V	Mat.	m	94,00	1,91	179,54
Tubo de polietileno 1 1/2" x 3 mm	Mat.	m	0,40	1,45	0,58
Tubo de polietileno 1" x 2 mm	Mat.	m	4,00	0,47	1,88
Tubo de polietileno 3/4" x 1,5 mm	Mat.	m	160,00	0,37	59,20
Fio isolado em PVC 10,0 mm² - 750V	Mat.	m	8,80	2,70	23,76
Cabo isolado em PVC 16 mm² - 750V - 70 C	Mat.	m	90,00	4,29	386,10
Tubo de polietileno 1 1/4" x 3 mm	Mat.	m	40,00	1,46	58,40
Acabamento elétrico					
Tampa p/ quadro distribuidor (12 disjuntores)	Mat.	unid.	2,00	15,10	30,20
Disjuntor monopolar 15A	Mat.	unid.	8,00	3,77	30,16
Disjuntor monopolar 40A	Mat.	unid.	2,00	7,17	14,34
Disjuntor monopolar 60A	Mat.	unid.	2,00	9,28	18,56
Interruptor de 1 tecla simples c/ placa	Mat.	unid.	1,00	4,40	4,40
Interruptor de 1 tecla em paralelo c/ placa	Mat.	unid.	10,00	5,97	59,70
Tomada 2P+T universal (15A) c/ placa	Mat.	unid.	22,00	5,21	114,62
Tomada 2P+T universal (15A) s/ placa	Mat.	unid.	2,00	5,01	10,02
Acessórios elétricos	Mat.	unid.	2,00	26,11	52,22
Kit elétrico	Mat.	unid.	2,00	26,58	53,16
Aterramento completo c/ haste e conector	Mat.	un	2,00	135,90	271,80
Execução					
Instalação poste de concreto	M.O.	unid.	2,00	90,00	180,00
Instalação tubulação elétrica / fiação	M.O.	m2	93,36	6,30	588,17
Abertura de valas	M.O.	m2	93,36	2,78	259,20
Colocação de peças do acabamento elétrico	M.O.	m2	93,36	4,50	420,12
SUBTOTAL					4.428,33
COBERTURA					
Estrutura de madeira peroba do norte	Mat.	m2	47,84	40,78	1.950,82
Telha Romana	Mat.	m2	93,36	12,38	1.155,75
Cumeeira cerâmica	Mat.	m	8,10	6,36	51,48
Laje forro (painel pré-fabricado)	Mat.	m2	6,68	19,16	128,02
Colocação de telhas	M.O.	m2	93,36	5,24	489,19
Montagem estrutura de madeira	M.O.	m2	93,36	15,35	1.432,97
Execução da laje	M.O.	m2	93,36	1,02	94,79
SUBTOTAL					5.303,02
ESQUADRIAS					
Porta de abrir de ferro (80 X 210 x 6,5cm)	Mat.	unid.	4,00	261,92	1.047,69
Vitro basculante (80 x 60 x 6,5cm)	Mat.	unid.	2,00	88,36	176,72
Veneziana de correr (150 x 120 x 13cm)	Mat.	unid.	4,00	204,28	817,12
Vitro de correr (100 x 120 x 13cm)	Mat.	unid.	4,00	187,21	748,84
Pintura em esmalte p/ esquadrias de ferro	Mat.	m2	5,16	35,14	181,33
Porta lisa de madeira (0,80 x 2,10 m)	Mat.	unid.	4,00	119,25	477,00
Porta lisa de madeira (0,70 x 2,10 m)	Mat.	unid.	2,00	118,21	236,42
Pintura em esmalte sintético p/ esquadrias de madeira	Mat.	m2	10,54	2,90	30,53
Colocação das esquadrias	M.O.	m2	93,36	4,24	396,00
Pintura das esquadrias	M.O.	m2	93,36	5,11	476,97
SUBTOTAL					4.588,62

Tabela 2 - Planilha de custos – Painel pré-moldado - parte 2. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)

ÁREA : 93,36 m²					
DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
REVESTIMENTO					
Pintura					
Pintura em Latex p/ paredes internas	Mat.	m2	311,45	2,87	894,57
Pintura acrílica p/ paredes internas (banheiro e cozinha)	Mat.	m2	85,52	2,30	196,97
Pintura acrílica p/ paredes externas	Mat.	m2	118,40	3,78	447,91
Execução	M.O.	m2	93,36	16,97	1.583,93
Azulejo e piso					
Azulejo	Mat.	m2	9,20	8,70	80,04
Piso (41 x 41 cm)	Mat.	m2	94,36	8,90	839,80
Argamassa de cimento colante	Mat.	KG	407,20	0,25	101,80
Rejunte	Mat.	KG	45,81	0,90	41,23
Colocação de azulejo e piso	M.O.	m2	101,80	10,80	1.099,44
Forro					
Forro de PVC colocado	Mat.	m2	88,11	23,00	2.026,53
				SUBTOTAL	7.312,22
LIMPEZA					
Limpeza geral da obra (Material)	Mat.	m2	93,36	0,08	7,84
Limpeza geral da obra (Mão-de-obra)	M.O.	m2	93,36	1,71	159,65
				SUBTOTAL	167,49
TOTAL GERAL POR METRO QUADRADO = R\$ 594,38				TOTAL GERAL	45.215,20
				TOTAL COM BDI	55.490,96

Tabela 3 - Planilha de custos – Painel pré-moldado - parte 3. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)

ÁREA : 93,36 m²					
DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
FUNDAÇÕES - sapata corrida (e=9cm, l=60cm)					
Concreto dosado e lançado fck= 20,0 mPa	Mat.	m3	5,50	213,19	1.172,53
Embasamento tijolo maciço comum	Mat.	m3	4,10	145,53	596,66
Armadura aço CA50	Mat.	kg	91,26	4,00	364,77
Impermeabilização	Mat.	m2	36,56	4,76	174,05
Execução	M.O.	m2	93,36	19,35	1.806,12
SUBTOTAL					4.114,12
ALVENARIA					
Tijolo cerâmico furado (E.N. 10 cm)	Mat.	m2	220,84	11,72	2.588,23
Tijolo de barro maciço (cinta) E=1/2 tijolo	Mat.	m2	3,66	17,25	63,14
Armadura aço CA 50 (cinta, verga e pilarete)	Mat.	kg	152,13	4,00	608,06
Concreto estrutural fck 20 mPa	Mat.	m3	1,91	213,19	407,19
Chapisco e Reboco	Mat.	m2	448,99	0,62	277,33
Execução	M.O.	m2	93,36	87,61	8.179,20
SUBTOTAL					12.123,16
HIDRÁULICA					
Caixa d'água de polietileno c/ tampa (500 litros)	Mat.	unid.	2,00	212,85	425,69
Rede de água fria					
Tubo pvc rígido junta soldável (DN 25 mm)	Mat.	m	36,00	2,48	89,43
Tubo pvc rígido junta soldável (DN 32 mm)	Mat.	unid.	16,00	4,94	79,07
Registro de gaveta bruto (D= 25 mm)	Mat.	unid.	2,00	25,31	50,62
Rede de esgoto					
Tubo de pvc rígido junta soldável (DN 40 mm)	Mat.	m	6,00	3,71	22,26
Tubo de pvc rígido junta elástica (DN 50 mm)	Mat.	m	12,00	6,16	73,87
Tubo de pvc rígido junta elástica (DN 100 mm)	Mat.	m	36,00	9,60	345,48
Caixa sifonada de pvc (100 x 100 x 50 mm)	Mat.	unid.	2,00	9,30	18,60
Acabamento hidráulico					
Bacia sifonada c/ caixa de descarga acoplada	Mat.	unid.	2,00	182,87	365,73
Lavatório de Louça branca s/ coluna	Mat.	unid.	2,00	106,62	213,25
Tanque de concreto pré-moldado (60 x 60 cm)	Mat.	unid.	2,00	31,38	62,76
Pia de mármore sintético (100 x 50 cm)	Mat.	unid.	2,00	48,89	97,77
Execução					
Execução	M.O.	m2	93,36	18,17	1.696,08
SUBTOTAL					3.540,60
ELÉTRICA					
Poste de concreto 90 kgf (h = 7,5 m)	Mat.	unid.	2,00	190,55	381,10
Quadro de distribuição (disj. Geral 50 A)	Mat.	unid.	2,00	90,61	181,21
Disjuntor unipolar termomagnético	Mat.	unid.	12,00	4,05	48,65
Fio de 1,5 mm² (750 V de isolamento)	Mat.	m	690,00	0,47	324,03
Fio de 2,5 mm² (750 V de isolamento)	Mat.	m	720,00	0,76	549,03
Fio de 6,0 mm² (750 V de isolamento)	Mat.	m	94,00	1,79	168,25
Fio de 10 mm² (750 V de isolamento)	Mat.	m	8,80	3,34	29,38
Cabo de 16 mm² (750 V de isolamento)	Mat.	m	90,00	4,86	437,23
Eletroduto polietileno (25 mm)	Mat.	m	164,00	0,49	80,77
Eletroduto polietileno (32 mm)	Mat.	m	40,00	0,80	32,04
Acabamento elétrico					
Interruptor de 1 tecla simples	Mat.	unid.	2,00	39,99	79,99
Interruptor de 1 tecla paralelo	Mat.	unid.	10,00	43,65	436,46
Tomada 2P+T universal (10A /15A) 220 V	Mat.	unid.	24,00	41,88	1.005,06
Ponto seco p/ telefone (eletroduto de polietileno)	Mat.	unid.	4,00	11,26	45,02
Execução					
Execução	M.O.	m2	93,36	21,23	1.981,90
SUBTOTAL					5.780,12

Tabela 4 - Planilha de custos – Modo convencional - parte 1. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)

ÁREA : 93,36 m²					
DESCRIÇÃO	CLASS	UNIDADE	QUANT.	PREÇO(R\$)	TOTAL (R\$)
COBERTURA					
Telha de barro Romana	Mat.	m2	93,36	11,18	1.043,30
Madeira de Lei (terça, caibro, ripa)	Mat.	m2	47,94	35,54	1.703,94
Cumeeira de barro (Romana)	Mat.	m	8,10	5,40	43,73
Laje (100 kgf/m²)	Mat.	m2	6,68	40,10	267,88
Execução	M.O.	m2	93,36	19,89	1.856,50
SUBTOTAL					4.915,37
ESQUADRIAS					
Esquadria de ferro (90 x 60 cm) c/ vidro	Mat.	unid.	2,00	156,15	312,31
Esquadria de ferro (120 x 90 cm) c/ vidro	Mat.	unid.	4,00	287,05	1.148,22
Esquadria de ferro (150 x 90 cm) c/ vidro	Mat.	unid.	4,00	378,08	1.512,30
Pintura em esmalte p/ esquadrias de ferro	Mat.	m2	10,80	2,83	30,59
Porta de madeira sarrafeada p/ pintura c/ batente de madeira (L = 82 cm)	Mat.	unid.	8,00	275,16	2.201,29
Porta de madeira sarrafeada p/ pintura c/ batente de madeira (L = 72 cm)	Mat.	unid.	2,00	274,85	549,69
Pintura em esmalte s/ massa corrida p/ esquadrias de madeira	Mat.	m2	37,84	2,92	110,41
Execução	M.O.	m2	93,36	14,68	1.370,83
SUBTOTAL					7.235,65
REVESTIMENTO					
Pintura					
Pintura em Latex p/ paredes internas	Mat.	m2	311,45	3,03	944,39
Pintura acrílica p/ paredes e laje-forro internas (cozinhas e banheiros)	Mat.	m2	85,52	3,41	291,28
Pintura acrílica p/ paredes externas	Mat.	m2	118,40	3,41	403,27
Azulejo e piso					
Azulejo liso branco (15 x 15 cm)	Mat.	m2	9,20	11,49	105,67
Piso cerâmico 30x30 a 45x45 cm (PEI 4 a 5)	Mat.	m2	94,36	11,52	1.086,90
Forro					
Forro em lamina PVC 100 mm (E= 8 a 10 mm)	Mat.	m2	88,11	34,27	3.019,34
Execução					
Execução	M.O.	m2	93,36	49,34	4.606,15
SUBTOTAL					10.457,00
LIMPEZA					
Limpeza da obra	M.O.	m2	93,36	5,08	474,42
SUBTOTAL					474,42
TOTAL GERAL POR METRO QUADRADO = R\$ 633,20				TOTAL GERAL	48.640,43
				TOTAL C/ BDI	59.115,93

Tabela 5 - Planilha de custos – Modo convencional - parte 2. Fonte: PEPPE e BRANDT (2009)

Analisando as planilhas, verificamos que a construção desta residência utilizando os painéis pré-moldados, se torna economicamente mais vantajosa. Porém não devemos esquecer que esta vantagem só é evidente, porque os custos com as formas para a fabricação do painel não estão inclusas.

Conclui-se através desta análise que para empreendimento onde o grau de repetição de determinada unidade é muito grande, a utilização de painéis pré-moldados em concreto é vantajosa perante a utilização do método convencional.

2.3 O PROJETO DO PAINEL EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO

O projeto do painel em concreto pré-moldado é similar ao projeto de um edifício moldado no local. A diferença é que elementos pré-moldados são projetados também para as fases transitórias (desmoldagem, transporte e montagem).

Abaixo, de acordo com Phillips e Sheppard (1988), encontra-se a seqüência de projeto de um painel estrutural de fechamento, desprezando a interação da estrutura.

- Inicialmente, define-se o tamanho preliminar do painel, analisando-se a viabilidade de acesso de caminhões e guindastes ao local da obra;
- Definem-se as ações às quais a estrutura está submetida, considerando-se que, em geral, os painéis pré-moldados estão sujeitos às seguintes:
 - Vertical: ações permanentes (peso próprio);
 - Lateral: ações devido ao vento;
 - Volumétrico: ações devido à temperatura;
 - Manuseio: ações devidas à desmoldagem, ao transporte e à montagem;
- Define-se a resistência do concreto, bem como o tipo de armadura a ser utilizada;
- Determina-se a espessura do painel, levando-se em consideração tanto a condição de carregamento anteriormente calculada, quanto o manuseio do mesmo, respeitando as dimensões mínimas dadas em normas;

Os valores mínimos da espessura do painel, segundo FIP (1982), são funções da maior dimensão do painel Figura 2. A Figura não é aplicável a painéis usados como fôrmas para concreto moldado no local. (CASTILHO, 1998).

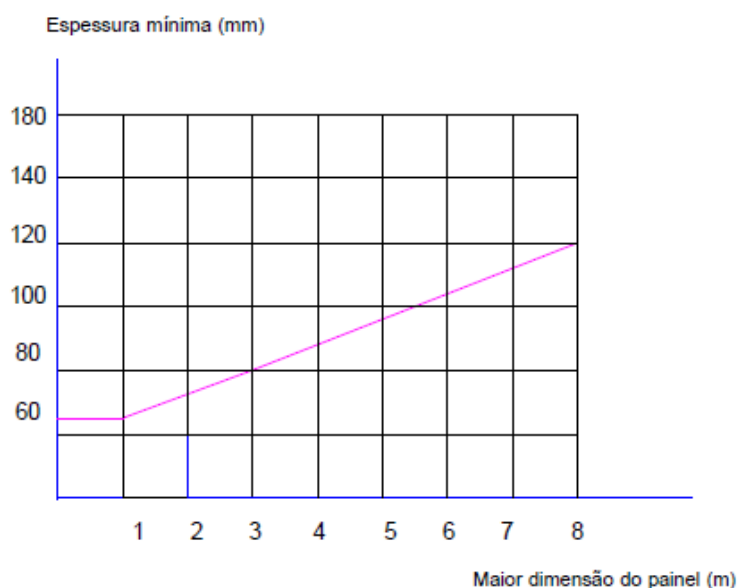


Figura 2 – Espessura mínima fornecida pela FIP (1982).

- Calcula-se a armadura de flexão do painel, verificando-a para a desmoldagem, o transporte e a montagem;
- Localizam-se os pontos de ligação a fim de que resistam às forças laterais e verticais, para a condição de carregamento, bem como definem-se os tipos de ligações utilizados;

Utilizando ações laterais e verticais, Phillips e Sheppard (1989) analisam a distribuição de um unidade de carga (1k) aplicada no centro de gravidade do painel Figura 3.

- Projetam-se as ligações do painel, nos pontos anteriormente localizados, com uma força unitária aplicada em qualquer direção no elemento; e
- Finalmente verifica se o movimento causado pelas ações está sendo acomodado pelas ligações.

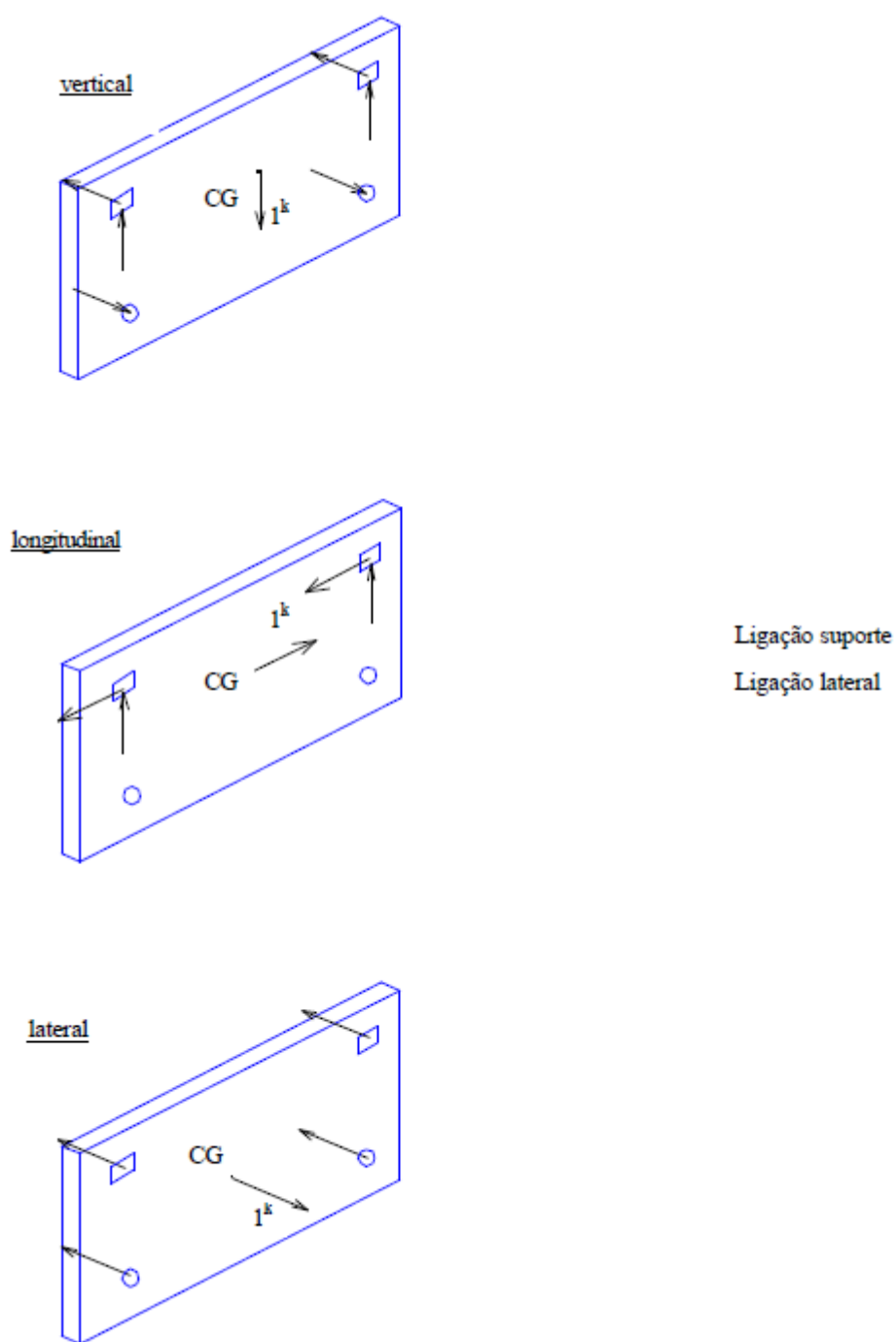


Figura 3 – Força unitária para o painel. Fonte PHILLIPS e SHEPPARD (1989).

Durante as fases transitórias dos painéis em estudo, (produção, transporte, montagem), necessita-se de uma análise isolada verificando a resistência do concreto na situação final de uso.

De acordo com Castilho (1998), para cada fase transitória, consideram-se os seguintes itens que afetam o projeto.

- Desmoldagem:
 - Orientação do elemento;
 - Coeficientes de impacto;
 - Número e localização dos equipamentos de manuseio;
 - Peso do elemento.
- Transporte:
 - Localização de suporte vertical e horizontal;
 - Escolha do veículo de transporte e seu estado de utilização;
 - Considerações dinâmicas durante o transporte.
- Montagem:
 - Número e localização dos pontos de elevação;
 - Carregamentos temporários;
 - Localização de suportes temporários.

A seguir, estão listadas algumas considerações de projeto para cada fase.

a) Desmoldagem

Os painéis desmoldados pela borda estão mais sujeitos aos momentos fletores mostrados pela Figura 4. Os momentos decorrentes da desmoldagem feita no próprio plano do painel visualizam-se pela Tabela 6. (Castilho, 1998)

Os valores dos coeficientes dinâmicos usados para cada fase são dados pela Tabela 8, de acordo com o PCI (1992).

Atualmente nos detalhamento de projeto, são utilizadas mesas inclinadas a fim de diminuir as tensões nessa fase utilizando o processo com mesa de tombamento (Figura 5).

b) Transporte

Segundo Castilho (1998), a escolha do tipo de transporte depende basicamente do peso e do tamanho dos painéis. Podem ser transportados em forma de A com painéis horizontais ou verticais Figura 6, dependendo do tamanho de cada unidade.

As máximas dimensões permitidas para o transporte são analisadas pela Figura 7, [FIP (1982)].

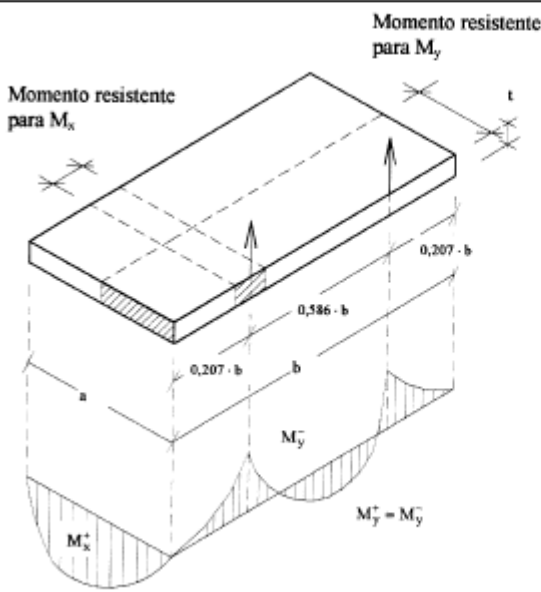
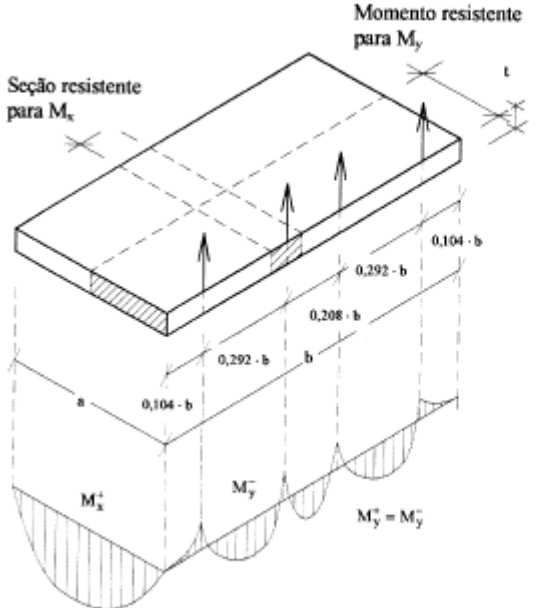
momentos na desmoldagem considerando uma borda	
 <p>Momento resistente para M_x</p> <p>Momento resistente para M_y</p> <p>$0,207 \cdot b$</p> <p>$0,586 \cdot b$</p> <p>$0,207 \cdot b$</p> <p>b</p> <p>a</p> <p>M_y^-</p> <p>$M_y^+ = M_y^-$</p> <p>M_x^+</p>	<p><u>dois pontos de içamento</u></p> $M_x = \frac{g \cdot a^2}{8}$ $-M_y = +M_y = 0,0107 \cdot g \cdot a \cdot b^2$ <p>(resistido pela seção de espessura $a/2$)</p> <p>g = unidade de força por área</p>
 <p>Momento resistente para M_y</p> <p>Seção resistente para M_x</p> <p>$0,104 \cdot b$</p> <p>$0,292 \cdot b$</p> <p>$0,208 \cdot b$</p> <p>$0,292 \cdot b$</p> <p>b</p> <p>a</p> <p>M_y^-</p> <p>$M_y^+ = M_y^-$</p> <p>M_x^+</p>	<p><u>quatro pontos de içamento</u></p> $M_x = \frac{g \cdot a^2}{8}$ $-M_y = +M_y = 0,0027 \cdot g \cdot a \cdot b^2$ <p>(resistido pela seção de espessura $a/2$)</p> <p>g = unidade de força por área</p>

Tabela 6 – Momentos da desmoldagem. Fonte PCI (1992)

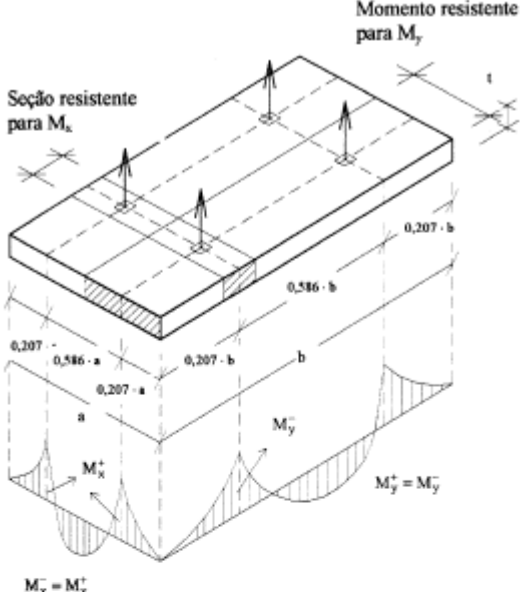
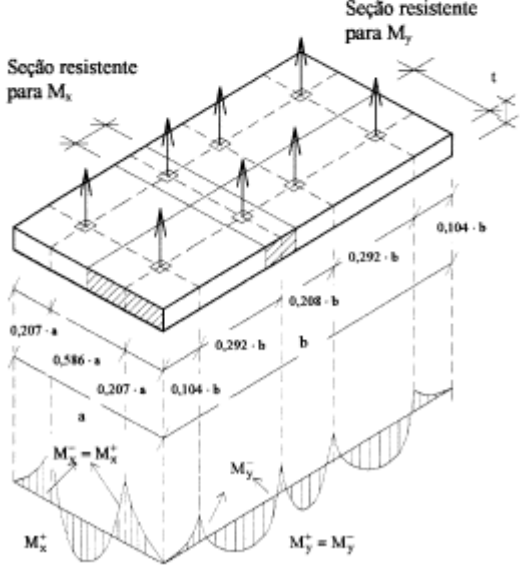
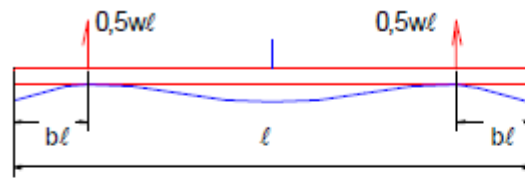
momentos na desmoldagem considerando o plano do painel	
 <p>Diagram illustrating the moment distribution for a slab supported at two points. The slab has length a and width b. The supports are located at $0,207 \cdot a$ from each end. The diagram shows the distribution of moments M_x and M_y. The maximum moment M_x is at the center, and M_y is constant along the length. The slab thickness is t.</p>	<p><u>dois pontos de içamento</u></p> $M_x = \frac{g \cdot a^2}{8}$ $-M_y = +M_y = 0,0107 \cdot g \cdot a \cdot b^2$ <p>(resistido pela seção de espessura $a/2$)</p> <p>g = unidade de força por área</p>
 <p>Diagram illustrating the moment distribution for a slab supported at four points. The slab has length a and width b. The supports are located at $0,207 \cdot a$ from each end. The diagram shows the distribution of moments M_x and M_y. The maximum moment M_x is at the center, and M_y is constant along the length. The slab thickness is t.</p>	<p><u>quatro pontos de içamento</u></p> $M_x = \frac{g \cdot a^2}{8}$ $-M_y = +M_y = 0,0027 \cdot g \cdot a \cdot b^2$ <p>(resistido pela seção de espessura $a/2$)</p> <p>g = unidade de força por área</p>

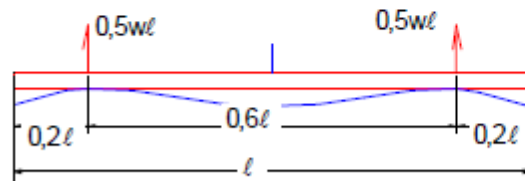
Tabela 7 – Momentos da desmoldagem. Fonte PCI (1992) (cont.)



dois pontos para desmoldagem:

$$M^+ = (2c - 1) \frac{w\ell^2}{8}$$

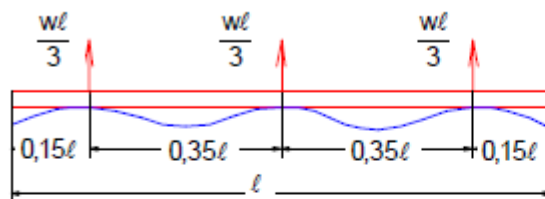
$$M^- = 0,5b^2 w\ell^2$$



dois pontos para desmoldagem e

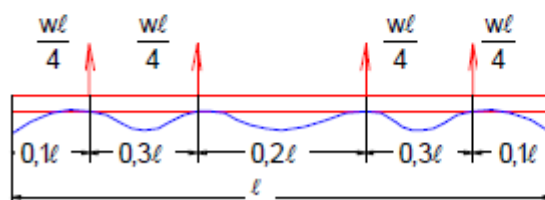
dois pontos para o transporte:

$$M^+ = M^- = 0,025w\ell^2$$



três pontos para desmoldagem:

$$M^+ = M^- = 0,025w\ell^2$$



quatro pontos para

desmoldagem:

$$M^+ = M^- = 0,056w\ell^2$$

Figura 4 – Momentos referentes a algumas situações lineares de desmoldagem. Fonte PCI (1992)

	DESMOLDAGEM	
	Tipo de acabamento	
Tipo do produto	agregado exposto com retardador	molde liso (apenas desmoldante)
plano, com lateral removível, sem junta falsa	1,2	1,3
plano, com falsa junta	1,3	1,4
fôrma com inclinação apropriada	1,4	1,6
fôrma complexa	1,4	1,7
	MANUSEIO E MONTAGEM	
todos os produtos	1,2	
	TRANSPORTE	
todos os produtos	1,5	

Tabela 8 – Coeficientes dinâmicos. Fonte CASTILHO (1998).

c) Montagem

Durante a montagem surgem momentos cujos valores são influenciados pelo posicionamento dos pontos de levantamento, Figura 8.

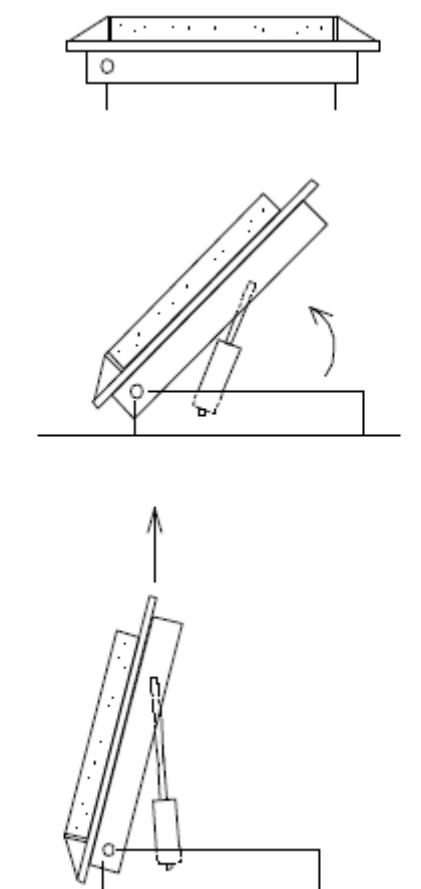


Figura 5 – Desmoldagem com o levantamento da mesa. Fonte CASTILHO (1998)

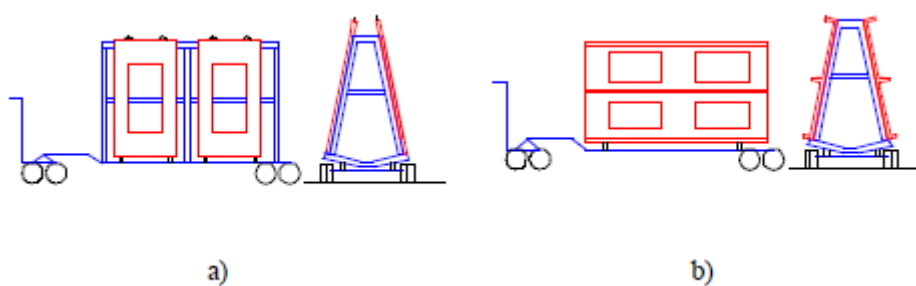


Figura 6 – Transporte dos painéis em formato de A. Fonte PCI (1992).

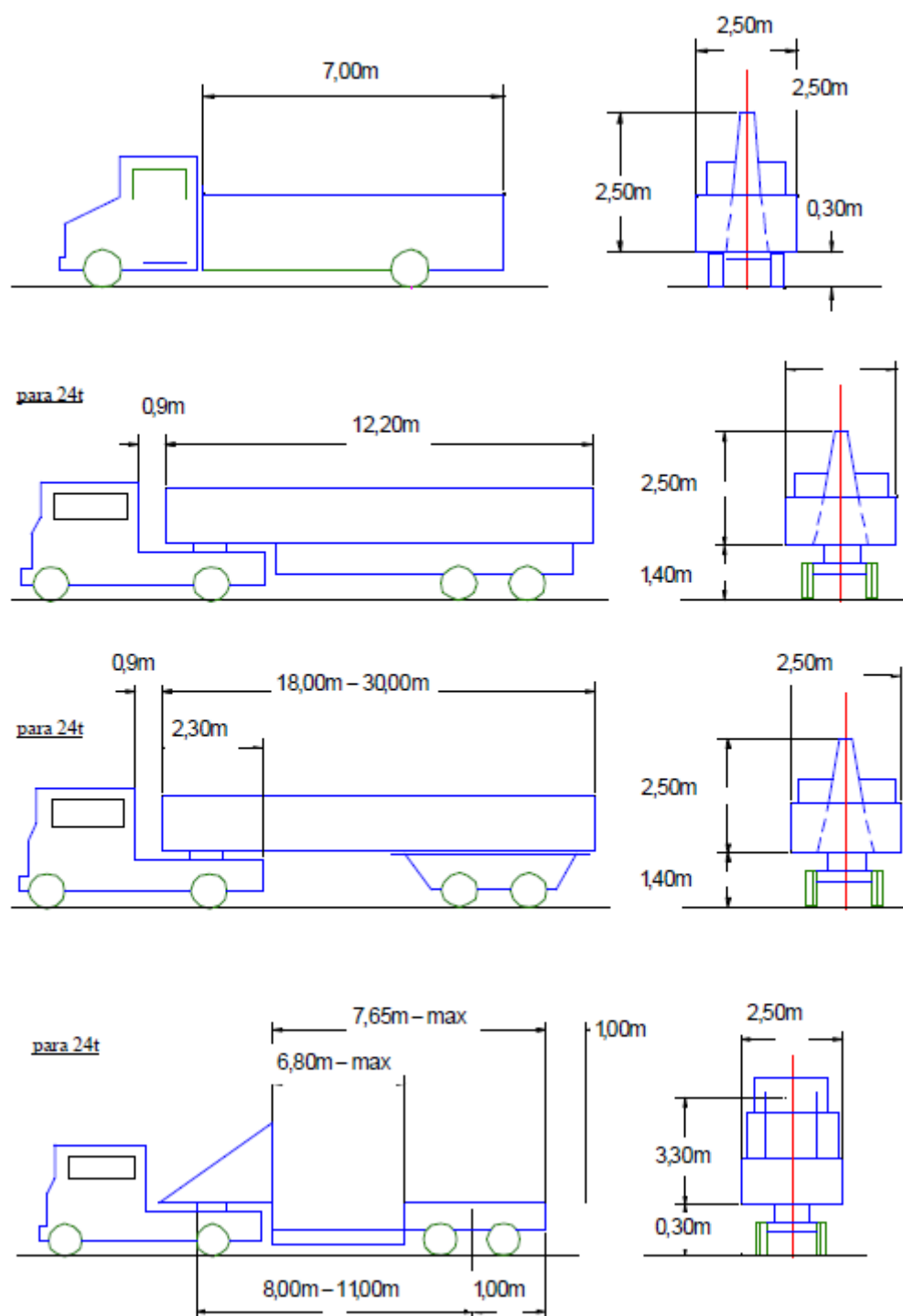


Figura 7 – Transporte de acordo com o peso do painel. Fonte FIP (1982)

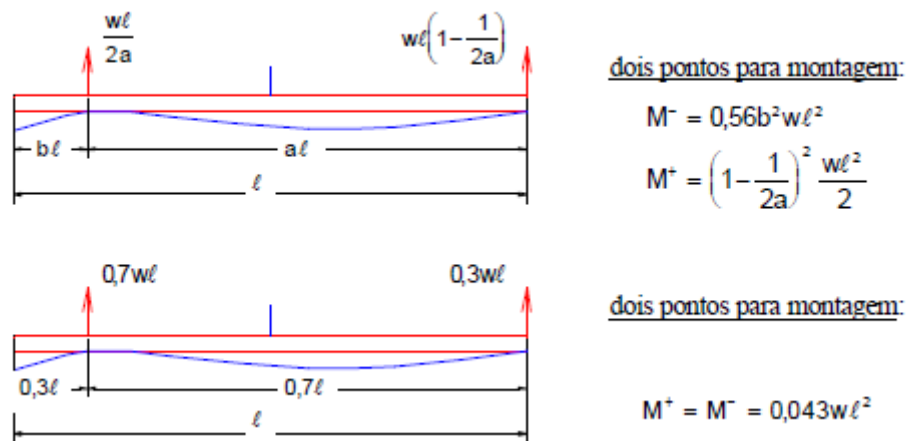


Figura 8 – Momento devido a montagem. Fonte PHILLIPS e SHEPPARD (1992).

Além das fases transitórias, os painéis são calculados para as fases definitivas com ações atuando na estrutura, tais como, ações do vento, de variação volumétrica devido a temperatura, do solo e de efeitos sísmicos, sendo algumas delas mostradas a seguir.

Os painéis podem sofrer uma deformação devido a variação de temperatura Figura 9, cujo valor teórico, dado por Δ , é determinado, segundo PCI (1992), pela Equação 1.

$$\Delta = \alpha * (T_1 - T_2) * \frac{l^2}{8 * h}$$

Equação 1 – Equação para mostra a variação da temperatura. Fonte Castilho, (1998)

Onde

α - coeficiente de dilatação térmica

T_1 e T_2 - temperatura externa e de interna do painel

l - distância entre suportes

h - espessura do elemento

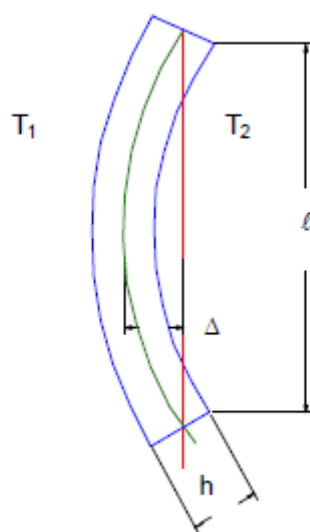


Figura 9 – Deformação do painel devido a temperatura. Fonte CASTILHO (1998).

A diferença de umidade também causa o “estufamento” do elemento. Ou seja, quando o ambiente está muito quente, a camada externa absorve a umidade do ar e das chuvas, enquanto a interna permanece seca, ocasionando a deformação do painel para dentro.

A Tabela 9, representa algumas situações utilizadas devido a diferença de temperatura [PCI(1992)].

Pode haver ainda, situações em que os painéis de fechamento estão em contato direto com o solo, sendo necessário nesse caso, a consideração do empuxo de terra no local.

Em alguns países, efeitos como terremoto devem ser considerados, pois geram forças laterais bastante significativas. Independentemente da intensidade sísmica, um projeto detalhado das ligações e dos painéis deve ser utilizado para assegurar a estabilidade da estrutura e acomodação do efeito pelas ligações. (CASTILHO, 1998)

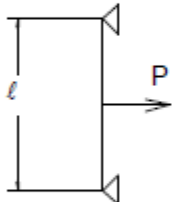
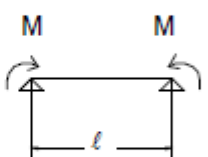
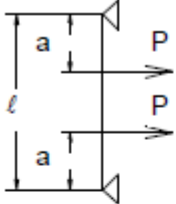
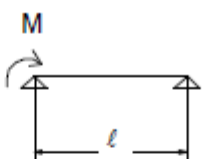
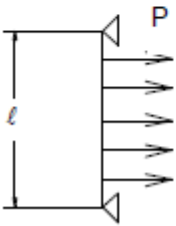
Restrição intermediária		Restrição na extremidade	
<u>Caso 1</u> : uma restrição no meio do vão		<u>Caso 4</u> : restrição nas duas extremidades	
	$P = \frac{48 \cdot E_t \cdot I \cdot \Delta}{\ell^3}$ $M = \frac{P \cdot \ell}{4}$		$M = \frac{8 \cdot E_t \cdot I \cdot \Delta}{\ell^2}$
<u>Caso 2</u> : dois pontos com restrições		<u>Caso 5</u> : restrição em uma extremidade	
	$P = \frac{24 \cdot E_t \cdot I \cdot \Delta}{3 \cdot a \cdot \ell^2 - 4 \cdot a^3}$ $M = P \cdot a$		$M = \frac{16 \cdot E_t \cdot I \cdot \Delta}{\ell^2}$
<u>Caso 3</u> : três ou mais pontos com restrições		$E_t = 0,75 \cdot E_c$	
	$\Sigma P = w \cdot \ell = \frac{77 \cdot E_t \cdot I \cdot \Delta}{\ell^3}$ $M = \frac{w \cdot \ell^2}{8} = \Sigma P \cdot \left(\frac{\ell}{8}\right)$		

Tabela 9 – Forças e momentos no painel devido a gradiente térmico. Fonte CASTILHO (1998).

3. PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO PAINEL.

3.1 A PRODUÇÃO DOS PAINEIS PRÉ-MOLDADOS EM FÁBRICAS

A idéia básica do sistema consiste na construção de painéis de concreto armado sobre as fôrmas que podem ser tanto metálicas como de madeira. O sistema é inteiramente industrializado e por isso os níveis de sobras ou o desperdício na produção é pouco.

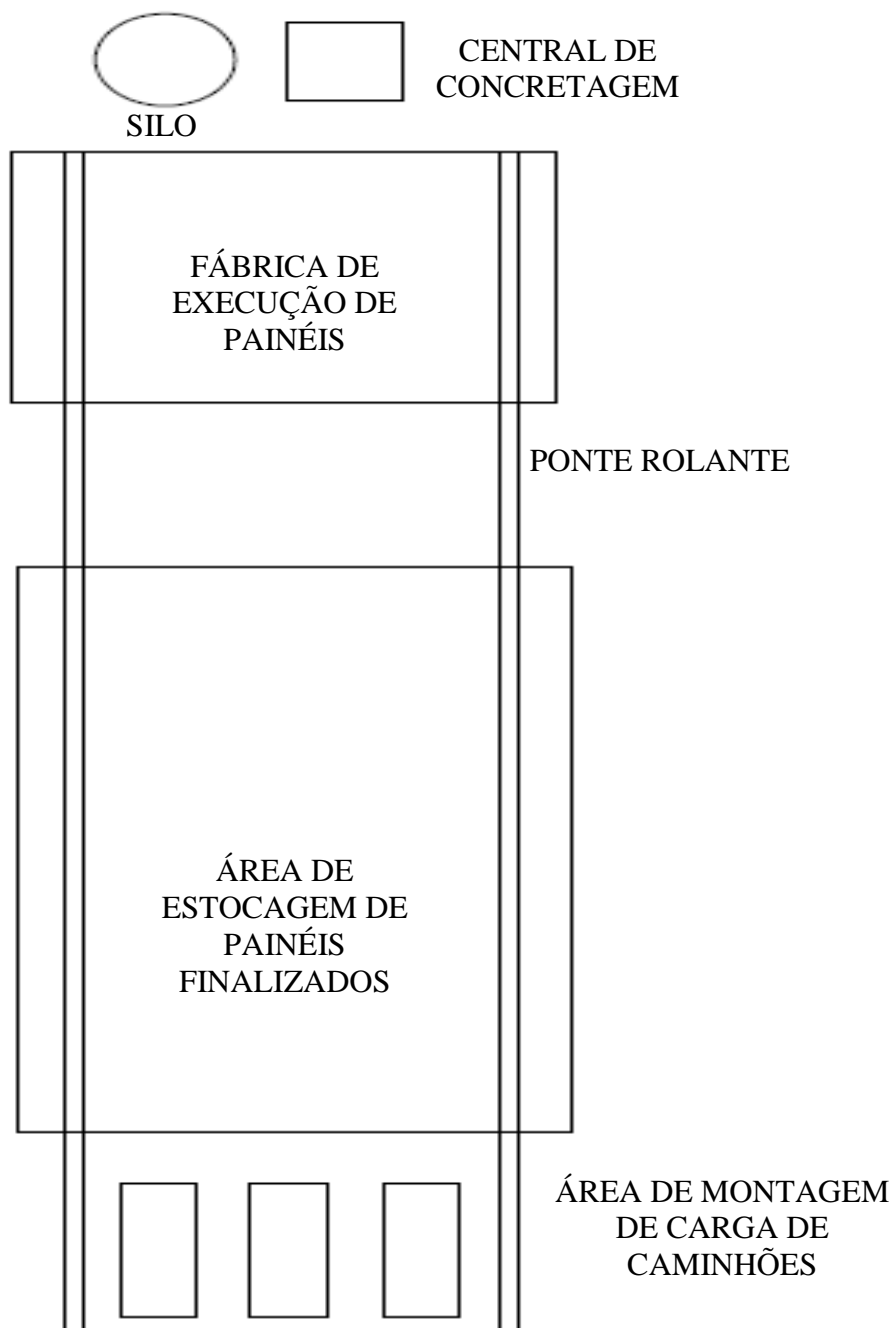


Figura 10 – Planta de uma fábrica de painel pré-moldado. Fonte GIOVANNI DONATO (2011)

Na Figura 10, temos um modelo de uma planta de uma fábrica de produção de painéis pré-moldados. No alto da fábrica temos os silos e a central de concretagem onde a fábrica produz seu próprio concreto não dependendo de usinas para realizar a fabricação dos painéis. Após esta área temos um barracão coberto onde se localiza o maquinário e onde estão as formas e o estoque de material para a confecção dos painéis. A partir deste espaço uma ponte rolante é construída o que facilita o transporte dos painéis já executados para o final da cadeia produtiva.

Uma grande área destinada a estocagem das placas é necessária, pois com o ritmo acelerado da construção civil no momento atual, muitos painéis estão sendo fabricados e sendo destinados a novas obras.

Após este espaço, existe um lugar onde os caminhões estacionam e é realizada a montagem da carga do mesmo. Nesta parte é importante que algum responsável da fábrica esteja com o projeto em mãos e saiba qual a sequência que os painéis serão descarregados na obra para que a logística no canteiro seja favorecida e a obra ganhe em agilidade.

A execução do painel se inicia pelo preparo das formas, montagem da armação e por último concretagem.

Ao iniciar a execução das formas que darão origem ao painel pré-moldado, deve-se fazer uma limpeza completa da forma retirando toda a espécie de detritos, bem como rebarbas de nata de concreto, que por ventura tenham ficado presos nas mesmas. Eventuais defeitos encontrados nas fôrmas, causados por esforços extras quando da desforma, serão objetos de reforma. As reformas, por menores que sejam, são muito importantes para garantir o encaixe e acabamento dos elementos pré-moldados.

Deverá ser usado um desmoldante para as formas em geral e sua aplicação com rolo de espuma (pintura). A qualidade do desmoldante é fundamental para garantir a aderência dos serviços de acabamentos.

Para a conferência de medidas e inserts devem ser usados os projetos de produção dos Elementos Pré-moldados. (RODRIGUES, 2008).

A Figura 11, mostra a execução das formas e a Figura 12, mostra os inserts sendo locados nas formas que já estão finalizadas aguardando o início da montagem das armações.



Figura 11 – Preparo das formas dos painéis Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)



Figura 12 – Formas aguardando armação dos painéis. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)

Em projeto, devem estar especificados os tipos dos ferros: Aço CA 25, 50 ou 60. As armações de painéis devem ser estocadas em cavaletes de madeira conforme a seqüência de concretagem, dia por dia. (PEDREIRA DE FREITAS, 2008).

Para os Painéis, a armação deve ser montada em bancada, segundo o projeto, com especial atenção ao posicionamento das telas e seu recobrimento. Deve-se tomar cuidado também com o posicionamento dos ferros de solda, de forma a garantir a dimensão externa à peça. Os ferros de solda devem ser posicionados antes da montagem na bateria (Forma). No posicionamento das armações devem ser incluídas as caixas de elétrica que devem estar bem fixadas às armaduras. No caso de caixas simples deve-se prever uma pastilha no fundo da caixa para que a caixa não fique encostada na forma. Devem-se proteger as caixas de luz e os içadores embutidos com isopor.

A Figura 13, mostra um estoque de aço na fábrica onde podemos observar o grau de organização do canteiro o que facilita a montagem da armação. Na Figura 14, temos um operário montando a armação na forma e podemos observar o posicionamento do insert de içamento do painel. A Figura 15, exibe as formas já armadas e prontas para a concretagem. Pode-se observar que foi aplicado espaçadores na montagem da armação o que garante que a mesma não se encoste à forma durante a concretagem.



Figura 13 – Área de estocagem de aço. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)



Figura 14 – Operário realizando a armação do painel. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)



Figura 15 – Painéis já armados e aguardando a concretagem. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)

Como dito anteriormente, a fábrica possui uma central de concretagem com silos para estocagem de materiais o que facilita a fabricação dos painéis e faz com que a empresa não dependa de usinas de concreto para garantir a sua produção. Outro ponto importante é que com a central de concretagem no próprio canteiro da fábrica, a qualidade do concreto, conseqüentemente a qualidade do painel é aumentada devido a um maior controle nas operações, tanto de fabricação e manuseio do concreto como execução do painel. A Figura 16 e a Figura 17 exibe muito bem o que foi descrito acima.



Figura 16 – Silos. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)



Figura 17 – Central de concretagem. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)

O concreto deve ser lançado obedecendo às boas condutas de concretagem, uma vez que os elementos a serem concretados não diferem em nada do convencional, a não

ser pelo fato de estarem isolados. A vibração das peças será feita através de: Vibradores de Imersão com uso controlado para Painéis Portante (INMAX, 2009).

Após a concretagem, terminado o lançamento do concreto, deverá ser feito a limpeza da parte externa, a fim de evitar o endurecimento do concreto e facilitar a retirada dos testeiros móveis. Após a desforma deverá ser feito: a retirada de tampas de caixa de luz; a passagem de arames nos conduítes; acabamento com cimento- cola nos locais de uniões das peças a fim de facilitar a aderência do graute com desempenadeira. (INMAX, 2009).

Na Figura 18 observamos o preparo do concreto na mini betoneira que existe na fábrica. Após o preparo, o concreto é despejado na caçamba que é içada pela ponte rolante e depois o seu conteúdo é lançado nas formas armadas. A Figura 19 nos mostra como que é realizado o inicio da concretagem dos painéis e podemos observar que os pontos de içamentos são concretados primeiramente para que haja uma aderência maior nesta área q que com isso o transporte futuro da peça não seja comprometido devido a fissuras que possam vir a ocorrer nestas regiões. A Figura 20 mostra-nos um painel concretado e finalizado, aguardando o tempo de cura estipulado em projeto para que o mesmo possa ser transportado para a obra



Figura 18 – Preparação do concreto para aplicação nos painéis. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)



Figura 19 – Concretagem dos painéis iniciando pelos pontos de ancoragem. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)



Figura 20 – Paineis concretados e finalizados. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)

Para a movimentação das peças deve ser verificado se o peso da peça a ser movimentada está de acordo com a capacidade do equipamento de içamento. A ponte rolante é utilizada para realizar a movimentação dos painéis. Na Figura 21, observamos o sistema de ponte rolante instalado na fábrica que auxilia na movimentação dos painéis.



Figura 21 – Ponte rolante da fábrica. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)

Na Figura 22, nos é mostrado os içadores em argolas que serão utilizados para realizar a movimentação dos painéis tanto pela ponte como pelo caminhão munck, no dia da montagem da unidade habitacional.



Figura 22 – Argolas de içamento no painel. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)

Para a preparação do local de armazenamento, o terreno deve estar firme e bem nivelado e deve conter sinalização adequada para fácil identificação das peças. Este local deve ser suficiente para o estoque de uma unidade completa, porque em caso de

imprevistos a equipe realizará o transporte e poderá iniciar a montagem. (PEDREIRA DE FREITAS, 2008).

Os Painéis deverão ser estocadas em prumo com travamento para impedir tombamento. Para isso devem ser construídos gabaritos (semelhantes a um pente que permitirão este tipo de armazenamento) (PEDREIRA DE FREITAS, 2008)

No local de estocagem dos painéis devemos executar uma camada com 4 cm de brita, com caimento de 3 cm para parte central do pente, este caimento garante o não tombamento do painel, e a brita garante que o painel vai estar com a face inferior sempre limpa, melhorando a aderência à argamassa de assentamento. Isto evita que os painéis tenham contato com a areia (a areia grudada no pé do painel dificulta a montagem). Deve-se tomar um cuidado especial com a cura dos painéis, pois a ausência de cura após a colocação no estoque gera o empenamento das peças o que, além de dificultar a montagem implica em necessidade de regularização com massa ou gesso (PEDREIRA DE FREITAS, 2008).

A Figura 23, mostra uma área de estocagem de painéis evidenciando a utilização da brita no solo para melhorar a aderência do painel, evitando o tombamento e garantindo a limpeza do mesmo o que facilita a montagem na obra.



Figura 23 – Área de estocagem de painéis. Fonte: RAPHAEL FORLI (2011)

Após a desforma, o painel deve ficar no mínimo 24 horas armazenado, a fim de completar a cura mínima necessária para a montagem. O controle do estoque é muito importante uma vez que a falta de uma peça, quando da montagem, provoca a paralisação

da mesma. Uma nova peça deverá ser produzida, curada e desformada para poder ser aplicada na estrutura, provocando uma descontinuidade na montagem. (RODRIGUES, 2008).

Para o transporte da dos pré-moldados da fábrica para a obra com uso de caminhões, deve-se transportar as pré-lajes apoiadas diretamente sobre a carroceria (no caso desta estar em bom estado), ou sobre um estrado nivelado. Os Painéis deverão ser transportados posicionados em cavaletes iguais aos usados para transporte de vidro, verificando o equilíbrio entre os lados (PEDREIRA DE FREITAS, 2008).

Após seguir estes passos, o painel é levado para a obra e lá são montadas as unidades uni familiares.

No ANEXO deste trabalho, será explicado como é realizada a produção dos painéis pré-moldados de acordo com o novo sistema desenvolvido pela PEDREIRA DE FREITAS.

3.2 APLICAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE UNIDADES UNIFAMILIARES EM PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS

Como já apresentado anteriormente o objetivo principal deste trabalho é apresentar de modo claro como que funciona e quais são as vantagens e desvantagens da utilização do painel pré-moldado em concreto para a execução de unidades unifamiliares. Um dos objetivos secundários desta monografia é explicar de forma sintética como que é executada uma unidade unifamiliar. A seguir será demonstrado através de fotos a seqüência de montagem de uma casa padrão popular com 36m² de área sendo 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço externa que foi realizada na UFSCar com o apoio do Nét-Pré.

O primeiro passo foi limpar o terreno em que a unidade iria ser executada e promover a demarcação da área com madeiras e pregos realizando o gabarito. A Figura 24, mostra essa tarefa.



Figura 24 – Limpeza do terreno. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)



Figura 25 – Execução de radier como fundação da unidade. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)

Na Figura 25, foram escavados buracos para a passagem das tubulações de esgoto sanitário. Um lastro de brita foi executado para servir de base para o radier que foi concretado de acordo com a Figura 26.



Figura 26 – Radier finalizado. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)



Figura 27– Insert para posicionamento dos painéis. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)

Junto com a concretagem do radier, foram concretados inserts que servem de gabarito e também como orientação para a aplicação dos painéis. Figura 27.



Figura 28– Transporte dos painéis. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)

Os painéis de acordo com a Figura 28, chegam da fábrica em um caminhão munck. É importante que a carga seja feita no caminhão na mesma seqüência da execução da unidade para que o próprio munck retire o painel da caçamba do caminhão e já posicione no local correto onde os operários irão realizar a solda. Este trabalho de logística, é de extrema

importância para obras pré-moldadas e garantem uma agilidade maior e um gasto de tempo menor na execução das tarefas.



Figura 29– Movimentação dos painéis para execução da unidade. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)



Figura 30– Execução da unidade habitacional. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)

Como dito anteriormente, com o auxílio do munck, os painéis são posicionados em cima do radier. Os painéis são posicionados com o auxílio de escoramentos provisórios. O prumo é verificado utilizando-se um prumo de face e o esquadro das paredes é verificado

utilizando-se esquadro metálico. Podemos identificar estes procedimentos com o auxílio da Figura 29 e da Figura 30.



Figura 31– Detalhe da ligação entre os painéis. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)

A junção das armaduras de ligação dos painéis adjacentes um ao outro, é realizada por meio de solda. Este procedimento requer um determinado nível de atenção, pois a solda realizada no campo é sempre mais delicada do que a solda realizada em fábrica. Figura 31



Figura 32– Grauteamento da ligação entre os painéis. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)

Após a união com a solda, é aplicada com o auxílio de desempenadeira, argamassa colante em todas as bordas dos painéis. A colocação de gabarito de madeira na região das juntas entre painéis para preenchimento com graute se faz necessária, Figura 32, se necessário pode-se aplicar gesso entre o vão do gabarito e do painel para evitar a fuga de graute. Após isso é realizado o grauteamento das juntas dos painéis. O acabamento é feito com fundo de junta e selante.



Figura 33– Unidade habitacional unifamiliar. Fonte LUÍS BACHEGA (2008)

Após três horas de aplicação do graute são retiradas as fôrmas das juntas e os gabaritos de paredes (aprumadores e esquadros), para aplicação da argamassa de apoio para receber as pré-lajes. Posiciona-se estas pré-lajes sobre os painéis estruturais pré-moldados de concreto armado. Sobre a face superior do painel é aplicada argamassa de assentamento para nivelar a superfície e apoiar as pré-lajes. As escoras são colocadas conforme o plano de cimbramento definido em projeto. É realizado o posicionamento dos eletrodutos, caixas de passagem de energia e outros componentes que serão embutidos na laje, e executa-se a armadura negativa das mesmas. Concreta-se a laje.

Após o tempo de cura especificado em projeto para a laje, é executado o madeiramento e telhamento da cobertura. Fixa-se os caixilhos aos painéis através de parafusos. A vedação da junta entre perfis dos caixilhos e painel pré-moldado é feita com selante à base de silicone, ou poliuretano. Vemos a unidade em fase de finalização na Figura 33.

O início dos serviços deve ser precedido das proteções, evitando-se, desta forma, a queda de pessoas ou materiais. Durante a montagem dos painéis é isolada a área de

montagem e também a área para o içamento de materiais pesados. É feita a proteção das periferias para a concretagem da laje da unidade.

O uso de EPI's é necessário quando forem realizar as seguintes atividades:

- Trabalhos em alturas superiores a 2,00 m: é necessário o cinturão de segurança do tipo trava quedas.

Em qualquer situação de transporte vertical, a carga máxima suportada pelo equipamento tem que ser respeitada além de serem tomadas todas as cautelas necessárias para que não ocorra de forma nenhuma a queda de materiais.

Telas de proteção na execução da laje e plano de Rigging (isolamento da área para içamento de materiais pesados) são medidas de proteção coletiva necessária na execução das unidades unifamiliares.

A seguir segue uma relação de EPI's necessários a execução dos serviços:

- Bota de segurança
- Capacete de segurança
- Cinto de segurança com trava quedas
- Luva de proteção
- Óculos de segurança
- Protetor auricular

O controle de qualidade é baseado em documentos técnicos e através de ensaios realizados pela empresa que estiver executando a tarefa no caso, o Net-Pré, realizou uma série de ensaios para certificar a qualidade da casa. É previsto controle da qualidade do recebimento de materiais, da fabricação e recebimento dos painéis pós fabricação e da montagem dos painéis em local definitivo.

A resistência característica especificada para o concreto empregado nos painéis pré-moldados é igual a 13 MPa. A configuração estrutural é dada pela composição das paredes estruturais que recebem as cargas verticais das lajes (pré-laje + capeamento) e as cargas horizontais devidas ao vento, e as transmitem às fundações.

A estanqueidade à água é considerada para os elementos internos em áreas molháveis e sujeitos a ação da água de uso e lavagem dos ambientes, e para elementos externos, sujeitos a ação da água de chuva. As paredes externas recebem uma textura. A fixação das janelas como mostrado anteriormente é realizada por meio de parafusos e buchas, a vedação é realizada com o emprego de selantes flexíveis. Nos pisos das áreas

molháveis, a estanqueidade à água é obtida pelo revestimento em placas cerâmicas, pelo sistema de impermeabilização da laje e do radier e pelos caimentos e diferenças nas cotas dos pisos. Nas paredes internas das áreas molháveis, são aplicadas placas cerâmicas.

As paredes de concreto são compostas por materiais incombustíveis não se caracterizando como propagadores de incêndio ou de fumaça.

As paredes painéis formadas por painéis paredes, por serem estruturais, não podem ser demolidas pelo usuário. Modificações em paredes e lajes, como abertura de vãos de portas e rasgos para instalação elétrica e hidráulica devem ser previamente acordadas com a construtora que está realizando a montagem das unidades.

São prevista manutenções periódicas da unidade habitacional feitas pelo usuário, particularmente quanto a pintura das paredes.

A execução da unidade após a pré-fabricação dos painéis é realizada em aproximadamente uma semana sendo que a montagem dos painéis no canteiro é realizada em apenas 1 dia, isso mostra a extrema eficiência e rapidez do sistema em estudo. Em um cenário nacional onde o déficit habitacional está muito elevado, as unidades unifamiliares em painéis pré-moldados de concreto são uma boa alternativa para vencer este desafio.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos dias atuais, com a grande necessidade por prazos que o mercado impõe as construtoras, deve-se a cada dia que passa buscar novas técnicas e práticas construtivas que atendam tanto financeiramente, quanto em rapidez o cliente da obra.

A adoção do sistema construtivo com painel pré-moldado em concreto é viável para a construção de elementos repetitivos até que o valor da compra das formas metálicas seja amortizado. Após este momento, o sistema se torna viável para qualquer empreendimento.

A produção destes painéis em fábrica ficou demonstrada que além de tornar a obra mais limpa e sustentável, pois o canteiro se torna apenas em um ambiente de montagem, gera uma economia muito grande para o construtor, pois o número de mão de obra reduz drasticamente e a construção que antes era artesanal se torna uma linha de produção gerando um benefício enorme principalmente na qualidade do produto acabado e do desempenho final que a moradia irá transmitir ao usuário.

Portanto como conclusão final desta monografia, temos que a necessidade de melhor qualidade, menor prazo e o déficit habitacional no Brasil gera uma grande possibilidade de o sistema de painel pré-moldado em concreto se torne uma prática comum nas construções de habitações populares e com isso, o modo antiquado e retrogrado de se construir que perdura por anos no país possa deixar de existir para que linhas de produção da fábrica para o canteiro se torne o padrão da construção brasileira.

Como recomendação de um futuro estudo, deve-se focar mais especificadamente e separadamente nas quatro áreas que este trabalho apresentou. O projeto, a produção em fábrica, a montagem no canteiro e as vantagens econômicas do sistema construtivo de painel pré-moldado em concreto para unidade uni familiar.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP (2005)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062:2006 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2009 – Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho Partes 1 a 6. Rio de Janeiro. 2009.

CASTILHO, V. C. Análise estrutural de painéis de concreto pré-moldado considerando a interação com a estrutura principal. 1998, 154p. Dissertação de mestrado – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DÉFICIT Habitacional no Brasil 2005. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações, 2006. 200 p. (Projeto PNUD-BRA- 00/019 – Habitar Brasil – BID). Disponível em: <[HTTP://www.cidades.gov.br/media/Deficit2005.pdf](http://www.cidades.gov.br/media/Deficit2005.pdf)> Acesso em: abr. 2011.

ELLIOT, R. S. Precast Frame Concepts, Economics and Architectural Requirements. In WORKSHOP ON DESIGN & CONSTRUCTION OF PRECAST CONCRETE STRUCTURES. CONSTRUCTION INDUSTRY TRAINING INSTITUTE. Singapore. fib, Planning and Design Handbook on Precast Building Structures, 2nd edition 2004

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. O processo de produção das paredes maciças. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS VEDAÇÕES VERTICIAS – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC, jul. 1998b.

HUTH, Steffen. Construir con Células Tridimensionales . Barcelona: Gustavo Gilli, 1976.

INMAX TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO LTDA (Brasil). Tecnologia: sistema pac. São Paulo, 2009. CD-ROM.

OLIVEIRA, L.A. Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios. 2002, 191p. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEDREIRA DE FREITAS LTDA (Brasil). Paineis. São Paulo, 2008. CD-ROM.

PEPPE, A. R. C.; BRANDT P.S.C.. Avaliação de um sistema construtivo industrializado para residência unifamiliar. Trabalho de Conclusão de Curso, curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Barretos - SP, 2009.

PHILLIPS, W. R.; SHEPPARD, D. A. (1988). Plant-cast precast and prestressed concrete: a design guide. 3. ed. Mcgraw-Hill.

RODRIGUES, R. S. Estudo do processo construtivo de painéis portantes em edifícios residenciais. Trabalho de Conclusão de Curso, curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo - SP, 2008.

ROSSO, Teodoro. Racionalização da Construção. São Paulo: SABBATINI, F.H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989, 193 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

UEHARA, F. N. Diretrizes para Desenvolvimento de Projeto para Ligações de Painéis de fachada Horizontal de Concreto Pré-Moldado. 2009, 147 p Dissertação - Mestrado, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

VASCONCELLOS, Augusto Carlos de. O Concreto no Brasil. vol.3: Préfabricação, Monumentos, Fundações . São Paulo, Studio Nobel, 2002.

VIERO, L. K. Industrialização da Construção Civil Pré-Fabricados em Concreto. Trabalho de Conclusão de Curso, curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, julho, 2008.

6. ANEXO

Abaixo será explicado como é realizada a produção dos painéis pré-moldados de acordo com o novo sistema desenvolvido pela PEDREIRA DE FREITAS.

Os textos e as figuras foram retirados do CADERNO DE RECOMENDAÇÕES PAINEL PORTANTE fornecido ao aluno pela empresa Pedreira de Freitas através do Orientador Marcelo A. Ferreira.

6.1 PRODUÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS

Para a operação da usina de pré-moldados prevê a necessidade de oficiais e ajudantes, em quantidade a ser dimensionada junto ao corpo técnico da construtora. (PEDREIRA DE FREITAS)

■ Encarregado (Técnico em Edificações):	Controle dos pré-moldados
■ 1 Pedreiro	
■ 9 Armadores	
■ 6 Serventes	
■ 1 Ajudante de Pedreiro:	Armação, preparo e concretagem

Tabela 10 – Mão de obra utilizada na produção dos painéis. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS

6.1.1 FORMAS

Após a desforma da peça, deve-se fazer uma limpeza completa da forma retirando toda a espécie de detritos, bem como rebarbas de nata de concreto, que por ventura tenham ficado presos na forma. (PEDREIRA DE FREITAS)

Eventuais defeitos encontrados nas formas, causados por esforços extras quando da desforma, serão objetos de reforma. As reformas, por menores que sejam, são muito importantes para garantir o encaixe e acabamento dos elementos pré-moldados. (PEDREIRA DE FREITAS)

Deverá ser usado um desmoldante para forma de chapa metálica e sua aplicação com rolo de espuma (pintura) ou trinchão. (PEDREIRA DE FREITAS)

A qualidade do desmoldante é fundamental para garantir a aderência dos serviços de acabamentos. (PEDREIRA DE FREITAS)

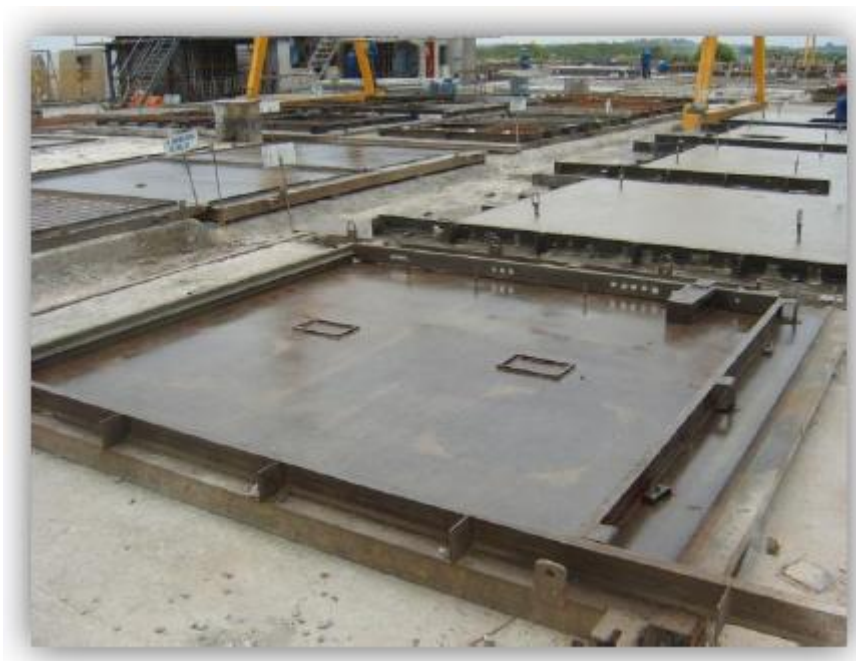


Figura 34 – Forma de painel. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS

6.1.2 CONFERENCIA DE MEDIDAS

Pré-laje:

Largura;

Comprimento;

Diagonais;

Negativos de hidráulica e elétrica;

Recortes e rebaixos com chapa para emendas;

Caixa de luz;

Para as caixas de luz, recomenda-se o uso de caixas Forcon, apesar da dificuldade de acabamento (existe a necessidade de se procurar um produto melhor ou desenvolver este). (PEDREIRA DE FREITAS)

A caixa de luz não pode ficar muito acima do futuro concreto para não aparecer no piso; a sua altura livre deve ser suficiente para a entrada dos conduítes. (PEDREIRA DE FREITAS)

Painel:

Altura;

Largura (verificar fechamento correto das travas);

Comprimento (verificar se os testeiros não estão mal posicionados);

Negativos para furos horizontais e verticais;

Posicionamento dos conduítes e caixas de elétrica (fixados na armadura dos painéis)

Escadas:

Larguras dos patamares;

Altura dos patamares;

Esquadro dos testeiros;

6.1.3 ARMAÇÃO

Nas folhas de produção deverão estar especificados os tipos dos ferros: Aço CA 25, 50 ou 60. As armações de painéis devem ser estocadas em cavaletes de madeira conforme a seqüência de concretagem, dia por dia. As armações das pré-lajes devem ser estocadas em cavaletes metálicos seguindo a seqüência de concretagem. (PEDREIRA DE FREITAS)



Figura 35 – Armação de painel. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS

6.1.4 PRÉ-LAJES

Preparação: Fora da forma, deve-se montar a malha de armação, tomando-se como critério de amarração, um nó sim outro não. O pastilhamento deve ser feito de forma a garantir o recobrimento de 2,0 cm da armação (Tela) à face superior da forma (normalmente um espaço sim outro não). No caso de uso de telas eletro soldadas, o pastilhamento pode ser reduzido. (PEDREIRA DE FREITAS)

Deve ser posicionada uma pastilha (separador de plástico) sob cada ferro de içamento para garantir o recobrimento deste. (PEDREIRA DE FREITAS)

As armaduras de emenda devem ser posicionadas de acordo com o projeto, respeitando o traspasso de 30 a 40 cm. O manuseio desta armadura deve ser cuidadoso para se evitar quebra da ponta da laje, devendo ser estocada sobre cavaletes. (PEDREIRA DE FREITAS)

No caso de uso de telas as armaduras transversais das emendas devem ser cortadas nos nós para permitir o transpasso quando da montagem das pré-lajes. (PEDREIRA DE FREITAS)

Os içadores devem ser confeccionados de forma a manter as “pernas” distantes 2 cm uma da outra (aplicando-se um laço conforme foto). No posicionamento na forma deve ser previsto pastilhamento (na armação do içador) de forma a garantir recobrimento de exatamente 2,0 cm. Deve ser garantida a posição do içador quando da vibração. Jamais se devem executar os içadores sem o laço, sob o risco de ocasionar a punção da laje na

posição do içador o que é perigoso e prejudicial ao acabamento posterior do forro. (PEDREIRA DE FREITAS)

Quando tivermos lajes com balanço maiores ou iguais a 50 cm (em relação ao içamento) deve ser observado o projeto do içador especial que deve ser maior em uma das pernas. (PEDREIRA DE FREITAS)



Figura 36 – Detalhe do eletroduto posicionado na pré-laje. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS



Figura 37 – Pré laje finalizada. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS

Aplicação e Conferência: Deve-se posicionar a malha na forma somente após a sua montagem completa e após a aplicação de desmoldante. Não se deve deixar nenhum serviço para ser executado na armadura após o seu posicionamento na forma, a não ser pequenos ajustes, de forma a evitar que o desmoldante impregne a armação e comprometa a aderência desta. (PEDREIRA DE FREITAS)

A conferência deve ser de quantidade, bitola e espaçamento. Deve ser ainda verificado e garantido que os ferros estejam praticamente encostados nos elementos limitadores (testeiros). O recobrimento neste sentido é de apenas 0.5 cm. (PEDREIRA DE FREITAS)

6.1.5 PAINÉIS

A armação deve ser montada em bancada, seguindo o projeto, com especial atenção ao posicionamento das telas e seu recobrimento. Deve-se tomar cuidado também com o posicionamento dos ferros de solda, de forma a garantir a dimensão externa à peça. (PEDREIRA DE FREITAS)

Os ferros de solda devem ser posicionados antes da montagem na bateria.

No posicionamento das armações devem ser incluídas as caixas de elétrica que devem estar bem fixadas às armaduras. No caso de caixas simples deve-se prever uma pastilha no fundo da caixa para que a caixa não fique encostada na forma.

Devem-se proteger as caixas de luz e os içadores embutidos com isopor. (PEDREIRA DE FREITAS)



Figura 38 – Armação de um painel. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS



Figura 39 – Bateria de fabricação dos painéis. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS

6.1.6 CONCRETAGEM

O concreto deve ser lançado obedecendo às boas condutas de concretagem, uma vez que os elementos a serem concretados não diferem em nada do convencional, a não ser pelo fato de estarem isolados. (PEDREIRA DE FREITAS)

A vibração das peças será feita através de:

Vibradores de Imersão (com agulhas de 35 ou 45 mm) – Escadas.

Formas Vibratórias – Pré-Lajes

Vibradores de Imersão com uso controlado (caso se obtenha um concreto em condições favoráveis de concretagem) (com agulhas de 35 ou 45 mm) – Painéis Portantes na Bateria. (PEDREIRA DE FREITAS)



Figura 40 – Painéis concretados na bateria. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS



Figura 41 – Painéis armazenados nos pentes. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS

6.1.7 DESFORMA

Após 20 horas, se atingido o Fck especificado em 6 MPa, deverá ser feito a desforma de pré-lajes e painéis. A escada deverá permanecer na forma por 48 ou 72 horas. (PEDREIRA DE FREITAS)

6.1.8 MOVIMENTAÇÃO DAS PEÇAS

Para a movimentação das peças devem ser verificados os itens abaixo descritos, a fim de garantir a segurança da peça, quanto a esforços indevidos e à possibilidade de queda da mesma (cuidados para a segurança do trabalho). (PEDREIRA DE FREITAS)

Cuidados Iniciais:

Verifique se o peso da peça a ser movimentada está de acordo com a capacidade do equipamento de içamento.

Verifique se o içamento não está ocorrendo próximo a cabos elétricos. A distância da peça ao cabo elétrico nunca deverá ser inferior a três metros.

6.1.9 ARMAZENAMENTO

O terreno deve estar firme e bem nivelado e deve conter sinalização adequada para fácil identificação das peças. Este local deve ser suficiente para o estoque de um pavimento completo, porque em caso de imprevistos a equipe pode iniciar a montagem. (PEDREIRA DE FREITAS)

No local onde serão estocas as pré-lajes devem ser posicionados barrotes de madeira (nivelados pela face superior), tomando-se o cuidado de que fiquem alinhados com os içadores das respectivas peças a serem armazenadas sobre os mesmos. (PEDREIRA DE FREITAS)

O posicionamento correto dos barrotes evita esforços concentrados que podem ocasionar ruptura das peças.

Os Painéis deverão ser estocados em prumo com travamento para impedir tombamento. Para isso devem ser construídos gabaritos (semelhantes a um pente que permitirão este tipo de armazenamento). No local de estocagem dos painéis devemos executar uma camada com 4 cm de brita, com caimento de 3 cm para parte central do pente, este caimento garante o não tombamento do painel, e a brita garante que o painel vai

estar com a face inferior sempre limpa, melhorando a aderência à argamassa de assentamento. Isto evita que os painéis tenham contato com a areia (a areia grudada no pé do painel dificulta a montagem). (PEDREIRA DE FREITAS)

Deve-se tomar um cuidado especial com a cura dos painéis, pois a ausência de cura após a colocação no estoque gera o empenamento das peças o que, além de dificultar a montagem implica em necessidade de regularização com massa ou gesso. (PEDREIRA DE FREITAS)

São necessários ainda gabaritos especiais de estocagem para as peças que necessitem de reparo ou complemento de serviços complementares (PEDREIRA DE FREITAS)

6.1.10 TRANSPORTE

No caso de ser necessário transportar os pré-moldados dentro da obra com uso de caminhões, deve-se transportar as pré-lajes apoiadas diretamente sobre a carroceria (no caso desta estar em bom estado), ou sobre um estrado nivelado. (PEDREIRA DE FREITAS).

Os Painéis e escadas deverão ser transportados posicionados em cavaletes iguais aos usados para transporte de vidro, verificando o equilíbrio entre os lados e limitando a carga em 7.500 Kg. (PEDREIRA DE FREITAS).

O número máximo de pré-lajes a serem transportados são 4, desde que tomado o cuidado de se manter o apoio contínuo das pré-lajes, uma sobre as outras. Os sacos de areia devem estar um sobre o outro, de forma a não sobrecarregar a laje inferior, transferindo todo o esforço para a carroceria do caminhão: As escadas deverão ser transportadas na vertical, evitando-se trincas de movimentação. (PEDREIRA DE FREITAS).

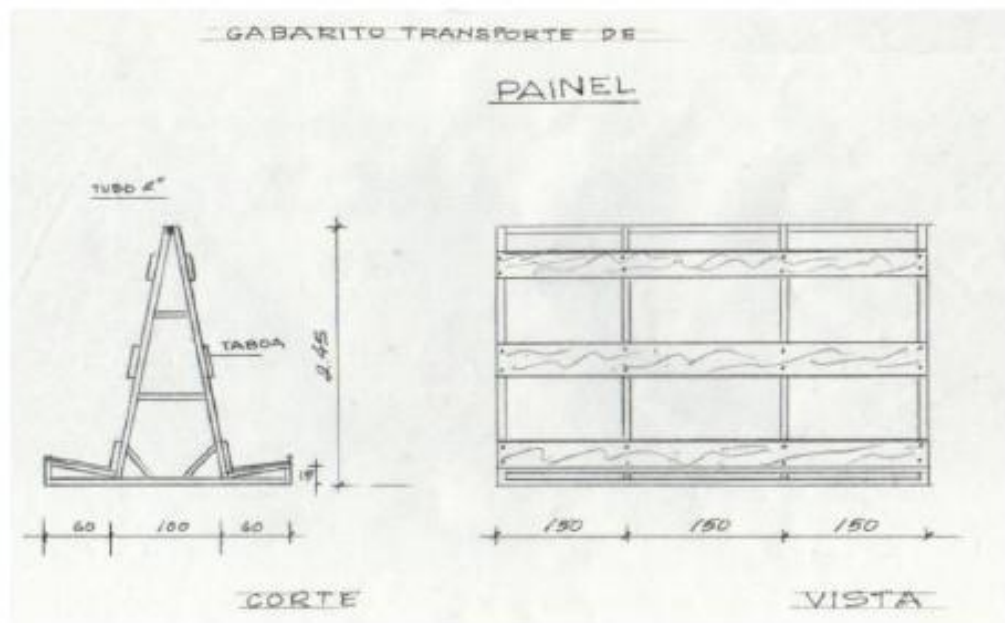


Figura 42 – Gabarito de transporte dos painéis. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS



Figura 43 – Suporte de apoio para transporte dos painéis. Fonte: PEDREIRA DE FREITAS