



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

ANDERSON GOMES DOS SANTOS

**ESTUDO DOS PROCEDIMENTOS DE MONTAGENS DE VIGAS E PILARES PRÉ-
FABRICADOS POR INDÚSTRIA DE PRÉ-MOLDADO EM PALMAS – TO.**

Palmas - TO

2015

ANDERSON GOMES DOS SANTOS

ESTUDO DOS PROCEDIMENTOS DE MONTAGENS DE VIGAS E PILARES PRÉ-FABRICADOS POR INDÚSTRIA DE PRÉ-MOLDADO EM PALMAS – TO.

Monografia apresentada como requisito para a aprovação na disciplina de TCC II do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas elaborado sob orientação do Professor M.Sc. Fabrício Bassani dos Santos.

Palmas - TO

2015

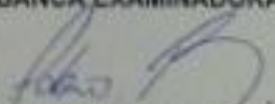
ANDERSON GOMES DOS SANTOS

ESTUDO DOS PROCEDIMENTOS DE MONTAGENS DE VIGAS E PILARES PRÉ-FABRICADOS POR INDÚSTRIA DE PRÉ-MOLDADO EM PALMAS - TO.

Monografia apresentada como requisito para a aprovação na disciplina de TCC II do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas elaborado sob orientação do Professor M.Sc. Fabricio Bassani dos Santos.

Aprovado em 27 de Novembro de 2015.

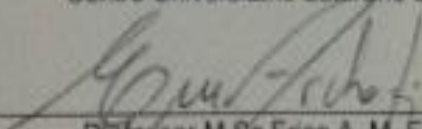
BANCA EXAMINADORA



Professor Orientador M.Sc. Fabricio Bassani dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas



Professor M.Sc. Roldão Pimentel de Araújo Junior
Centro Universitário Luterano de Palmas



Professor M.Sc. Erico A. M. E. Archeti
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO
2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me apoiou nesta jornada e a todos que direta e indiretamente contribuíram para essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus todo poderoso que habita em mim pela proteção e provisão durante toda essa jornada.

A minha Mãe Marilene Gomes Pereira quem me criou, e meus passos que acompanha até hoje, meus queridos filhos; Felipe, Vitória e Alice, pelo amor, carinho e paciência.

Minha amada esposa Jucimara Milkievicz Gomes por estar ao meu lado nas horas mais difíceis que passamos.

A toda minha família e todos amigos, presente e não presentes durante esta jornada, aos irmãos e irmãs de batalhas diária, aos guerreiros estudantes de engenharia do Ceulp-Ulbra.

Agradeço a empresa Premoll pela oportunidade do conhecimento adquirido, e a todos os seus colaboradores.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, pela ajuda e presteza, em especial ao Professor M.Sc. Fabrício Bassani dos Santos, por todos os esforços envidados no sentido de me auxiliar como meu Orientador nessa atividade.

“Não são as perdas nem as caídas que podem fazer fracassar nossas vidas, senão a falta de coragem para levantarmos e seguirmos adiante”.

Samael Aun Weor

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro, construído em 1926.....	21
Figura 2 - Peças pré-fabricadas separadas por papel parafinado	22
Figura 3 - Galpão Industrial com vigas Vierendeel de concreto armado	23
Figura 4 - Percentual de cimento destinado a pré-fabricados e pré-moldados	24
Figura 5 - Consumo de cimento em pré-fabricados.....	24
Figura 6 - Tipologias De Sistemas Estruturais, Pilares, Vigas e Lajes	33
Figura 7 - Elementos Estruturais Usuais em Edifícios de Pequena Altura.....	34
Figura 8 - Tipologias Usuais para Elementos de Pilares para Edifícios de Pequena Altura.....	35
Figura 9 - Tipologias Usuais para Elementos de Vigas para Edifícios de Pequena Altura.....	36
Figura 10 - Tipologias Usuais para Elementos de Lajes Pré-moldadas para Edifícios de Pequena Altura.....	37
Figura 11 - Ligação Rígida Tipo Cálice (Bucket Foundation)....	39
Figura 12 - Representação de cálice sem e com embutimento (ligação rugosa)....	40
Figura 13 - Ligação Rígida Parafusada.....	40
Figura 14 - Ligação Rígida Parafusada.....	41
Figura 15 - Consolo de Concreto.....	41
Figura 16 - Consolo com Insertos Metálicos.....	42
Figura 17 - Ligações de Topo de Pilar.....	42
Figura 18 - Ligações Rígida Pilar-Viga de Topo.....	43
Figura 19 - Ligações Rígida Pilar-Viga de Extremidade.....	43
Figura 20 - Ligações Rígida Pilar-Viga Simétrica.....	44
Figura 21 - Consolo: Parâmetros Característicos.....	44
Figura 22 - Tipos de Consolo de Concreto.....	45
Figura 23 - Sistema de estrutura aporticada pré-moldada....	46
Figura 24 - Estrutura pré-moldada em esqueleto....	47
Figura 25 - Resumo das Condições de Prevenção e Segurança do Trabalho.....	49
Figura 26 - Corrente de içamento, enxada, alavanca e cone de sinalização.....	54
Figura 27 - Cavadeira, furadeira, cimento e pá... ..	55
Figura 28 - Areia, prumo de face, brita e eletrodo....	56
Figura 29 - Kit EPI, betoneira, máquina de solda e carrinho de mão....	57

Figura 30 – Ferramentas para Medição.....	58
Figura 31 - Fita zebrada, marreta de 5 kg e barra roscada com porca e arruela.....	59
Figura 32 – Conferência das fundações.....	64
Figura 33 – Linhas de Face dos Gabaritos.....	64
Figura 34 – Montagem dos Pilares, conferindo prumo.....	65
Figura 35 – Fixação dos Pilares.....	66
Figura 36 – Montagem das Vigas, estoque na obra.....	67
Figura 37 – Limpeza dos Consoles de Apoio e Furos dos Pinos de Tratamento.....	68
Figura 38 – Içamento das Vigas.....	69
Figura 39 – Ligação das Peças com Pinos de Travamento.....	70
Figura 40 – Limpeza dos Fundos dos Cálices de Encaixe nas Fundações.....	71
Figura 41 - Suspendendo pilar com alça de içamento.....	72
Figura 42 - Conferindo prumo do pilar e cunhas no pilar.....	73
Figura 43 - Cunhas de travamento do pilar.....	73
Figura 44 - Concretando Pilar após retira das cunhas de madeira.....	74
Figura 45 - Conferindo nível do consolo com nível da obra.....	75
Figura 46 - Estoque na obra.....	77
Figura 47 - Pilar de Extremidade com ligação de duas vigas.....	77
Figura 48 – Pino de Ligação.....	78
Figura 49 - Gráfico de valores de desaprumo dos pilares obra A.....	81
Figura 50 - Gráfico de tolerâncias longitudinais Obra “A” vigas de mezanino.....	82
Figura 51 - Gráfico de Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “A” vigas de cobertura.....	84
Figura 52 - Valores de desaprumo dos pilares Obra “B”.....	85
Figura 53 - Gráfico de tolerâncias longitudinais Obra “B” vigas de mezanino.....	86
Figura 54 - Gráfico de Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “A” vigas de cobertura.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Tolerâncias para as dimensões longitudinais (NBR 9062/2006).....	46
Tabela 02 - Check List Montagem de Viga.....	53
Tabela 03 - Check List Montagem de Pilar.....	53
Tabela 04 - Valores de desaprumo dos pilares Obra “A”.....	80
Tabela 05 - Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “A” vigas de mezanino.....	81
Tabela 06 - Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “A” vigas de cobertura.....	83
Tabela 07 - Valores de desaprumo dos pilares Obra “B”.....	84
Tabela 08 - Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “B” vigas de mezanino.....	86
Tabela 09 - Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “B” vigas de cobertura.....	87

RESUMO

O presente trabalho propõe – se ao Estudo dos Procedimentos de Montagens de vigas e pilares pré-fabricados por Indústria de Pré-moldado em Palmas – TO, de modo a propiciar o estudo de procedimentos construtivos mais eficientes na indústria da Construção Civil, partindo do projeto da edificação até o acabamento final da obra, a fim de aprovisionar ações que baseiam na qualidade e produtividade das edificações. Desta forma, a atividade foi elaborada, utilizando vasto referencial teórico relativo ao tema, no sentido de embasar o estudo, oferecendo a possibilidade da criação de hipóteses bem sucedidas para a engenharia civil, através da utilização de peças de concreto pré-fabricados, promovendo mais qualidade nos canteiros de obras, pois através de componentes industrializados com alto controle ao longo de sua produção, com materiais de boa qualidade, fornecedores selecionados e mão de obra treinada e qualificada, as obras tornam-se mais organizadas e seguras. Nestes termos, o estudo parte do pressuposto da conceitualização e historicidade da pré-fabricação, classificação de pré-moldado e pré-fabricado, perpassando pelos processos de produção, análise estrutural, tolerâncias dimensionais, sistemas estruturais, segurança do trabalho e planejamento de montagem, seguindo para a metodologia e resultados provisionados, bem como, para as considerações conclusivas alusivas ao tema abordado. Sendo importante destacar que, o presente trabalho é de natureza bibliográfica e estudo de caso, partindo do referencial teórico para a elaboração de sugestões de qualificação dos Procedimentos de Montagens de vigas e pilares pré-fabricados por Indústria de Pré-moldado, a fim de embasar a prática a ser desenvolvida posteriormente pelos profissionais da engenharia civil, haja vista, a elaboração de um Manual orientativo para a realização dos procedimentos de montagens de vigas e pilares pré-fabricados por Indústria de Pré-moldado.

Palavras – chave: Procedimentos de Montagem. Vigas e Pilares. Pré-fabricados. Pré-moldados.

ABSTRACT

This paper proposes - to the study of beams Assembly Procedures and prefabricated pillars by Industry Precast in Palmas - TO, in order to promote the study of more efficient construction procedures in the Construction industry, starting from the design the building up to the finishing of the work, in order to replenish stocks that are based on the quality and productivity of the buildings. Thus, the activity was developed using broad theoretical framework for the topic, to base the study, offering the possibility of creating successful cases for civil engineering through the use of prefabricated concrete parts, promoting more quality in construction sites, for through industrial components with high control over production, with good quality materials, selected suppliers and hand trained and skilled workforce, the works become more organized and secure. Accordingly, the study of the conceptualization of the assumption and historicity of prefabricated, precast rating and prefabricated, passing by production processes, structural analysis, scales tolerances, structural systems, safety and assembly planning, according to the methodology and accrued results as well as for depicting conclusive considerations to the topic discussed. It is important to emphasize that this work is bibliographical and case study, based on the theoretical framework for the development of qualification suggestions beams Assembly Procedures and prefabricated pillars for Precast industry in order to base the practice to be developed further by professional civil engineering, considering the development of a guidance charges for carrying out the procedures mounts beams and prefabricated pillars for Precast Industry.

Key – words: Mounting Procedures. Beams and pillars. Prefabricated. Precast.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Objetivos	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 Justificativa.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO - ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO ARMADO	19
2.1 História Da Pré-Fabricação.....	19
2.1.1 Pré-Fabricação De Ciclo Fechado	19
2.1.2 Pré-Fabricação De Ciclo Aberto.....	20
2.1.3 Pré-Fabricação De Ciclo Flexibilizado.....	20
2.1.4 Pré-Fabricados De Concreto No Brasil	21
2.2 Diferença Entre Pré-Moldado E Pré-Fabricado	25
2.2.1 Vantagem e Desvantagem	25
2.3 Concreto Auto Adensável.....	27
2.3.1 Argamassa para ligações	28
2.3.2 Cobrimento	28
2.4 Processos De Produção	29
2.4.1 Produção da Pré-Fabricação.....	29
2.4.2 Projeto Otimizado	29
2.4.3 Padronização	30
2.4.4 Patologias.....	31
2.4.5 Sustentabilidade.....	32
2.5 Elementos Para Análise Estrutural	32
2.5.1 Tipologia de Sistemas Estrutural.....	32
2.5.1.1 Pilares	34
2.5.1.2 Vigas	35
2.5.1.3 Lajes.....	36
2.5.2 Ligações De Elementos Estruturais De Pré-Moldados.....	37
2.5.3 Ligações Pilar-Cálice De Fundação	38
2.5.4 Ligações Pilar-Vigas.....	41

2.5.5 Ligações Rígida Pilar-Viga De Topo	43
2.5.6 Ligações Rígida Pilar-Viga De Extremidade.....	43
2.5.7 Ligações Rígida Pilar-Viga Simétrica	44
2.5.8 Consolo	45
2.5.9 Tipos De Consolo De Concreto	45
2.6 Tolerâncias Dimensionais	45
2.6.1 Tolerâncias Transversais	45
2.6.2 Tolerâncias Longitudinais.....	45
2.7 Sistemas Estruturais Em Esqueleto E Aporticados.....	46
2.7.1 Estrutura Aporticada Pré-Moldada	46
2.7.2 Estrutura Pré-Moldada Em Esqueleto	47
2.8 Segurança Do Trabalho	47
2.8.1 NR 35 Trabalho Em Altura	47
2.8.2 Solicitações Dinâmicas Nos Dispositivos De Levantamento	48
2.9 Planejamento De Montagem.....	49
2.9.1 Fatores Relevantes	49
3. METODOLOGIA	51
3.1 Processo Executivo e Métodos do Estudo de Caso	60
3.1.1 Fundamentos Teóricos dos Processos Executivos e Métodos Executivos	60
3.2 Parâmetros Técnicos e Balizadores.	60
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
4.1 Estudo de Caso da Obra “A”	63
4.1.1 Quanto à montagem dos Pilares	63
4.1.2 Quanto à montagem das Vigas.....	67
4.2 Estudo de Caso da Obra “B”	70
4.2.1 Quanto à montagem dos Pilares	71
4.2.2 Quanto à montagem das Vigas	72
4.3 Comparativo de Resultados de Obra “A” e “ B.....	79
4.3.1 Estudo de Caso da Obra “A”	79
4.3.2 Estudo de Caso da Obra “B”	84
5. CONCLUSÃO	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICES	95
ANEXOS	98

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, os desenvolvimentos dos processos de pré-fabricação estão ligados não só aos sistemas de fabricações, mas também aos processos de transporte, de montagem, aos métodos de inspeção e controle, à descoberta de novos materiais e ao controle dos resultados desses processos ao meio ambiente.

A industrialização da construção civil, através da utilização de peças de concreto pré-fabricados, promoveu um salto de qualidade nos canteiros de obras, pois através de componentes industrializados com alto controle ao longo de sua produção, com materiais de boa qualidade, fornecedores selecionados e mão de obra treinada e qualificada, as obras tornaram-se mais organizadas e seguras.

A construção do edifício não está baseada simplesmente na montagem dos elementos na concepção da arquitetura diversificada, mas em uma série de fatores econômicos, logísticos, organizacionais e culturais, pois a procura por procedimentos construtivos mais eficientes, partindo do projeto da edificação até o acabamento final, é comum na indústria da construção civil.

Neste sentido, o emprego de sistemas estruturais industrializados, como é o caso dos sistemas em concreto pré-moldado e pré-fabricado, revelar-se como um recurso muito procurado no mercado, que demanda obras cada vez mais rápidas, econômicas, duráveis e sustentáveis.

Por se tratar de processos industrializados, fundamentando-se por isso, em ações organizacionais e inovações tecnológicas, a pré-fabricação de elementos estruturais em concreto possibilita um maior controle de qualidade da produção, com conseqüente aumento na durabilidade da construção, maior rapidez de execução (uma vez que as peças chegam na obra prontas para a montagem) e maior economia (pois dispensam o uso de fôrmas e parte da mão-de-obra usualmente utilizada no canteiro).

O salto do concreto pré-moldado teve seu grande impulso no quarto de século que se seguiu à Segunda Guerra Mundial. Neste período, a Europa encontrava-se assolada e arrasada, a precisão de reconstrução rápida e a escassez de mão de obra instigaram a evolução e aproveitamento da tecnologia do concreto pré-moldado, especialmente em edifícios, galpões e pontes, aplicando

primeiramente tal desenvolvimento na Europa Ocidental e depois para a Europa Oriental. (EL DEBS, 2000, p.55).

Nesse contexto, a cidade de Palmas-Tocantins como a capital mais jovem do Brasil, vem vivenciando o pleno desenvolvimento em todas as áreas, e a construção civil tem acompanhado essa ampliação, através da execução de diversas construções, com vários sistemas construtivos, dentre eles o de industrialização da construção civil, através da utilização de peças de concreto pré-fabricados, sendo os procedimentos de montagem dessas peças (vigas e pilares) pré-fabricados por Indústria de Pré-moldado o objeto de estudo da elaboração em questão.

Nesse contexto, a atual elaboração está relacionada à área estrutural da Engenharia Civil, propondo o estudo dos procedimentos de montagem das vigas e pilares pré-fabricados por Indústria de Pré-moldado, de forma a propiciar o desenvolvimento do estudo de modo a sugerir propostas de qualificação dessa realidade nas edificações, no sentido de desenvolver obras munidas tanto de segurança e qualidade, quanto de estética e rentabilidade.

Assim, na elaboração do presente trabalho foi desenvolvida a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso, organizado o trabalho em cinco capítulos: 1. Introdução, 2. Referencial Teórico, 3. Metodologia, 4. Resultados e 5. Conclusão. Sendo apresentados, posteriormente, os referenciais bibliográficos utilizados e os Apêndices, com a apresentação de um Manual de procedimentos de montagem das vigas e pilares pré-fabricados por Indústria de Pré-moldado como produto do estudo realizado.

1.1. Objetivos:

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o procedimento de montagem de elementos pré-fabricados de concreto armado – vigas e pilares – usados na execução de estruturas de concreto pré-fabricado por Indústria de Pré-moldados em Palmas –TO, no ano de 2015.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

a) Estudar o processo executivo e os métodos executivos de montagem de elementos pré-fabricados de concreto, através dos procedimentos descritos na literatura técnica específica.

b) Identificar os parâmetros técnicos balizadores e determinantes para a qualidade do processo executivo de montagem de elementos pré-fabricados de concreto

c) Propor caderno de encargos contendo Pse (procedimento de especificação de serviços) e Psi (procedimento de inspeção e serviços) de montagem de elementos pré-fabricados de concreto para empresa em Palmas – TO.

d) Analisar a aplicação de caderno de encargos de montagem proposto com base em estudo de caso de execução de estrutura de concreto pré-moldado.

1.2 Justificativa

Nas últimas décadas com o crescimento na construção civil brasileira, as estruturas pré-fabricadas de concreto armado tem sido alvo de grande interesse, visto que, proporcionam avanços na tecnologia da construção, qualidade nos novos edifícios, modernização dos sistemas construtivos e prazo cada vez mais curtos nas execuções.

Com o potencial que a técnica de pré-fabricação de estruturas de concreto armado em obras de pequena, medias e grande porte, se faz necessário o aprimoramento das técnicas de montagem de acordo a evolução do próprio pré-fabricado. A evolução do processo de industrialização de estruturas pré-fabricadas tem um grande potencial para o futuro, aliado ao processo de comunicação global e automação.

Diferenciando de Pré-Moldado que é caracterizado como um processo de construção em que a obra, ou parte dela, é moldada fora de seu local de utilização definitivo, ou seja, produzido em condições menos rigorosas de controle de qualidade, sem a necessidade de pessoa, laboratórios instalações próprias.

O trabalho abordou o cotidiano de Indústria: Pré-moldados de Concreto Gurupi – Premoll em Palmas – TO, na montagem de vigas e pilares em concordância as normas vigentes nacionalmente, e pelo Manual de procedimentos e montagem proposto para tal empresa, visto que por se tratar de edificações de diferentes setores, requer também diferentes conhecimentos e práticas de montagens.

O tema escolhido pelo autor é pouco discutido em trabalhos acadêmicos, visto que analisar um manual adotado por uma empresa é de suma importância para atuação profissional.

Infelizmente por falta de uma análise prévia dos procedimentos de montagem na área de estruturas pré-fabricadas dentre a forma correta dos métodos construtivos, podem ocorrer patologias nas estruturas e em casos mais graves os colapsos das estruturas.

Como problema que serviu de base para o estudo, entendemos que houve a necessidade de se verificar a condição das obras em concreto pré-moldado existentes em Palmas - TO, especialmente quanto aos seus aspectos normativos, pois, apesar de existir uma norma brasileira, no qual a função é fundamentar toda

obra pré-moldada (ABNT/NBR – 9062:2006), são encontradas, na atualidade, diversas obras realizadas em discordância com a mesma.

Assim, surgiu a necessidade de se investigar como são executados os procedimentos de montagem de estruturas pré-fabricadas de concreto armado de vigas e pilares segundo os procedimentos de montagem de Indústria de Pré-moldados em Palmas – TO.

2. REFERENCIAL TEÓRICO - ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO ARMADO

2.1 História Da Pré-Fabricação

A história da industrialização identifica-se, primordialmente, com a história da mecanização, isto é, com o desenvolvimento das ferramentas e máquinas para a produção de bens. De forma gradativa, as atividades desempenhadas pelo homem com auxílio da máquina foram sendo substituídas por mecanismos, como aparelhos mecânicos ou eletrônicos, ou genericamente por automatismos.

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

2.1.1 Pré-Fabricação De Ciclo Fechado

Salas (1988), dividi a utilização dos pré-fabricados de concreto nas três seguintes etapas:

- I) De 1950 a 1970 – período em que a falta de edificações ocasionadas pela devastação da guerra, houve a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitais e industriais, dentro dos sistemas de pré-fabricação de ciclo fechado. No período pós-guerra os sistemas pré-fabricados de ciclo fechado representaram a tecnologia dominante, onde se procurou aplicar na construção civil os mesmos conceitos adotados em outros setores da indústria, buscando-se a produção em série com alto índice de repetição dos elementos pré-moldados.

- II) De 1970 a 1980 – período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados. Esses acidentes provocaram, além de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma

profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em grandes elementos pré-fabricados. Neste contexto, teve o início do declínio dos sistemas pré-fabricados de ciclo fechado de produção.

III) Após o ano de 1980, a produção de pré-fabricados e conhecida com ciclo aberto, foi consolidada com base em componentes compatíveis, de origens diversas. Para Bruna (1976), “a industrialização de componentes destinados ao mercado e não, unicamente, às necessidades de uma empresa apenas é conhecida como ciclo aberto”.

2.1.2 Pré-Fabricação De Ciclo Aberto

O Princípio de Pré-fabricados de Ciclo Aberto tem como finalidade a criação de técnicas, tecnologias e procedimentos de pré-fabricação mais flexíveis e menos rígidos, ou seja, realizar uma produção de peças padronizadas e que sejam compatíveis com diferentes elementos de diversos fabricantes.

Na visão de ELLIOT (2002), aparece uma nova geração de sistemas de ciclos “flexibilizados”, por compreender que não apenas os componentes são “abertos”, mas todo o sistema o é, e portanto, o projeto também passa a ser essencialmente aberto e flexibilizado para se adequar a qualquer tipologia arquitetônica.

FERREIRA (2003), salienta que o conceito de sistema flexibilizados na produção vão além da fábrica, com a possibilidade da produção de componentes no canteiro, dentro de um sistema com alto grau de controle e qualidade e de organização da produção.

2.1.3 Pré-Fabricação De Ciclo Flexibilizado

Os elementos estruturais em concreto arquitetônico segundo FERREIRA (2003), surgem cada vez mais empregados em importantes edifícios comerciais,

sendo muitas vezes compatibilizados com outros sistemas construtivos, como as construções em aço, madeira e alvenaria.

2.1.4 Pré-fabricados de concreto no Brasil

Devido o Brasil não ter sofrido com devastações por causa da Segunda Guerra Mundial, não sofreu as necessidades de construções em grande escala, como ocorrido na Europa. Assim, VASCONCELOS (2002), afirma que a primeira grande obra na qual foi utilizado elementos pré-fabricados no Brasil, refere-se ao hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. A empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com filial 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. Conforme figura 1.

Figura 1 - Hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro, construído em 1926.



Fonte: Lages (2013).

Nesta época, segundo 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 utilizou-se a técnica de executar as peças deitadas umas sobre as outras, em uma seqüência vertical, separando-as por meio de papel parafinado, conforme Figura 2.

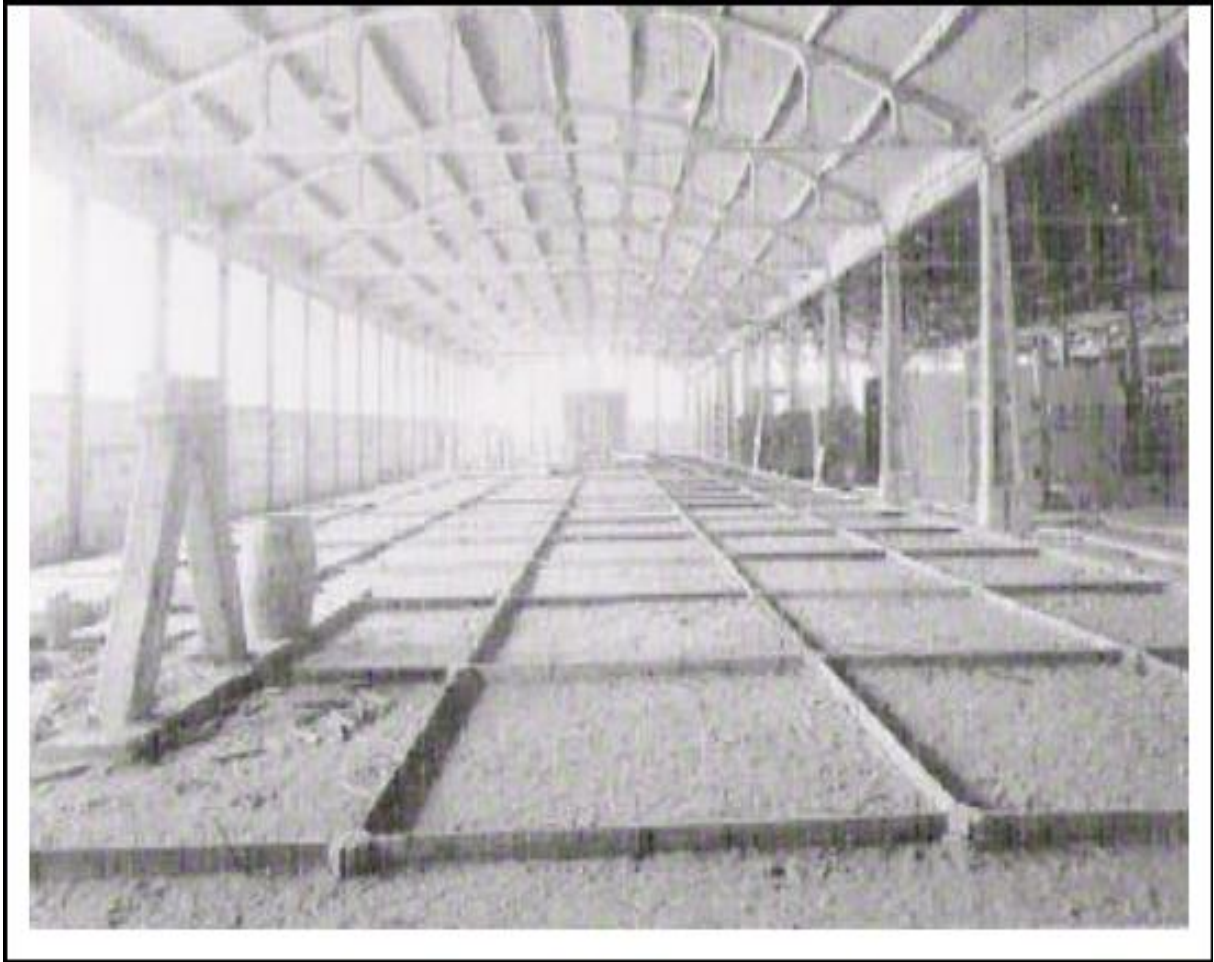
Não era necessário esperar que o concreto endurecesse, para então executar a camada sucessiva. Esse procedimento economizava tempo e espaço no canteiro, podendo ser empilhadas até 10 peças. As fôrmas laterais iam subindo à medida que o concreto endurecia, reduzindo assim a extensão do escoramento. Tal metodologia dava uma grande produtividade na confecção das peças. Finalizava 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. A estrutura, extraordinariamente leve e original, tinha tesouras em forma de viga Vierendeel curva, conforme Figura 2 e 3.

Figura 2 – Peças pré-fabricadas separadas por papel parafinado



Fonte: VASCONCELOS (2002)

Figura 3 – Galpão Industrial com vigas Vierendeel de concreto armado

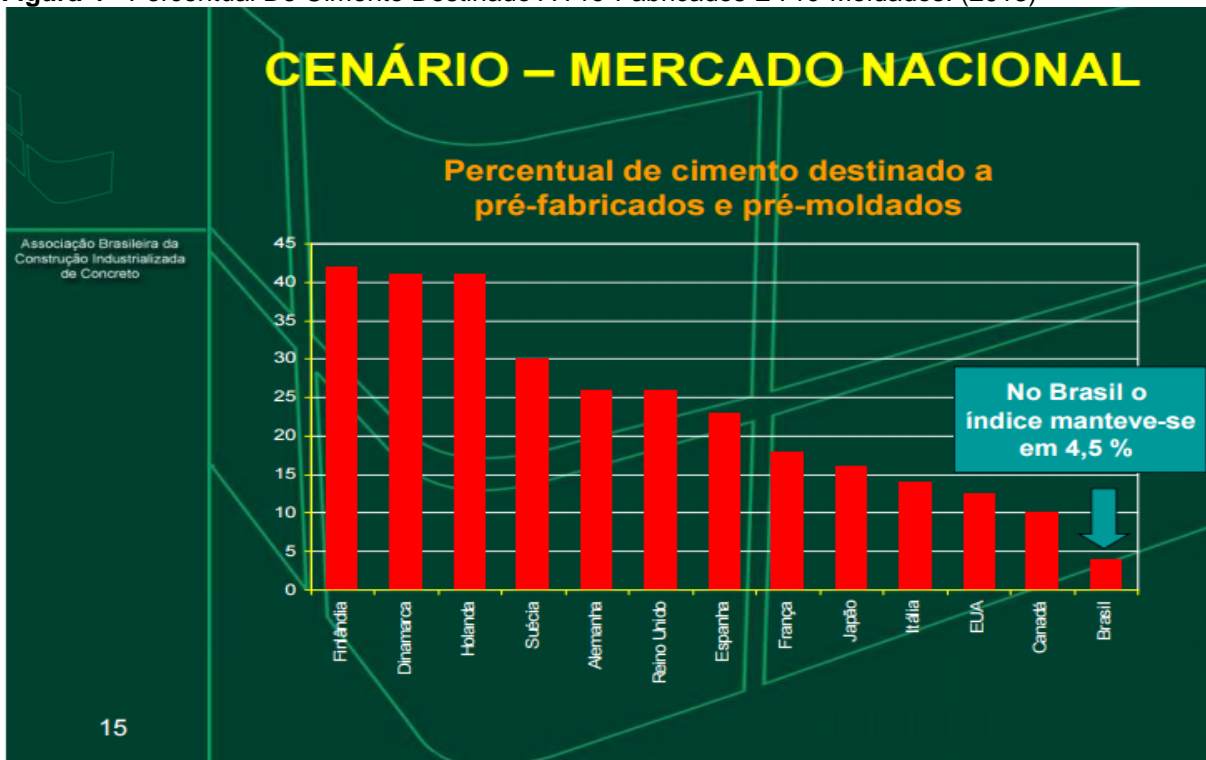


Fonte: VASCONCELOS (2002),

Conforme 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 ABCIC (1980), esse desestímulo 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.

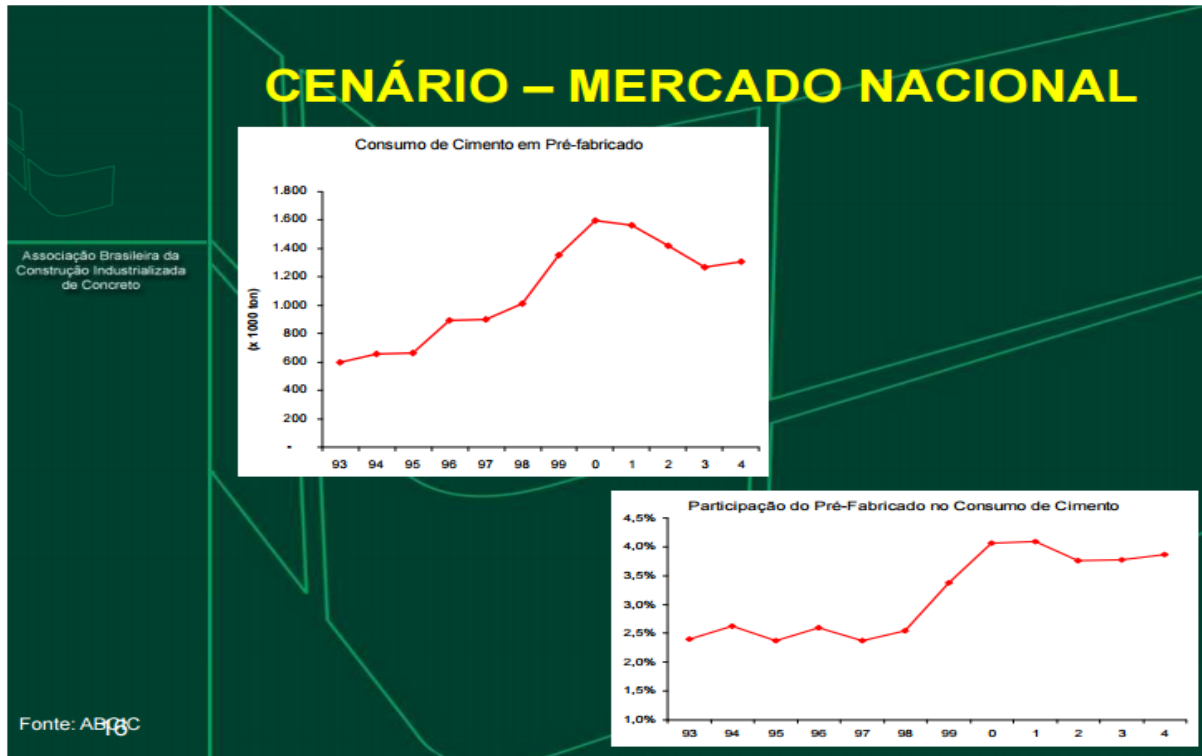
No Brasil, apenas 4,5% de todo o cimento produzido destina-se a pré-fabricados. No entanto, os pré-fabricados fazem parte da cultura da construção civil de outros países, adeptos da construção seca e industrializada, chegando este percentual a 12% nos Estados Unidos, 20% na Espanha e 40% na Dinamarca, demonstrando que há grande potencial de desenvolvimento desse mercado no setor da construção brasileira (Moreira Filho, 2013). Conforme figura 4 e 5.

Figura 4 - Percentual De Cimento Destinado A Pré-Fabricados E Pré-Moldados. (2013)



Fonte: ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

Figura 5 - Consumo de Cimento Em Pré-Moldado E Participação De Pré-Fabricado No Consumo De Cimento (2013).



Fonte: ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

2.2 Diferença entre pré-moldado e pré-fabricado

O termo pré-fabricação no campo da construção civil tem o seguinte significado: "fabricação de certo elemento antes do seu posicionamento final na obra" (REVEL, 1973).

Conforme REVEL (1973), a pré-fabricação em seu sentido mais comum se aplica a toda fabricação de elementos de construção civil em indústrias, a partir de matérias primas e semi-produtos atenciosamente escolhidos e utilizados, sendo em seguida estes elementos transportados à obra onde ocorre a montagem da edificação.

Segundo ORDONÉZ (1974), foi no período pós Segunda Guerra Mundial, principalmente na Europa, que começou, verdadeiramente, a história da pré-fabricação como "manifestação mais significativa da industrialização na construção", e que a utilização intensiva do pré-fabricado em concreto deu-se em função da necessidade de se construir em grande escala.

A Norma da ABNT/NBR 9062:2006, Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado distingue os componentes pré-moldados dos pré-fabricados, estabelecendo especificações de projeto, produção e controle de qualidade:

Pré-Moldado: É caracterizado como um processo de construção em que a obra, ou parte dela, é moldada fora de seu local de utilização definitivo, ou seja, produzido em condições menos rigorosas de controle de qualidade, sem a necessidade de pessoa, laboratório instalações próprias.

Pré-Fabricado: É um método industrial de construção em que os elementos fabricados, em grandes séries, por métodos de produção em massa e condições rigorosas de controle de qualidade são montados na obra, mediante equipamentos e dispositivos de elevação. (ABNT/NBR 9062:2006)

2.2.1 Vantagem e desvantagem

Com a procura crescente dos setores da construção civil pela economia de materiais, os sistemas pré-fabricados não são mais apenas uma expectativa, e se tornaram um real sistema em ascensão na indústria da construção. Esse avanço consolida o fato de que os componentes pré-fabricados para fundações (estacas, blocos e baldrames), vigas, pilares, coberturas (telhas e lajes) e fechamento lateral

têm completado, de modo satisfatório e eficiente, as exigências de economia, requeridas por edificações destinadas a diversas funções, particularmente aquelas que se caracterizam por espaços de grandes dimensões, como os observados em prédios industriais, edifícios de escritórios, hotéis e shopping centers (MOREIRA FILHO, 2013; MANSEL, 2013).

Dentre as principais vantagens que tornaram o concreto pré-fabricado uma alternativa atraente na construção civil, destaca-se:

a) Rapidez de execução

A utilização dos sistemas pré-fabricados, geram obras mais rápidas devido à expansão do uso de peças pré-fabricadas. Há um pensamento crescente na construção civil no qual abandonar processos artesanais em prol da industrialização, uma vez que ela aumenta a velocidade e a qualidade final da obra. O planejamento prévio da entrega e da montagem das peças pré-fabricadas contribui para que a execução seja rápida e precisa, sem adaptações ou improvisações, fazendo com que haja um aumento da produtividade da mão-de-obra, reduzindo, em média, para um terço o tempo da obra (MOREIRA FILHO, 2002; MUNKELT, 2013).

b) Menores perdas

Os pré-fabricados oferecem um maior controle de qualidade em sua produção em relação aos produtos de concreto moldado in loco. Por esta causa, há uma diminuição das perdas com materiais, as quais já são consideradas no custo total por m³ de concreto pré-fabricado produzido por uma empresa.

No entanto, em obras feitas com concreto armado moldado no local, observa-se um gasto maior com materiais durante a execução, o qual deve ser considerado no custo total orçado para a obra. GROHMANN (1998) chega a afirmar que “com a quantidade de materiais e mão-de-obra desperdiçados em três obras, é possível construir outra igual, isto é, o desperdício atingiria um índice de 33%.” Pinto (1995) apresenta que, no Brasil, o acréscimo nos custos advindos do desperdício é de cerca de 30%.

c) Durabilidade

A durabilidade é uma consequência do rigoroso controle de qualidade pelo qual passam os elementos pré-fabricados em sua fabricação. Os testes no recebimento dos materiais, as diversas inspeções durante cada etapa de fabricação, as medidas precisas das quantidades dos materiais, tudo isso proporciona ao concreto pré-fabricado a característica de um produto extremamente durável (MUNKELT, 2013).

Apesar de apresentarem muitas vantagens, há algumas características particulares dos pré-fabricados que limitam sua adoção mais plena de acordo com ACKER (2002) o pré-fabricado tem diversas vantagens que envolvem aspectos estruturais, construtivos e econômicos. Mais também existe uma grande preocupação com relação às ligações pré-moldadas e como os elementos se comportam. As ligações de vigas a pontos intermediários dos pilares geralmente são feitas com consolos. Os consolos são componentes estruturais que comumente estão ligados a pilares, porém podem também ligados a vigas, principalmente quando se tratam de estruturas pré-moldadas. Sua utilização básica é servir de apoio para outras partes da estrutura ou para cargas de utilização.

2.3 Concreto

O concreto dos elementos pré-moldados e pré-fabricados deve ter resistência mecânica mínima conforme ABNT/NBR - 6118:2014.

ACKER, A. V. (2002), espõem que a pré-fabricação utiliza equipamentos controlados por computador para o preparo do concreto, aditivos e adições são utilizados para conseguir os desempenhos mecânicos específicos, para cada tipo de concreto.

O lançamento e o adensamento do concreto são executados em locais fechados, com equipamentos otimizados. A relação água/cimento pode ser reduzida ao mínimo possível e o adensamento e cura são executadas em condições controladas.

O resultado é que o concreto pode ser impecavelmente adaptado as solicitações de cada tipo de elemento para otimizar o uso dos materiais mais caros. Também, a eficácia da mistura é melhor que o concreto moldado in loco.

Ainda segundo ACKER, A. V. (2002) o concreto de alto desempenho CAD (com resistência superior a 50 MPa) é bastante conhecido na indústria da pré-fabricação e diversas fábricas emprega diariamente este produto. O concreto auto-adensável surge como uma solução nova e bastante esperançosa para a produção de pré-fabricação. Enquanto que a alta resistência está enfocada na otimização do desempenho do produto (resistência e durabilidade), o concreto que não precisa de vibração e, por isso, apresenta muitas vantagens, tais como: menos barulho durante o processo de moldagem dos elementos pré-moldados; menor pressão nas formas; maior rapidez e facilidade no processo de moldagem, principalmente para seções delgadas e complicadas, gerando menos bolhas de ar na superfície da peça, sendo fácil de bombear

2.3.1 Argamassa para ligações

A argamassa empregada para preenchimento de juntas de elementos pré-moldados deve satisfazer às seguintes condições:

- a) o cimento empregado deve ser conforme o disposto na NBR 6118/2014;
- b) o agregado empregado deve ser o miúdo, conforme as características dispostas na NBR 7211;
- c) o conteúdo de cimento não deve ser menor que 400 kg/m³ ou, quando devidamente comprovada, a resistência média à compressão da argamassa não deve ser menor que 30 MPa. (NBR 9062)

2.3.2 Cobrimento

Em concretos de elementos pré-moldados, utiliza-se o determinado na ABNT/NBR – 6118:2014, onde o cobrimento mínimo pode ser garantido pela adoção da área de cobrimento de 5 mm para qualquer barra da armadura, inclusive de distribuição, de montagem, de ligação e os estribos. Nos elementos pré-fabricados, os valores de cobrimento mínimo são estabelecidos por meio de ensaios comprobatórios de desempenho da durabilidade do elemento, de acordo com o nível de agressividade previsto em projeto. Na falta destes ensaios, desde que seja utilizado concreto com $f_{ck} \geq 40$ MPa e relação água/cimento $\leq 0,45$, os cobrimentos

podem ser reduzidos em mais 5 mm em relação aos valores estabelecidos para os elementos pré-moldados, não sendo permitidos cobrimentos menores que:

- 15 mm para lajes em concreto armado.
- 20 mm para demais peças em concreto armado (vigas/pilares).
- 25 mm para peças em concreto protendido.
- 15 mm para peças delgadas protendidas (telhas/nervuras).
- 20 mm para lajes alveolares protendidas. ABNT/NBR – 6118:2014.

2.4 Processos de produção

2.4.1 Produção da pré-fabricação

Em relação ao nível operacional do planejamento e controle da produção de obras pré-fabricadas, é de suma importância uma rígida programação de atividades que estão ligadas aos componentes pré-fabricados de concreto, tais como a fabricação, transporte e a montagem. Também Pietro (1968) relaciona três recomendações básicas:

- a) Na fabricação, buscar as maiores séries de peças homogêneas possíveis, de forma que se diminua o tempo unitário por peça e que se aproveite ao máximo o desempenho de máquinas e mão de obra;
- b) No transporte, prever a circulação das equipes de forma contínua, sem tempo ocioso;
- c) Na montagem, disponibilizar as peças a serem montadas pelas guias no instante correto, sem retrabalhos ou adiantamentos. Pietro (1968, p.33)

2.4.2 Projeto otimizado

Tem em seu fundamento principal a concepção arquitetônica como pré-fabricado; modulações, compatibilização com outros sistemas construtivos, minimizar o número de ligações, ligações viáveis – economicamente incluindo execução e montagem, considerar logística (comprimento e peso dos elementos), repetitividade (minimizar tipos diferentes de elementos), prever ampliações,

considerar os catálogos dos fabricantes que usualmente indicam: limites de comprimentos, seções padrão, capacidade de carga (limites usuais), espessura e largura de lajes e painéis alveolares padronizadas (comprimento limitado em função da espessura), disponibilidade de produtos x localização geográfica da planta de produção, considerações sobre a pré-moldagem, ABCIC (2015).

2.4.3 Padronização

De acordo ACKER, A. V. (2002) a padronização de produtos e processos é largamente difundida na pré-fabricação onde os fabricantes de pré-moldados têm padronizado seus componentes adotando uma variação de seções transversais apropriadas para cada tipo de componente.

Rotineiramente, a padronização se limita a detalhes, dimensões e geometria das seções transversais, mas raramente ao comprimento das unidades sendo produtos típicos padronizados: pilares, vigas e lajes de piso.

Pilares de acordo o pensamento de MELO (2004), são as peças mais complexas e com maior dificuldade de execução, tanto nas definições de projeto como na fabricação. Os detalhes, geralmente, são incorporados no projeto individual dos pilares, e por este motivo eles são as peças menos padronizadas do sistema do pré-fabricado.

Como o pilar é a peça com maiores diferenças de geometria, com consoles criando formatos muito recortados, o processo de fabricação acaba sendo quase artesanal. Ainda seguindo o pensamento de MELO (2004), as dimensões dos pilares obedece os chamados fundos de forma.

Os fundos de forma funcionam como pistas, pois neles estão previstos os encaixes das laterais que fecham a forma, permitindo a concretagem. O manejo da peça, que ocorre com o saque da forma, transporte e montagem, também determina suas medidas mínimas.

Vigas, segundo MELO (2004), são elementos estruturais mais bem analisados dentro do cálculo estrutural. No universo dos pré-fabricados, as vigas podem ser armadas ou protendidas. Para TEIXEIRA (1987), as vigas pré-fabricadas desempenham na estrutura funções de suporte de laje de piso, viga-telha, laje de forro, elementos de cobertura, de painéis de fechamento, caminhos de ponte rolante.

Trabalham ainda como elemento de travamento de painéis e como coletor de águas pluviais que veem da cobertura.

Os perfis das seções transversais podem ser retangulares, trapezoidais e especiais. Os retangulares e trapezoidais constituem os mais simples de acordo a visão da fabricação. As seções “I”, “T”, “Y”, comumente adotadas para peças protendidas, derivam da premissa de se suprimir o concreto nas regiões onde ele é menos solicitado, diminuindo assim o peso próprio das vigas. As seções especiais (“U”, “T” invertido, “L”, “L” invertido) visam atender exigências de compatibilidade geométrica das ligações entre os elementos ou ainda para cumprir outras funções como coletor de águas pluviais, por exemplo.

Lajes pré-fabricadas de concreto são fabricadas, em pistas de proteção, e moldadas em fôrmas metálicas fixas ou por processo de extrusão, as lajes de piso vazadas são produzidas por máquinas de extrusão que se deslocam ao longo das pistas de proteção, conforme TEIXEIRA (1987).

No entanto MELO (2004), esclarece que o sistema de lajes de piso em lajes alveolares é o que obteve maior destaque no mercado da construção civil. De fácil instalação, pode atingir grandes vãos, facilitando o layout e otimizando a estrutura, seja ela moldada in loco, metálica ou de componentes reticulados em pré-fabricados.

Ganhando importância no critério de paginação, completamente ligado á modulação da obra, que deve ser analisado de forma racional, maximizando a repetição. Existem basicamente dois tipos de lajes alveolares: a extrusiva e a moldada. As lajes extrusivas oferecem melhor qualidade final, visto que se pode utilizar um fator água cimento muito baixo, próximo ao necessário para a hidratação do cimento, garantindo maior resistência a compressão e menor porosidade do concreto.

A armação da laje alveolar é composta somente por cabos de protensão no sentido longitudinal da laje. No sentido transversal, os esforços são suportados somente pela resistência á tração do concreto.

2.4.4 Patologias

Segundo (HELENE, 1992, p. 19), as manifestações patológicas podem ser compreendidas como a parte da Engenharia que pesquisa os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Fissuras, na visão de CAMADURO e ZATT (2000), são os principais tipos de patologia, são causadas por retração, variação de temperatura, esforços de tração compressão, flexão cortante, torção, ou então ocasionadas por corrosão nas armaduras, recalque das fundações.

2.4.5 Sustentabilidade

Segundo (ACKER, 2002), O Sistema Construtivo em Estruturas Pré-Fabricadas de Concreto, cita em seu próprio conceito o desenvolvimento sustentável, por causa da otimização do consumo de materiais pela adoção de tecnologias equipamentos avançados, culminando na produção de elementos resistentes e duráveis.

Ficando às construções menos agressivas ao meio ambiente. A preservação do meio ambiente está virando um assunto globalmente importante, no entanto a maioria das atividades na área da construção civil ainda gera um impacto desfavorável sobre o meio ambiente em termos de consumo de energia, utilização não racional de recursos naturais, poluição, barulho e desperdício durante a produção, (ACKER, 2002).

2.5 Elementos Para Análise Estrutural

2.5.1 Tipologia de Sistemas Estrutural

Em BRUGGELING & HUYGHE (1991), os elementos pré-moldados podem gerar uma grande diversidade de tipologias construtivas, sobressaindo o uso, especialmente, para edifícios industriais, comerciais, sobretudo “shoppings centers”. Conforme os autores, os principais requisitos desta tipologia são: as possibilidades de ampliações futura; possibilidade de reaproveitamento dos painéis de fachada, quando houver, nos casos de ampliação; baixa manutenção; suficiente conforto

térmico. Esta tipologia é normalmente projetada com pilares engastados nas fundações, possuem vigas simplesmente apoiadas nos pilares e a cobertura normalmente confeccionada com elemento de concreto de menor dimensão, ou com uso combinado de elementos metálicos. Conforme figura 6.

Figura 6 - Tipologias De Sistemas Estruturais, Pilares, Vigas E Lajes



Fonte: ABCIC (2013) - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

Nas fundações, são utilizados blocos tipo cálice, garantindo o engastamento dos pilares. A vantagem do uso desses blocos é a estabilidade dos pilares durante a fase de montagem, sem a necessidade de escoras laterais, (ABCIC 2013).

Ainda conforme BRUGGELING & HUYGHE (1991), os pilares devem ser suficientemente rígidos para garantir toda estabilidade lateral da obra. Via de regra, esses componentes são dimensionados para pequenas cargas axiais e grandes momentos fletores. Em casos excepcionais, quando os pilares são demasiadamente altos, pode ser empregada a proteção desses elementos.

Uma característica também desejável nestas tipologias construtivas é a possibilidade de desmontagem da estrutura, para tanto, outras soluções devem ser dadas aos blocos de fundação. KONCZ (1975) ilustra diversas tipologias para estruturas nestas obras de um único pavimento. São tipologias de uso industrial,

comercial e com diversos tipos de vínculos, nível das ligações fundação-pilar, pilar-viga, em função dos vãos livres dessas estruturas.

Segundo NETO (1998), No Brasil, as tipologias construtivas mais usuais nas estruturas de pequena altura, são esqueletos com pilares engastados na fundação e vigas simplesmente apoiadas. As soluções das lajes pré-moldadas apoiadas nas vigas podem ou não receber ligações de continuidade sobre os apoios.

Os elementos estruturais usuais no Brasil para edifícios de pequena altura podem ser resumidos no quadro 01 e nas figuras 6, 7 e 8.

No quadro abaixo são apresentados os elementos estruturais pré-fabricados mais usuais segundo (NETO - 1998). Conforme figura 7.

Figura 7 – Elementos Estruturais Usuais em Edifícios de Pequena Altura

Item	Solução	Emprego	Vantagens
Fundações	Tipo cálice	ligação pilar-fundação rígida	Ligações menos deformáveis Possibilidade de montagem s/escoras
	Chapa metálica	ligação pilar-fundação rígida	Vantagem econômica quando há forte predominância de flexão ao nível da fundação; Possibilidade de desmontagem da estrutura
Pilares	Contínuo	Até 12 m, limitado às situações de transporte e montagem.	Rápida montagem Menor número de ligações
	Segmentado	Pouco usual em edifícios de pequena altura	Raras situações específicas condicionadas por problemas de transporte ou montagem
Vigas	Seção completa	mais utilizado quando os elementos de laje também apresentam seção completa	Maior rapidez de montagem; Não necessidade de escoramento; Melhor nível de acabamento final
	seção parcial	mais utilizado quando os elementos de laje também apresentam seção parcial	Redução de peso para transporte e montagem do elemento Possibilidade de aumento de seção resistente do elemento
Lajes	Seção completa	Pisos/coberturas	Rapidez na montagem e Não necessidade de escoramento
	seção parcial	Pisos/coberturas	Várias possibilidades de formação de seções resistentes (figura 8) Possibilidade de montagem manual Menor custo de transporte Possibilidade de incorporação de função diafragma na estrutura

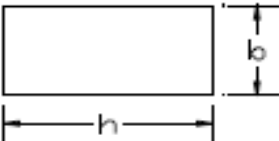
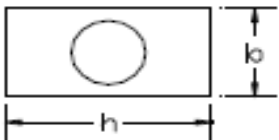
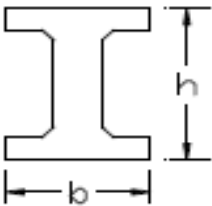
Fonte: NETO (1998).

2.5.1.1 Pilares

De acordo com TEIXEIRA (1987), os pilares pré-fabricados de concreto são produzidos em seções quadrada, retangular ou octogonal e podem ser maciços ou possuir furo central para escoamento de águas pluviais provenientes da cobertura. As fôrmas metálicas são ajustáveis a dimensões que variam de 20 x 20 cm até 70 x 70 cm ou 70 x 120 cm, no caso das seções retangulares. O autor complementa que os pilares são engastados aos blocos de fundação através de concretagem in loco.

Segundo MELO (2004, p. 214), os consoles são os complementos dos pilares que tornam seu detalhamento mais difícil. Eles são ligados pela massa de concreto aos pilares, além de representarem a maior porcentagem de problemas de projeto. Conforme figura 8.

Figura 8 - Tipologias para Elementos de Pilares para Edifícios de Pequena Altura

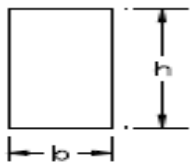
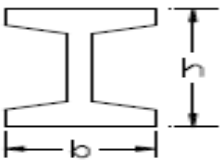
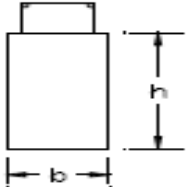
Seções	Dimensões Usuais dos elementos (cm)	Comentários
 Retangular Maciça	$b \geq 20$ $20 \leq h \leq 70$	Produzido com ou sem protensão
 Retangular Vazada	$b \geq 30$ $30 \leq h \leq 80$	Produzido com ou sem protensão. Utilizados onde as ações são predominantemente horizontais.
 Duplo "T"	$b \geq 25$ $25 \leq h \leq 60$	Produzido com ou sem protensão. Utilizados onde as ações são predominantemente horizontais.

Fonte: NETO (1998).

2.5.1.2 Vigas

As medidas das seções transversais das peças podem variar desde 0,20 m até 0,70 m de base e de 0,30 m até 2,20 m de altura, os comprimentos variam de acordo com as necessidades do projeto. Para MELO (2004), as vigas retangulares armadas podem apresentar qualquer seção. Todavia, é conveniente buscar sempre a adoção de seções padrão múltiplas de 10 cm, pois é possível a utilização de formas metálicas aumentando a produtividade e a qualidade das peças. Conforme as indicações feitas nos consoles, normalmente as vigas armadas apresentam dentes Geber com metade da altura da viga. Conforme figura 9.

Figura 9 - Tipologias para Elementos de Vigas para Edifícios de Pequena Altura

Seções	Dimensões Usuais dos elementos (cm)	Comentários
 <p>Retangular</p>	$b \geq 20$ $20 \leq h \leq 70$	Produzido com ou sem protensão.
 <p>Duplo "T"</p>	$b \geq 25$ $50 \leq h \leq 90$	Produzido com ou sem protensão.
 <p>Pré-viga</p>	$b \geq 20$ $20 \leq h \leq 70$	Produzido com ou sem protensão. Associada com pré-lajes possibilitando a formação de viga do tipo "T" com mesa concretada "in locu"

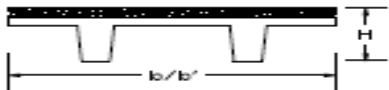

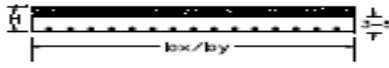
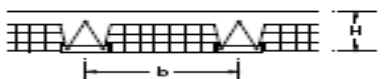

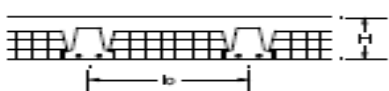
Fonte: NETO (1998)

2.5.1.3 Lajes

A modulação das lajes alveolares é de 120 cm. As lajes podem ter no mínimo 100 cm de comprimento e o comprimento máximo pode variar em função da sobrecarga total de utilização. As lajes alveolares de piso recebem uma capa estrutural de 5 cm que trabalha em conjunto com a laje, e faz-se obrigatória a

execução do chaveteamento, que consiste no preenchimento em concreto das juntas longitudinais entre lajes. Como tem o comprimento igual ao das pistas, elas serão cortadas por discos diamantados no tamanho especificado no projeto. A largura é de 1,00 m e a altura de 0,10 m; 0,15 m; 0,20 m e 0,25 m. As lajes “T” e duplo “T” possuem largura de 2,5 m e as demais medidas modulares adotadas para as lajes de outras seções são 1,00 m, 1,20 m e 1,25 m. Conforme figura 10.

Figura 10 - Tipologias Usuais para Elementos de Lajes Pré-moldadas para Edifícios de Pequena Altura

Seções	Dimensões Usuais dos elementos (cm)	Vão Livre máximo (m)	Comentários
 <p>Painel PI</p>	$b = 240$ $b' = 120$ $25 \leq H \leq 40$	24,00	<p>Pode ser dispensado o emprego da capa de concreto “in locu”.</p> <p>É comum o emprego de protensão</p>
 <p>Painel alveolar</p>	$b = 120$ $8 \leq H \leq 20$	20,00	<p>Normalmente protendido e produzido por extrusão. Pode ser incorporado capa de compressão moldada no local</p>
 <p>Pré-laje</p>	$b_x / b_y \leq 400$ $H \leq 12$	4,00	<p>Normalmente protendidas, possuem dimensões (b_x/b_y) totais da linha de apoio externo.</p>
 <p>Laje com nervura treliçada</p>	$40 \leq b \leq 60$ $10 < H < 35$	7,20	<p>Sem protensão com possibilidade de montagem manual.</p>
 <p>Painel com elemento treliçado</p>	$b = 120$ $b' = 60$ $b' = 25$ $10 < H < 20$	7,20	<p>Sem protensão com possibilidade de montagem manual.</p>
 <p>Laje com nervura “T”</p>	$40 \leq b \leq 60$ $10 < H < 30$	7,20	<p>Podem ou não ser protendidos com possibilidade de montagem manual.</p>

Fonte: NETO (1998)

2.5.2 Ligações De Elementos Estruturais De Pré-Moldados

O projeto das ligações de elementos pré-moldados entre si ou entre estes e concreto moldados no local, são levadas em consideração, além da estabilidade geral da estrutura montada, também a estabilidade durante a fase da montagem. Isto conforme a norma NBR 9062/2006 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado,

As ligações entre as peças em estruturas pré-fabricadas precisam levar em conta os mínimos detalhes a serem executados durante sua “montagem”. É a existência delas que diferencia o pré-fabricado das estruturas moldadas in loco, pois o restante do conceito e o funcionamento estrutural das peças são os mesmos para os dois sistemas. (MELO, 2004, p. 37).

Conforme explicação de MELO (2004) as ligações podem ser:

- a) ligações isostáticas;
- b) ligações rotuladas;
- c) ligações semi-rígidas;
- d) ligações engastadas.

As ligações isostáticas, tem características por não transmitirem momentos fletores, esforços horizontais entre as peças pré-fabricadas. Assim, não ocorre o efeito pórtico na estrutura, pois as peças trabalham isoladamente.

As ligações rotuladas conforme MELO (2004), têm a atributo de transmitir (além de cargas verticais) os esforços horizontais entre as peças. Para a transmissão desses esforços, as ligações são projetadas levando em conta que eles se encaminham pela resistência do neoprene ao cisalhamento.

A ligação semi-rígida tem a propriedade de resistir a uma parte do momento fletor de engaste das peças. Para que se tenha esse efeito, é imprescindível a colocação dos dois pinos de ligação de forma a criarem o binário de forças resistentes.

MELO (2004), qualifica que as ligações engastadas podem ser de dois tipos: as que não apresentam ligações à tração na região inferior da viga e as que apresentam inversão do momento no apoio.

Para MELO (2004), as ligações engastadas simples se caracterizam pela não-inversão do momento negativo na viga. Significa que elas não apresentam ligações resistentes a esforços de tração na região inferior da viga junto ao pilar. (normalmente comprimida pelo momento negativo).

Conforme MELO (2004), as ligações de engastamento total, são as mais sofisticadas e realmente permitem condições muito próximas do engaste perfeito. Este tipo de ligação difere muito pouco da ligação engastada simples, pois todos os

detalhes são iguais, somente são acrescentadas chapas de aço colocadas na parte inferior das vigas, soldadas sobre outra chapa posicionada no apoio.

2.5.3 Ligações Pilar-Cálice De Fundação

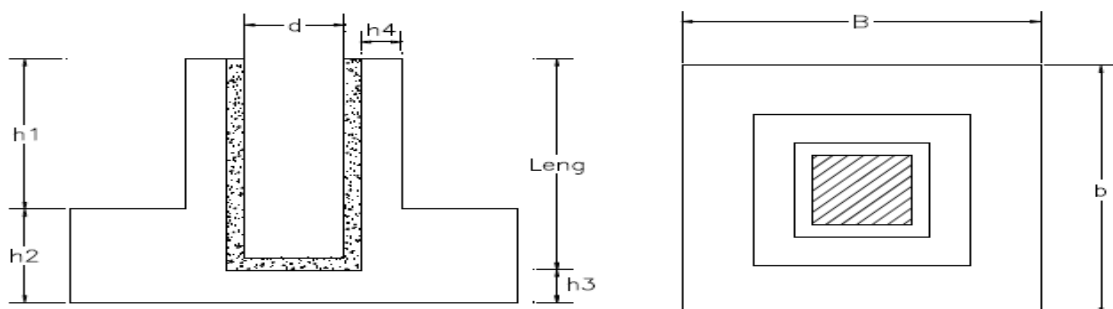
Conforme ABNT/NBR - 9062:2006, Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Colarinho é o conjunto de paredes salientes do elemento de fundação, que contornam a cavidade destinada ao encaixe dos pilares.

Segundo ABNT/NBR - 9062:2006, Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, Rugosidade são as saliências e reentrâncias conseguidas através de apicoamento do concreto endurecido ou de dispositivos, ou processos especiais por ocasião da moldagem do concreto, de maneira a criar irregularidade na superfície do elemento. Para os efeitos desta Norma, a rugosidade é medida pela relação entre as alturas das saliências ou reentrâncias e sua extensão.

Pressupõem o surgimento de tensões na interface do pilar com as paredes laterais do colarinho, estes esforços resultantes são transmitidos às paredes transversais que funcionam como consolos engastados na base do elemento de fundação.

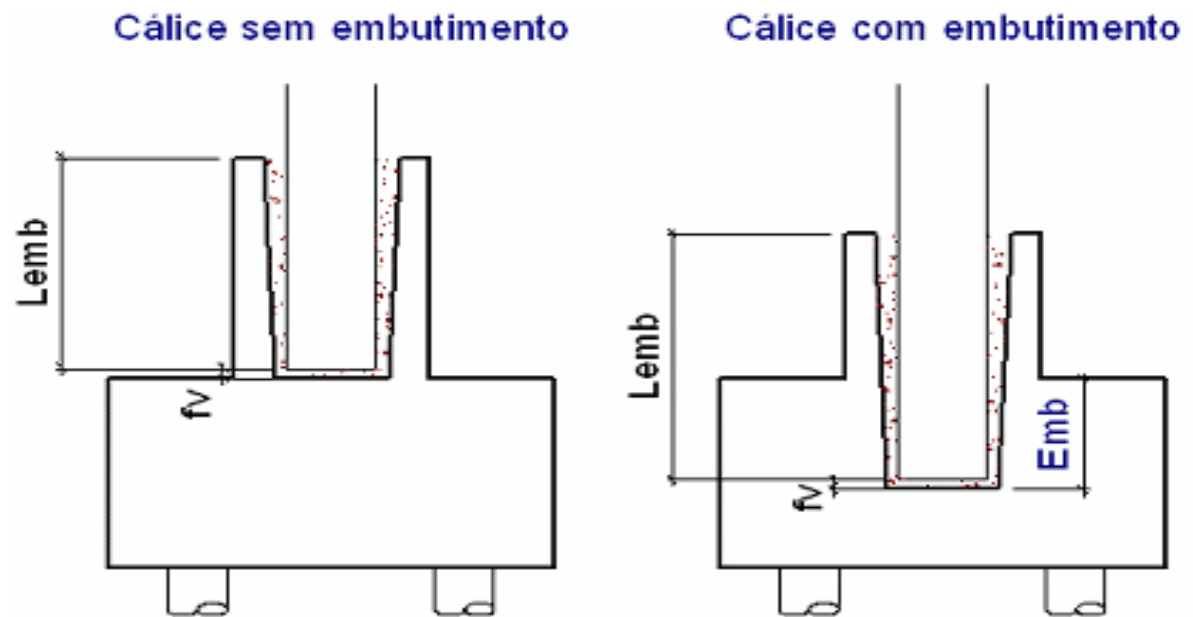
Na visão de Leonhardt & Monnig (1978). O modelo contempla também as condições de rugosidade superficial da região do pilar engastado no bloco e a rugosidade interna de suas paredes laterais. A ABNT/NBR - 9062:2006, segue este modelo para cálculo e dimensionamento da ligação Pilar-Fundação, que são duas soluções básicas são mais usuais representada graficamente nas figuras: 9 e 10 Ligação Pilar-Fundação Tipo Cálice “Bucket Foundation”, e 11 e 12, Ligação Pilar-Fundação Com Chapa Metálica. Conforme figura 11 e 12.

Figura 11 – Ligação Pilar-fundação Tipo Cálice (Bucket Foundation).



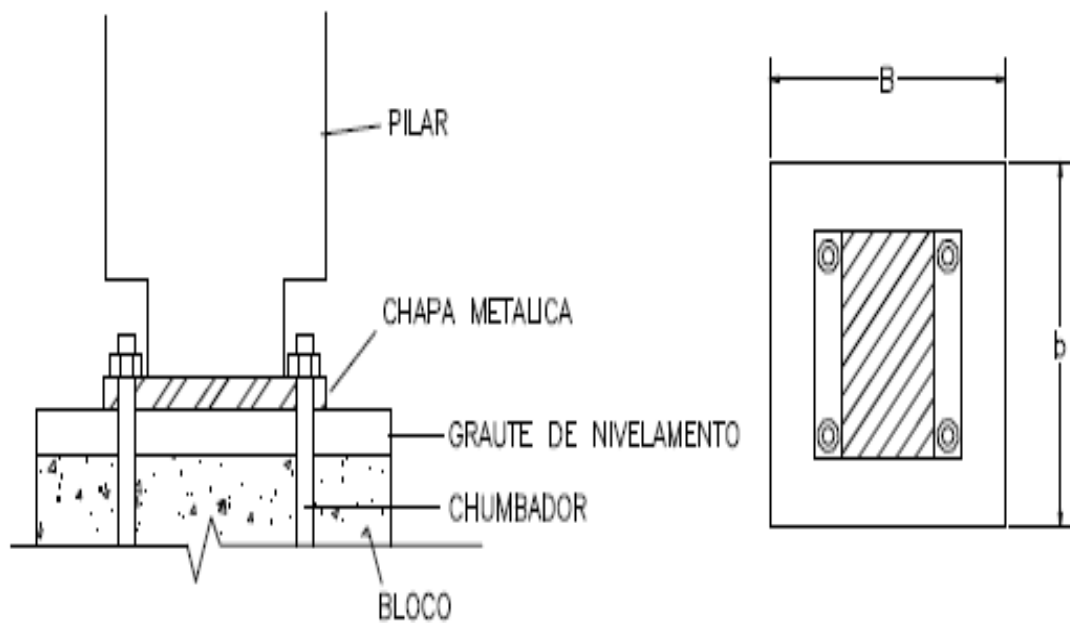
Fonte: NETO (1998)

Figura 12 - Representação de cálice sem e com embutimento (ligação rugosa).



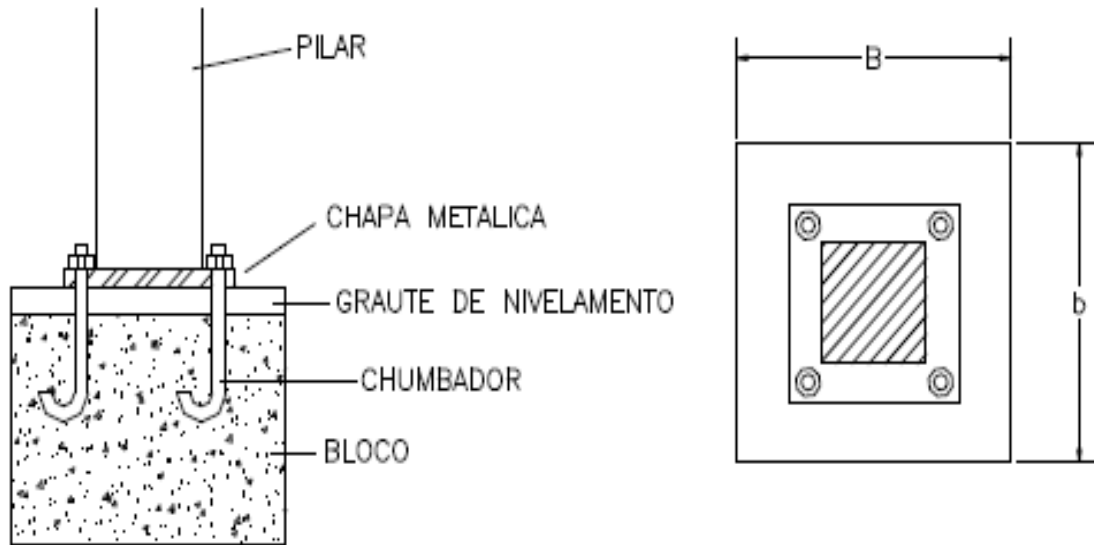
Fonte: Alto Qi (2015)

Figura 13 - Ligação Rígida Parafusada



Fonte: NETO (1998).

Figura 14 - Ligação Rígida Parafusada.

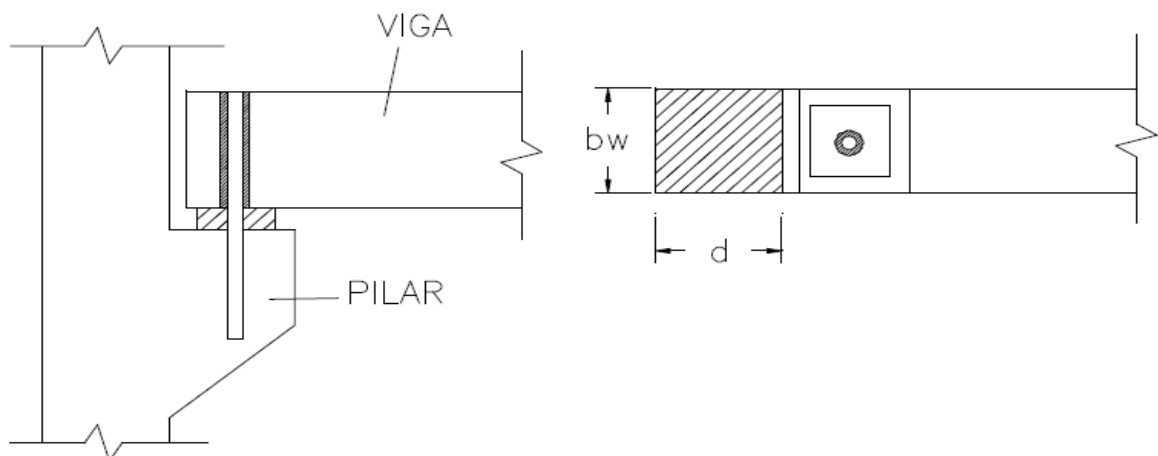


Fonte: NETO (1998).

2.5.4 Ligações Pilar-Vigas

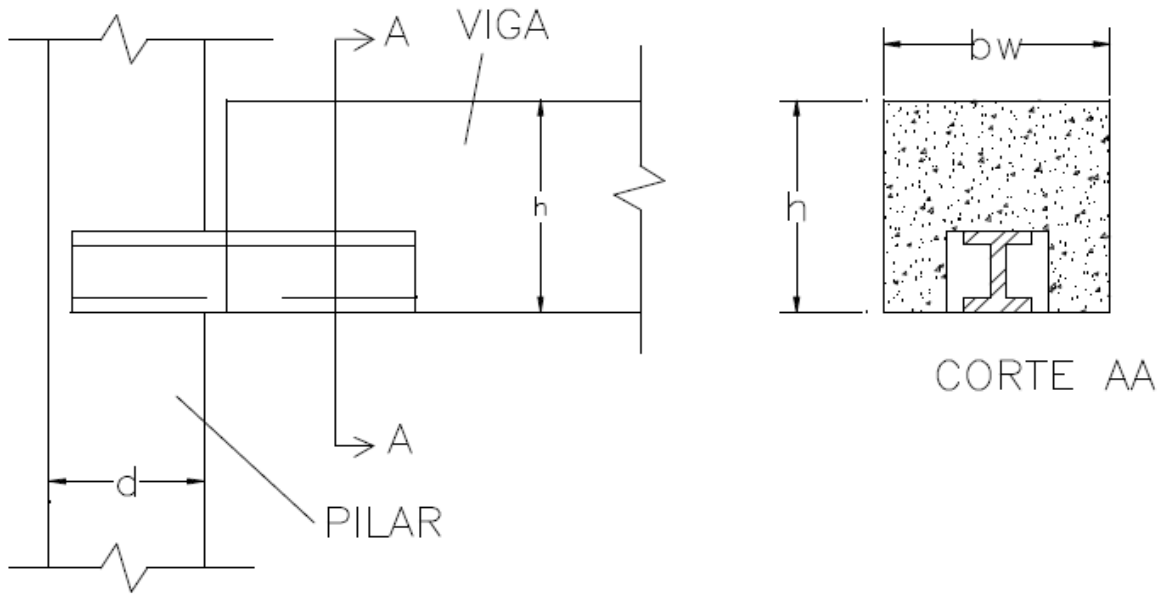
As ligações de Pilares com vigas são comumente articuladas e normalmente emprega-se três Soluções Principais, representadas nas, 13 a 18.

Figura 15 - Consolo de Concreto



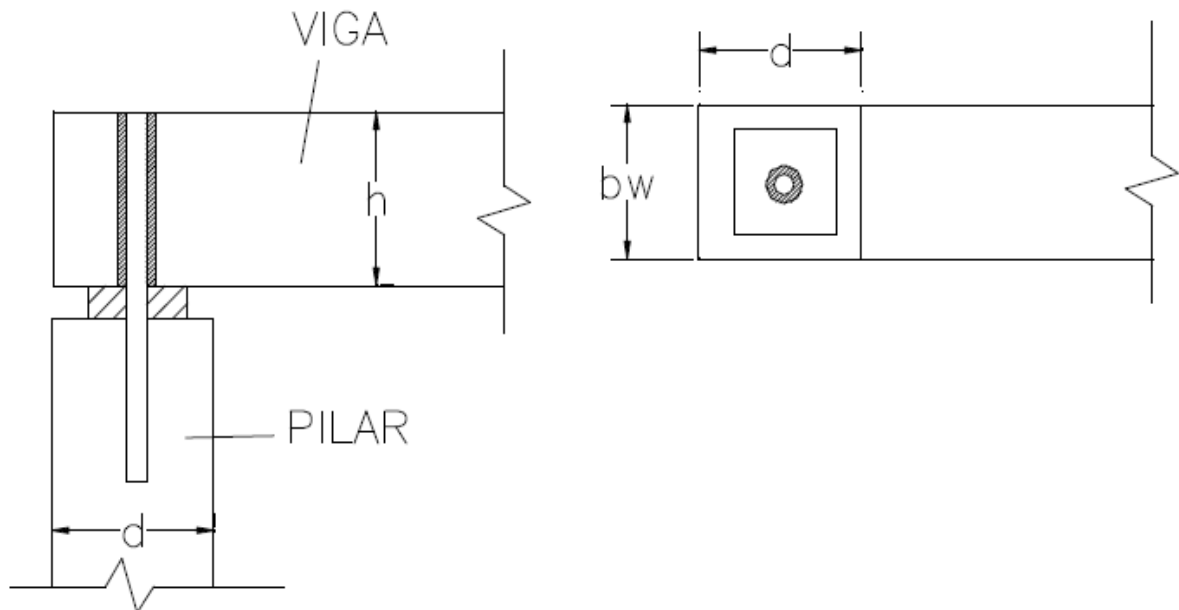
Fonte: NETO (1998).

Figura 16 - Consolo com Insertos Metálicos



Fonte: NETO (1998).

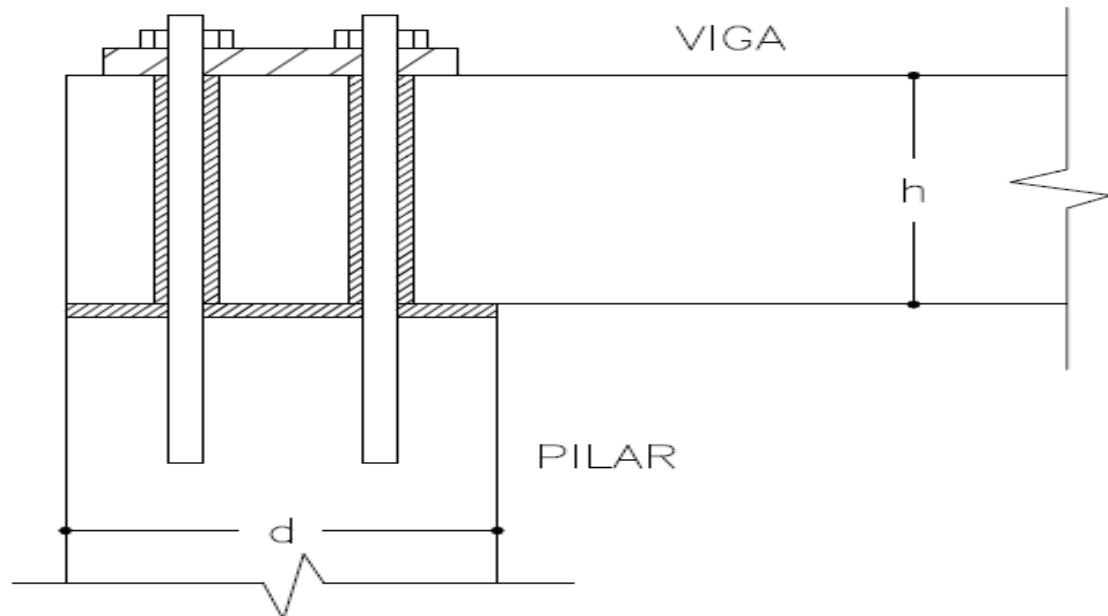
Figura 17 - Consolo de Topo de Pilar.



Fonte: NETO (1998).

2.5.5 Ligações Rígida Pilar-Viga De Topo

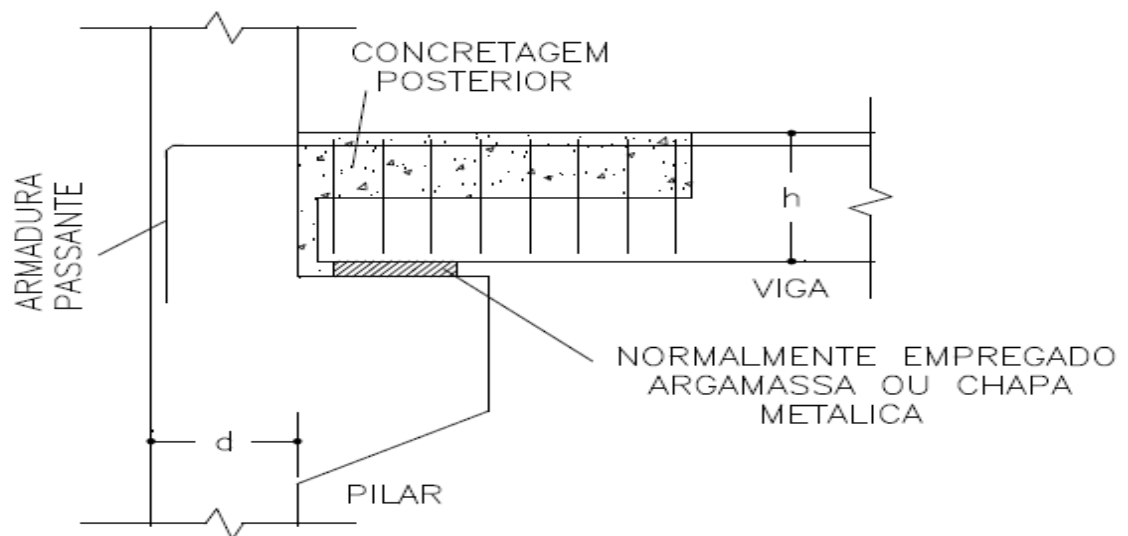
Figura 18 – Ligação Rígida Pilar-Viga de Topo.



Fonte: NETO (1998).

2.5.6 Ligações Rígidas Pilar-Viga De Extremidade

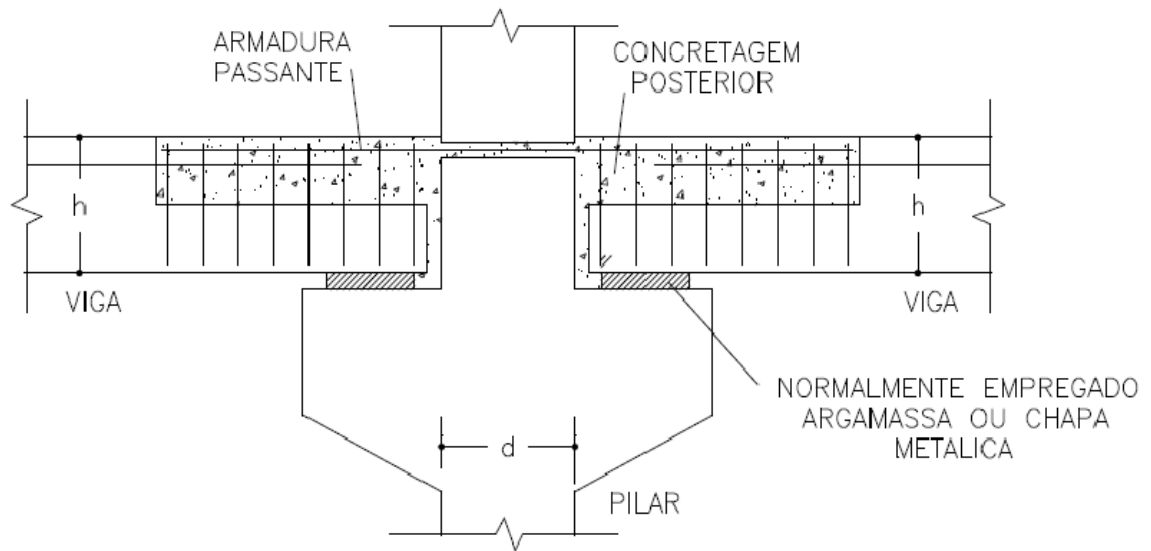
Figura 19 – Ligação Rígida Pilar-Viga de Extremidade.



Fonte: NETO (1998).

2.5.7 Ligações Rígida Pilar-Viga Simétrica

Figura 20 – Ligação Rígida Pilar-Viga Simétrica.

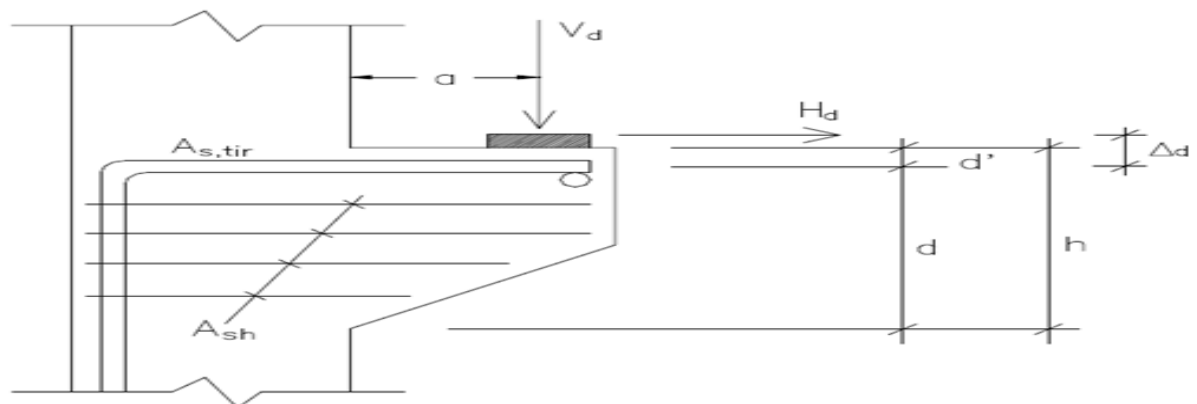


Fonte: NETO (1998).

2.5.8 Consolo

A NBR 9062 (1985) classifica os consolos em:

Figura 21 - Consolo: Parâmetros Característicos



Fonte: NETO (1998).

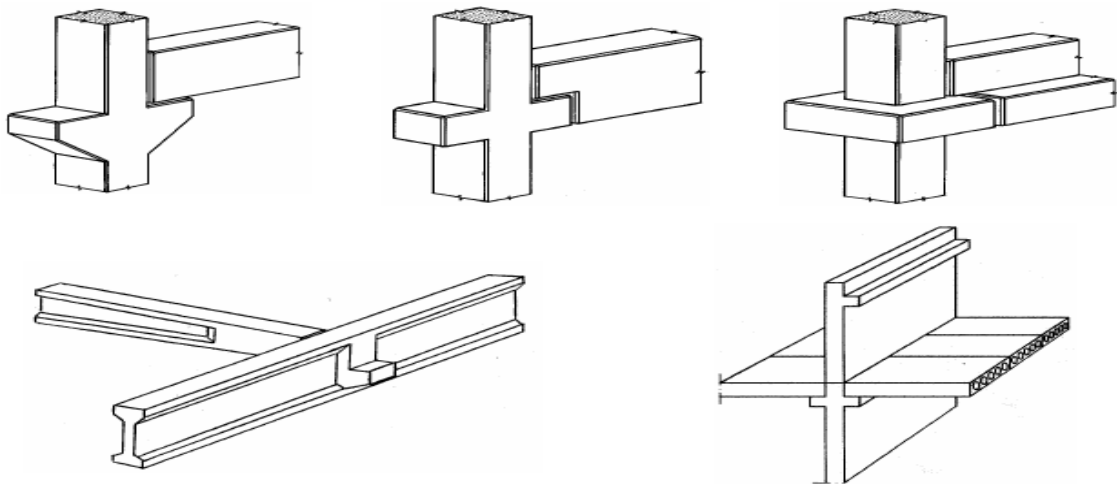
Consolo muito curto – $a/d < 0,50$;

Consolo curto - $0,50 a/d$ a $1,00$;

Consolo com dimensões de viga válida a hipótese de Bernoulli - $1,00 a/d$ a $2,00 d$.

2.5.9 Tipos De Consolo De Concreto

Figura 22 – Tipos de Consolo de Concreto.



Fonte: Arnold Van ACKER (2002) - Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003)

2.6 Tolerâncias Dimensionais

2.6.1 Tolerâncias Transversais

A ABNT/NBR - 9062:2006, no item 5.2.2.3 define a tolerância para as dimensões transversais e a altura dos elementos é de $\pm 0,5$ cm para peças isoladas. Na montagem de elementos que tenham um contorno justaposto a um contorno semelhante, de outro elemento, a tolerância de justaposição é de 2,0 cm.

2.6.2 Tolerâncias Longitudinais

A tolerância para a dimensão longitudinal dos elementos é a indicada na Tabela 01.

Tabela 01 – Tolerâncias para as dimensões longitudinais

Comprimento (m)	Tolerância (cm)
até 5,00	± 1,0
de 5,00 a 15,00	± 1,5
acima de 15,00	± 2,0

Fonte: (NBR 9062/2006).

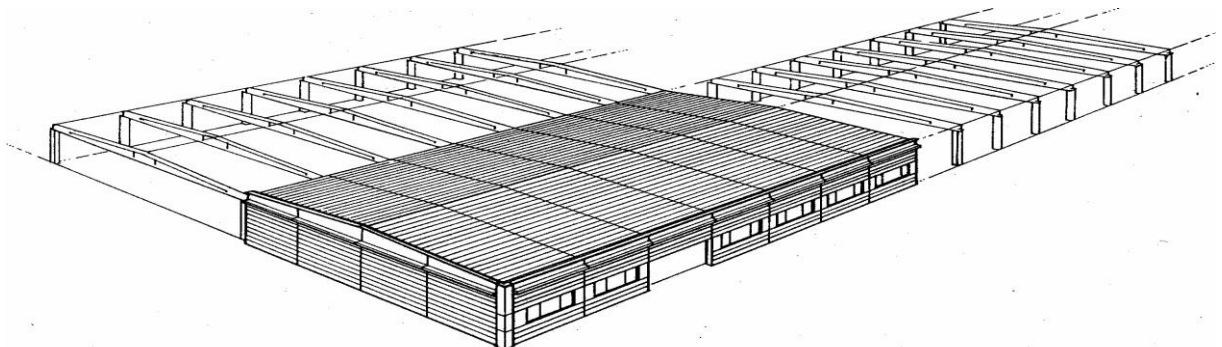
TOLERÂNCIA • Entre as dimensões de projeto e a executada (real) podem haver discrepâncias. Porém dentro de um limite estabelecido (NBR 9062 e Selo de Excelência ABCIC). As tolerâncias são os valores máximos aceitos para este desvio.

2.7 Sistemas Estruturais em Esqueleto e Aporticados

2.7.1 Estrutura Aporticada Pré-Moldada

Segundo ACKER, A. V. (2002). Os Sistemas aporticados e em esqueleto consistem de elementos lineares – vigas, pilares, de diferentes formatos e tamanhos combinados para formar o esqueleto da estrutura. Estes sistemas são apropriados para construções que precisam de alta flexibilidade na arquitetura. Isto ocorre pela possibilidade do uso de grandes vãos e para alcançar espaços abertos sem a interferência de paredes. Isto é muito importante para construções industriais, shopping centers, estacionamentos, centros esportivos e, também, para construções de escritórios grandes. Conforme figura 23.

Figura 23 – Sistema De Estrutura Aporticada Pré-Moldada

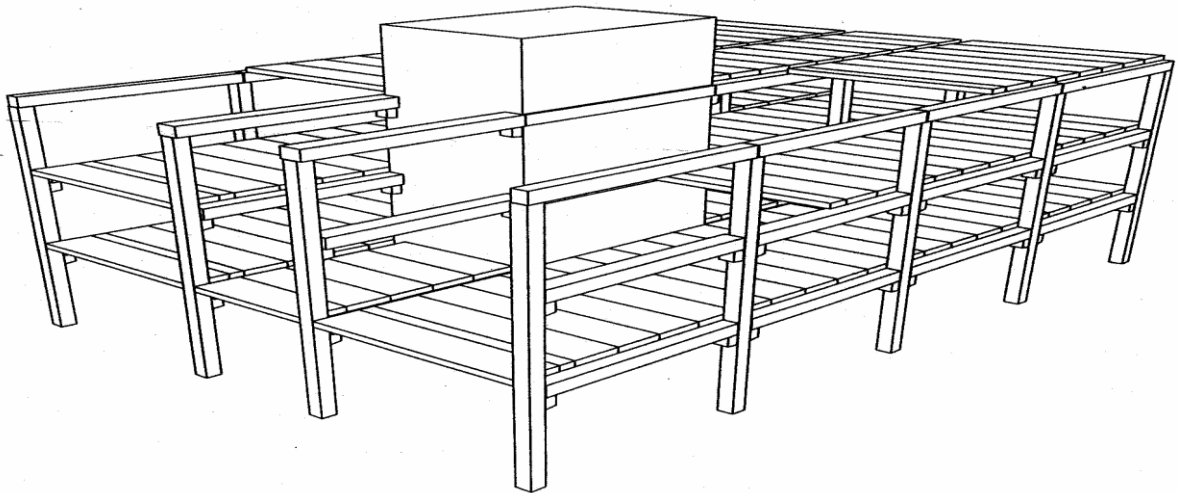


Fonte: Arnold Van ACKER (2002) - Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003).

2.7.2 Estrutura Pré-Moldada Em Esqueleto

ACKER, A. V. (2000), explana que o conceito da estrutura em esqueleto oferece maior liberdade no planejamento e disposição das áreas do piso, sem obstrução de paredes portantes internas ou por um grande número de pilares internos. Conforme figura 24.

Figura 24 – Estrutura Pré-Moldada Em Esqueleto



Fonte: Arnold Van ACKER (2002) - Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003).

2.8 Segurança do Trabalho

2.8.1 NR 35 Trabalho Em Altura

A Norma Regulamentadora (NR 35) estabelece as condições mínimas e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade. Considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2 m do nível inferior, onde haja risco de queda.

Ainda segundo a NR 35, o trabalhador capacitado para trabalho em altura, é aquele que foi submetido e aprovado em treinamento, teórico e prático, com carga horária mínima de oito horas, cujo teor programático deve, no mínimo, incluir: normas e regulamentos aplicáveis ao trabalho em altura; análise de risco e condições impeditivas; riscos potenciais inerentes ao trabalho em altura e medidas

de prevenção e controle; sistemas, equipamentos e procedimentos de proteção coletiva; equipamentos de Proteção Individual para trabalho em altura: seleção, inspeção, conservação e limitação de uso; acidentes típicos em trabalhos em altura; e condutas em situações de emergência, incluindo noções de técnicas de resgate e de primeiros socorros.

2.8.2 Solicitações Dinâmicas Nos Dispositivos De Levantamento

A NBR 9062 define no item 5.2.3.7:

Os dispositivos de levantamento, para manuseio e montagem, em contato com a superfície do elemento ou ancorados no concreto devem ser projetados para uma solicitação de cálculo no mínimo igual a quatro vezes a solicitação obtida para o peso próprio do elemento, isto é: $\beta_a \cdot \gamma_f \geq 4$. (NBR 9062).

A indústria TECNOTEXTIL expõem em seu site uma relação para consulta das principais normas em vigor relacionáveis a movimentação com cintas têxteis, como as normas técnicas estão em constante elaboração, implementação e revisão, devendo ser consultado periodicamente ou a cada necessidade.

- a) NBR 7500:2011 – Identificação Para O Transporte Terrestre, Manuseio, Movimentação E Armazenamentos De Produtos;
- b) NBR 10852:1989 – Guindaste De Rodas Com Pneus
- c) NBR 14768:2001 – Guindaste Articulado Hidráulico – Requisitos;
- d) NBR 7557:1982 – Guindastes De Pneus;
- e) NBR 8400:1984 – Cálculo De Equipamentos Para Levantamento E Movimentação De Cargas;
- f) NBR 11436-1988 – Sinalização Manual Para Movimentação De Carga Por Meio De Equipamentos Mecânicos;
- g) NBR 13129:1994 – Cálculo Da Carga De Vento Em Guindaste;
- h) NBR ISO 4309:2009 – Equipamentos De Movimentação De Carga – Cabos De Aço – Critério De Inspeção E Descarte;
- i) NBR 13595:1996 – Cálculo Para Verificação Da Estabilidade De Guindastes Automotores;

- j) NBR 15637:2012 – Cintas Têxteis Para Elevação De Cargas;
- k) NBR 15883:2010 – Cintas Têxteis Para Amarração De Cargas.

Figura 25 – Resumo das Condições de Prevenção e Segurança do Trabalho.

Fonte de Acidente	Falha Potencial	Medida Preventiva
	Cabos de aço	Programa prévio de substituição; Checagem imediatamente anterior ao uso.
	Dispositivo de segurança da talha (freio de emergência.)	Programa prévio e manutenção
Ponte rolante	Painel elétrico no comando operador	Programa prévio e manutenção
	Ruptura frágil	Utilização correta de aços, cordoalhas ou dispositivos de suspensão (alças).
Alças de içamentos.	Ancoragem insuficiente	Projeto adequado das alças
	Desatenção momentânea	Conscientização dos riscos de acidentes de trabalho
	Falta de Treinamento na tarefa	Programas de treinamentos
	Falta de equipamentos de segurança individual (EPI)	Conscientização da importância do uso de equipamento de proteção individual; fiscalização.
	Desobediência aos processos operacionais padrão	Programa de treinamento. Fiscalização
Condições de trabalho	Aptidão para o exercício da tarefa	Recrutamento adequado de mão de obra. Reconhecimento prévio das dificuldades individuais ao longo dos trabalhos
	Cabos de aço	Programa prévio de substituição. Checagem imediatamente ao uso
Munck-Guindaste	Erro da avaliação da carga	Programa de montagem apropriada (limitação do momento de carga do equipamento)

Fonte: NETO (1998)

2.9 Planejamento de Montagem

2.9.1 Fatores Relevantes

Em EL DEBS (2000, p. 59) o planejamento de montagem deve determinar a própria sequência de montagem das peças, averiguando as condições de acesso dos equipamentos utilizados e a possível interferência de escoramentos provisórios.

Ainda indicando a necessidade de verificação de possíveis empecilhos gerados por construções vizinhas à obra.

Quanto à montagem dos elementos pré-moldados, em suas posições definidas em projeto, a NBR 9062 (2006) nos ensina que é realizada por meio de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados, utilizando-se os pontos de suspensão localizados nas peças de concreto devidamente determinados em projeto para esta operação, impedindo choques e movimentos abruptos. Da mesma maneira o manuseio, as máquinas de montagem, balancins, cabos de aço, ganchos e outros dispositivos são dimensionados levando-se em conta as solicitações de carga.

As ligações precisam ser acessíveis durante a montagem, para posicionar e fixar parafusos e porcas, para executar serviços de soldas e para vistoriar e conferir a qualidade mais tarde. O risco de usar os detalhes das ligações de maneira incorreta pode ser tornar mínimo empregando recursos simples, mas adequados, conforme (ACKER 2002).

Ainda segundo o autor, as decisões mais importantes na modelagem para a criação de uma estrutura em pré-fabricados de concreto são relativas as ligações entre as peças, pois o concreto pré-fabricado é pensar a produção de elementos estruturais em usina e a sua montagem no canteiro de obra. São objetos de maior discussão e análises, ainda, as ligações entre vigas e pilares, já que estas definem o pórtico estrutural e seu comportamento em relação às cargas atuantes.

De acordo com a norma NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré- Moldado (ABNT, 2006), no projeto das ligações de elementos pré-moldados entre si ou entre estes e concreto moldados no local, são levadas em consideração, além da estabilidade geral da estrutura montada, também a estabilidade geral da montagem. O dimensionamento destas ligações deve obedecer à NBR 6118 (2014).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho, quanto a sua elaboração e pesquisa, utilizou-se de um conjunto de procedimentos para se chegar aos resultados do estudo, seguindo a execução dos objetivos específicos do trabalho. Assim, teve como finalidade a abordagem prática dos conhecimentos teóricos estudados, tratando-se de uma pesquisa bibliográfica e estudo de caso, quanto aos seus objetivos.

Foi feito um estudo sobre os principais Sistemas Estruturais em Concreto Pré-moldado utilizados no Brasil. Em seguida, realizou-se um aprofundamento de estudo da Norma Brasileira de Pré-moldados (NBR 9062 (2006) – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado), onde foram destacados seus principais aspectos e peculiaridades no que se referiu a viga e pilar.

Quanto ao método ou procedimento utilizou-se o estudo de caso, visto que a pesquisa se deu em uma indústria de pré-moldados de concreto, localizada em Palmas - Tocantins, analisando os procedimentos de montagem desenvolvidos, dentro de uma abordagem de natureza qualitativa.

Desta forma, após a análise dos procedimentos de montagem, foi aplicada a entrevista com as equipes que participaram do estudo de caso, compostas por quatro componentes. Sendo que, o entrevistador foi ao local de trabalho das equipes, onde elas estavam montando as vigas e pilares para a Indústria de Pré-moldado no dia proposto, o que possibilitou comparar o que foi descrito nos procedimentos de montagem, com a prática.

Posteriormente ao estudo, foram selecionadas, após autorização da empresa parceira, as obras pré-fabricadas na região de Palmas – TO, denominadas obra “A” e obra “B”, as quais foram objeto de estudo para o trabalho.

As análises realizadas nas obras “A” e “B” tiveram como base os principais aspectos normativos da NBR 9062 (2006) no que tange às vigas e pilares, o que possibilitou respostas que puderam responder aos objetivos de identificar os parâmetros técnicos balizadores e determinantes para a qualidade do processo executivo de montagem de elementos pré-fabricados de concreto.

Nesse contexto, após a pesquisa bibliográfica, para se realizar o estudo de caso o trabalho seguiu os seguintes procedimentos, a fim de se chegar aos resultados pertinentes:

- a) Descrição das obras;
- b) Obtenção das plantas baixas;
- c) Descrição do processo construtivo;
- d) Identificação das peças utilizadas;
- e) Levantamento das ligações entre os elementos em estudo;
- f) Medições *in loco* de dimensões e desaprumos, e realização de um comparativo com as tolerâncias das dimensões transversais e longitudinais conforme ABNT NBR 9062 (2006), a fim de conferir as tolerâncias dimensionais, utilizando como referência a tabela 1 presente no item 2.6.2;
- g) Registro fotográfico das obras como um todo e de detalhes construtivos;
- h) Descrição de outras etapas construtivas que foram pertinentes dentro do processo construtivo (fundação).
- i) Análise dos principais manuais de montagem de elementos pré-fabricados de concreto (manual) do país para nortear a sistematização do processo executivo; NetPré, Van Acker, Abcic.
- j) Classificação de equipamentos e materiais utilizados na montagem de viga e pilar, criando um check list;
- k) Verificação das tolerâncias longitudinais submetidos as vigas das obras do estudo de caso, medidas por meio de trena.
- l) Verificação das tolerâncias verticais submetidos os pilares das obras do estudo de caso, medidas por meio de trena e prumo.

Assim, a Indústria de Pré-moldados escolhida para a pesquisa forneceu para análise a planta baixa e todos os projetos das duas obras citadas no estudo, sendo que uma delas foi objeto de intervenção.

Os procedimentos utilizados para alcançar os objetivos que foram propostos foi organizado da seguinte forma:

- Estudo do processo de montagem de pré-moldado de concreto;
- Indicação dos processos de montagem;
- Proposição do manual de Procedimento de montagem;
- Análise da aplicação.

A princípio foi realizado a caracterização da obra “A” e “B” com a descrição dos processos construtivos do início ao fim de vigas e pilares, conforme as plantas e projetos utilizados. (anexo 01).

O Começo do estudo se deu por fazer um levantamento detalhado dos materiais e equipamentos utilizados na execução da montagem dos pilares e vigas, no qual resultou na elaboração de um check list.

Tabela 2: Check List Montagem de Viga.

CHECK LIST MONTAGEM DE VIGAS		
QUANT	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS :	Visto
	Marreta 5 kg	
	Lápis	
	Mangueira de nível	
	Trena 5 metros	
	Caminhão Guindaste	
	Alça de içamento	
	Corrente de içamento	
	Pinos de travamento	
	Furadeira	
	Neoprene (quando especificado)	
	Prumo	
	Barra rosqueada especificada	
	Chave de rosca	
	Porca especificada	
	Arruela especificada	
	Alavanca Pequena	
	Cone de Sinalização	
	Fita Zebrada para Isolamento	
	Máquina de Soda	
	Eletrodo	
	Corda guia	
	Luva	
	Bota	
	Capacete	
	Máscara de solda	
	Óculos de Proteção	
	Máscara Respiratória	
	Protetor Auricular	

Fonte: Autor, 2015.

Tabela 3: Check List Montagem de Pilar.

CHECK LIST – MONTAGEM DE PILAR		
QUANT	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	Visto
	Prumo de face	
	Linha de Pedreiro	

	Alavanca	
	Marreta 5 kg	
	Lápis	
	Mangueira de nível	
	Carinho de Mão	
	Soquete de Cunha	
	Caminhão Guindaste	
	Cunhas de Madeira	
	Trena 5 metros	
	Trena 50 metros	
	Pá	
	Cavadeira	
	Enxada	
	Corda guia	
	Betoneira	
	Areia	
	Cimento	
	Brita 1	
	Carrinho de mão	
	Alças de içamento	

Fonte: Autor,2015.

Figura 26: Corrente de içamento, enxada, alavanca e cone de sinalização.



Fonte: O Autor,2015.

Figura 27: Cavadeira, furadeira, cimento e pá.



Fonte: Autor,2015.

Figura 28: Areia, prumo de face, lápis, brita e eletrodo.



Fonte: Autor,2015.

Figura 29: Kit EPI, betoneira, máquina de solda e carrinho de mão.



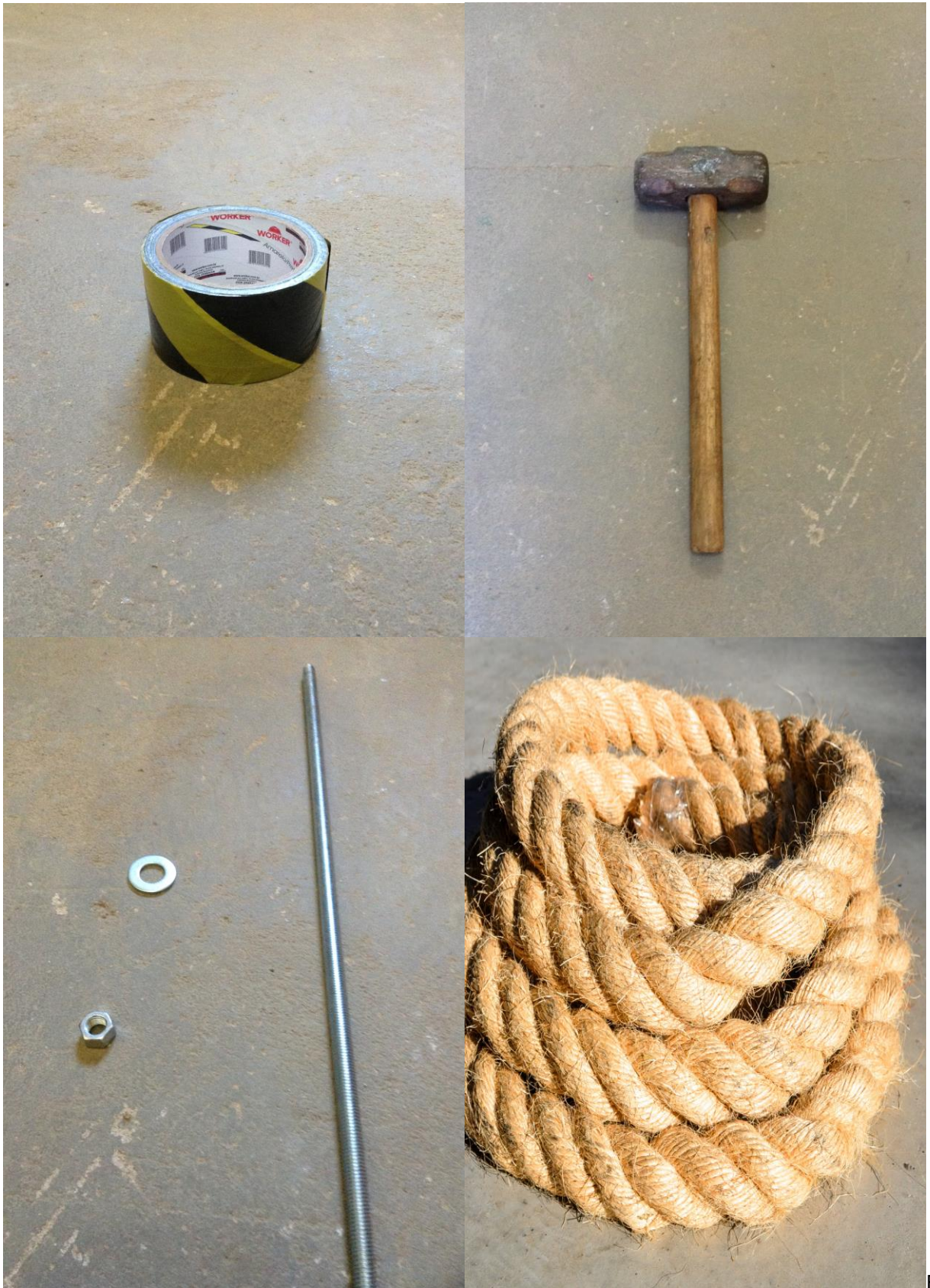
Fonte: Autor,2015.

Figura 30: Ferramentas para medição (Trenas, cintas de içamento e mangueira de nível.)



Fonte: Autor, 2015.

Figura 31: Fita zebrada, marreta de 5 kg, barra roscada com porca e arruela e corda guia.



Fonte: Autor, 2015.

3.1 O Processo Executivo e Métodos do Estudo de Caso

3.1.1 Fundamentos Teóricos dos Processos Executivos e Métodos Executivos

Ao que se refere ao estudo do processo executivo, foi necessário a compreensão dos itens de três principais manuais de montagem de pré-moldado utilizados no estudo: NetPré – Abcic, Van ACKER, Munte e NBR9062/2006.

Conforme o estudo realizado a proposta foi fundamentada em grande parte no Manual de montagem NetPré – Abcic.

A proposta teve o compromisso de resgatar o que havia de essencial em cada manual, no qual o resultado visou a realidade da empresa, bem como, se houve melhoria na otimização do tempo e durabilidade dos serviços prestados.

3.2 Parâmetros Técnicos e Balizadores

Tomando como base a ABNT/NBR – 9062:2006, e outras obras de referência para o estudo dos parâmetros técnicos e balizadores. Dentre os parâmetros estudados destaca-se os principais:

I. Inseto

As peças incorporadas ao pilar ou vigas com intuito de formar uma ligação estrutural, ou permitir fixações de uma viga.

II. Ligações

Quanto as ligações levou-se em consideração, além da estabilidade geral da estrutura montada, a estabilidade durante a fase da montagem.

É de fundamental importância na hora da montagem o conhecimento de qual tipo de ligação será executada, sendo a principal forma de execução da empresa estudada a ligação semi-rígida, que consiste na colocação dos dois pinos de ligação de forma a criarem o binário de forças resistentes, que devem vim especificado em projeto.

III. Tolerância (desvio permitido)

Devendo estar especificado no projeto o valor máximo aceito de desvio.

IV. Tolerância global do elemento

Levou em consideração o acúmulo de tolerâncias dimensionais da fabricação, posição das peças montadas e também da fundação/locação tanto positivas e negativas, para que não ultrapasse a tolerância global do elemento.

V. Tolerâncias Longitudinais

As tolerâncias para as dimensões longitudinais dos elementos são as indicadas na Tabela 01.

VI. Controle de qualidade e inspeção

Rigorosa inspeção das etapas de transporte e montagens dos elementos pré-moldados, no qual vem descrito no projeto e cumprir fielmente o especificado.

VII. Montagem de elementos pré-moldados

A montagem dos elementos pré-moldados, já em suas posições definitivas em projeto, no qual precisava ser realizada por peio de caminhões muck/guindastes com acessórios apropriados, como alças de içamento, corrente, cordas guias no qual utilizando-se os pontos de suspensão localizados, evitando-se choques e movimentos abruptos. Verificando as solicitações exigidas do muck/guindaste, não ultrapassando jamais as solicitações dinâmicas de norma conforme o disposto no item 2.8.2.

VIII. Transporte

O transporte foi executado com caminhões que tinham dimensões longitudinais apropriadas, suporte o peso solicitado e com apoios apropriados para as peças pré-moldadas, como caibros ou vigotas desde que não danifique os elementos pré-moldados. Escorando e protegendo as peças nas partes que há contato com cintas ou corrente de amarração da carga.

IX. Manuseio, armazenamento e transporte de elementos pré-moldados

O manuseio teve o mesmo cuidado da carga e o armazenamento foi sobre caibros ou vigotas assentadas sobre o terreno plano e firme. Podendo formar pilhas evitando contato direto das peças principalmente com solos, evitando possíveis tombamento, e se preciso, poder efetuar escoramento lateral.

X. Proposição de procedimento de montagem (manual)

Manual proposto encontra-se nos Apêndices.

XI. Estudo de Caso antes e Depois dos Procedimentos de Montagem

Tomando como base para análise das obras de acordo com os principais critérios normativos da ABNT-NBR 9062 (2006).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Estudo de Caso da Obra “A”

O estudo de caso foi realizado por meio de observação da Obra "A", sem a utilização / aplicação do produto do estudo que é o manual de procedimentos de montagem das vigas e pilares pré-fabricados por indústria de pré-moldado, apresentando os seguintes resultados:

4.1.1 Quanto à Montagem dos Pilares:

I. Providências e Verificações Preliminares

O estudo de caso foi realizado por meio de observação, sendo visto que as peças foram recebidas da fábrica, que vinham sem controle algum de quantidade, armazenavam-se em local onde não atrapalharia os caminhões guindastes adentrarem a obra ou se movimentarem durante o trabalho de montagem.

Foram providenciados os materiais como brita e areia com antecedência, para que no dia de fato que começasse a montagem dos pilares, estivessem disponíveis na obra, no começo do dia separaram os equipamentos que foram utilizados para montagem, como pá, enxada, alavanca, soquete de cunha, cunha de madeira.

II. Procedimentos na Execução dos Serviços

Conforme o especificado no item anterior foi iniciado a montagem dos pilares após as fundações estarem todas prontas, fazendo conferência das fundações no momento que os pilares iam ser montados.

Assim, quando alguma fundação estava fora das dimensões mínimas toleráveis, conforme observado in loco, era providenciada a quebra do fundo do pilar para rebaixar ou colocar argamassa, no sentido de levantar o fundo do cálice de fundação, conforme pode-se ver na figura a seguir. Figura 32.

Figura 32: Conferência das fundações.



Fonte: Autor,2015.

Não foi avaliada a normatização de tipo de encaixe do pilar pré-moldado nas fundações, e após estudos da NBR 9062/2006, verificou-se que não atende as normas técnicas.

Antecedendo a montagem de cada pilar, foi posicionado as linhas de face dos gabaritos, para auxiliar no posicionamento correto do pilar. Conferia-se a numeração dos pilares no estoque de peças, que vinha pintado no próprio pilar e também a etiqueta do pilar, esta última algumas vezes estava apagada pois era escrita em um pedaço de plástico duro com pincel que após alguns dias de intempéries apagava-se. Conforme figura 33.

Figura 33: Linhas de face dos gabaritos.



Fonte: Autor,2015.

Após o posicionamento da alça de içamento, a montagem dos pilares consistiu na colocação de seu pé no bloco (cálice) de fundação, de modo que ele ficou apurado e alinhado, verificando o prumo com as linhas e com o prumo de face. O pilar então foi encunhado com madeira (fixação provisória), no qual garantia para que não saia do lugar até que fosse efetuada a fixação definitiva. Conforme figura 34.

Figura 34: Montagem dos pilares, conferindo prumo.



Fonte: Autor, 2015.

Dando continuidade ao processo foi realizada a primeira etapa de fixação definitiva do pilar no qual foi lançado concreto mais plástico na ligação do cálice com o pé do pilar até o nível inferior das cunhas de madeira. Após um dia de cura deste concreto, as cunhas de madeira foram retiradas e o nível de concreto completado. Conforme figura 35.

Figura 35: Fixação dos pilares.



Fonte: Autor, 2015.

Desta forma, na montagem do segundo pilar, examinaram-se os níveis de consolos adjacentes, e os níveis destes em relação à cota de piso acabado da obra, verificando seu posicionamento de acordo com o projeto, e sucessivamente, com cada pilar que foi montado.

III. Avaliação do Serviço

A averiguação do serviço foi feita com “inspeção visual”, a cada montagem de pilar, principalmente se todos estavam alinhados pé e topo.

4.1.2 Quanto à montagem das vigas:

I. Providências e verificações preliminares

Da mesma forma que iniciou o processo de montagem dos pilares ocorreu com a montagem das vigas: Ocorreu com o recebimento das peças da fábrica, que vinha sem controle algum de quantidade, armazenava-se em local aonde não atrapalharia os caminhões guindastes adentrarem a obra ou se movimentarem durante o trabalho de montagem.

Figura 36: Montagem das vigas, estoque na obra.



Fonte: Autor, 2015.

Também com antecedência foi providenciado os equipamentos que foram utilizados para montagem, como pinos de travamento, alavanca pequena, cordas guias para as vigas.

II. Procedimentos na execução dos serviços

Antecedendo a montagem das vigas foi feito a limpeza dos consoles de apoio, e furos de colocação dos pinos de travamento. Conforme figura 37.

Figura 37: Limpeza dos consoles de apoio e furos dos pinos de travamento.



Fonte: Autor, 2015.

O local de início da montagem das vigas e a decisão de quais peças seriam montadas primeiro foi avaliado para esta obra, levando em consideração os seguintes aspectos:

- Acessibilidade de caminhão;
- Montagem do fundo da obra até a frente;
- Local que permita a montagem do maior número de peças sem deslocamento do caminhão.

Para o início do içamento das vigas foi analisada a posição de colocação das alças de içamento na peça, de acordo com as dimensões da peça, ganchos de içamento chumbados na peça, e posicionamento de montagem da peça. Conforme figura 38.

Figura 38: Içamento das vigas.



Fonte: Autor, 2015.

Durante a montagem, as vigas foram posicionadas no vão, de modo que as folgas estivessem igualmente distribuídas nas extremidades, garantindo que as distâncias entre as faces laterais das vigas e as faces dos pilares estivessem

distribuídas igualmente. Foi garantido que as alças de içamento permanecessem sempre perpendiculares ao eixo da peça.

Logo após efetuadas as verificações, executou-se a ligação definitiva da peça com pinos de vergalhão, inserindo os pinos nos furos existentes nas vigas e pilares, travando o conjunto. Conforme figura 39.

Figura 39: Ligação das peças com pinos de travamento.



Fonte: Autor, 2015.

III. Avaliação do serviço

A averiguação dos serviços foi feita com “inspeção visual”, verificando o posicionamento e alinhamento de cada viga.

4.2 Estudo de caso da obra “B”

O estudo de caso foi realizado por meio de observação da Obra "B", com a utilização / aplicação do produto do estudo que é o Manual de procedimentos de

montagem das vigas e pilares pré-fabricados por Indústria de Pré-moldado, apresentando os seguintes resultados:

4.2.1 Quanto à montagem dos pilares:

I. Providências e verificações preliminares

A princípio o primeiro passo para início da montagem vem antecedido pela elaboração do Projeto de Montagem, devidamente aprovado pelo engenheiro, e logo a providência dos materiais e equipamentos que foram utilizados, conforme check list. (Tabela 4).

II. Procedimentos na execução dos serviços

A montagem dos pilares teve início após a conferência de todas as fundações e peças a serem içadas e da prévia limpeza dos fundos dos cálices de encaixe nas fundações. Conforme figura 40.

Figura 40: Limpeza dos fundos dos cálices de encaixe nas fundações.



Fonte: Autor, 2015.

O local de início da montagem dos pilares, e a decisão de quais peças foram montadas primeiro foi avaliado para esta obra, no qual foi levado em consideração os seguintes aspectos:

- Cronograma de montagem;
- Local de estocagem das peças na obra;
- Acessibilidade de caminhão;
- Equipamentos e pessoal para montagem;
- Local que possibilitasse a montagem do maior número de peças sem deslocamento do caminhão;
- Requisitos estruturais do projeto.

Antecedendo a montagem de cada pilar, foi posicionado as linhas de face nos gabaritos, para auxiliar no posicionamento correto do pilar. A verificação da numeração de cada pilar foi efetuada e conferida antes do início do içamento do mesmo. Conforme figura 41.

Figura 41: Suspendendo pilar com alça de içamento.



Fonte: O Autor, 2015.

Após o posicionamento da alça de içamento, a montagem dos pilares consistiu na colocação de seu pé no bloco (cálice) de fundação, de modo que ele ficou apurado e alinhado, verificando o prumo com as linhas e com o prumo de face. O pilar então foi encunhado com cunhas de madeira (fixação provisória), no qual garantiu que não saísse do lugar até que foi efetuada a fixação definitiva. Conforme figura 42.

Figura 42: Conferindo prumo do pilar.



Fonte: O Autor, 2015.

Figura 43: Cunhas de travamento do pilar



Fonte: O Autor, 2015.

Dando continuidade ao processo foi realizada a primeira etapa de fixação definitiva do pilar no qual foi lançado concreto mais plástico na ligação do cálice com o pé do pilar até o nível inferior das cunhas de madeira. Após um dia de cura deste concreto, o prumo e alinhamento do pilar foram reconferidos. As cunhas de madeira foram retiradas e o nível de concreto completado. Conforme figura 44.

Figura 44: Concretando Pilar após retira das cunhas de madeira.



Fonte: O Autor,2015.

Desta forma, na montagem do segundo pilar, examinou-se os níveis de consolos adjacentes, e os níveis destes em relação à cota de piso acabado da obra, verificando seu posicionamento de acordo com o projeto, e sucessivamente, com cada pilar que foi montado. Conforme figura 45.

Figura 45: Conferindo nível do consolo com nível da obra.



Fonte: O Autor,2015.

III. Avaliação Do Serviço

A averiguação do serviço foi feita com “inspeção visual”, aferindo o posicionamento do pilar e de seus consoles, com prumo de face e trena, verificando o prumo e ortogonalidade do pilar.

4.2.2 Quanto à Montagem das Vigas

O estudo foi fundamentado na proposta elaborada e aplicada na montagem das vigas e pilares mediante a realidade local da obra. Neste item foram feitas as análises das duas obras, avaliando se seus aspectos construtivos atendem a algumas das prescrições normativas da ABNT NBR 9062 (2006) e comparando aplicabilidade da proposta elaborada neste trabalho de conclusão de curso. Logo o objeto de estudo denomina-se obra “A” e obra “B” sendo que somente uma delas

sofreu a intervenção. Foi analisada a otimização do tempo de execução, e durabilidade do serviço prestado.

I. Providências e verificações preliminares

Da mesma forma que iniciou o processo de montagem dos pilares ocorreu com a montagem das vigas: elaboração do Projeto de Montagem, qual foi aprovado pelo engenheiro para uso, a providencia dos materiais e equipamentos que foram utilizados conforme check list. (tabela 5).

II. Procedimentos na execução dos serviços

Antecedendo a montagem das vigas foi feito a limpeza dos consoles de apoio.

O local de início da montagem das vigas e a decisão de quais peças seriam montadas primeiro foi avaliado para esta obra, levando em consideração os seguintes aspectos:

- Cronograma de montagem;
- Local de estocagem das peças na obra,
- Acessibilidade de caminhão,
- Equipamentos e pessoal para montagem;
- Local que permita a montagem do maior número de peças sem deslocamento do caminhão;
- Requisitos estruturais de projeto. (Conforme manual proposto para empresa)

Para o início do içamento das vigas foi analisada a posição de colocação das alças de içamento na peça, de acordo com as dimensões da peça, ganchos de içamento chumbados na peça, e posicionamento de montagem da peça, assim como conferido o número e posicionamento da peça no estoque.

Figura 46: Estoque na obra.



Fonte: O Autor,2015.

Durante a montagem, as vigas foram posicionadas no vão de modo que as folgas estivessem igualmente distribuídas nas extremidades, garantindo que as distâncias entre as faces laterais das vigas e as faces dos pilares estivessem distribuídas igualmente. Foi garantido que as alças de içamento permanecessem sempre perpendiculares ao eixo da peça. Conforme figura 47.

Figura 47: Pilar de Extremidade com ligação de duas vigas.



Fonte: O Autor, 2015.

Após o posicionamento das vigas foi apurado o prumo, o posicionamento de alinhamento das vigas (face interna, centro, face externa.), verificando após a montagem as condições do apoio, o alinhamento, o prumo e o nivelamento das vigas.

Logo após efetuadas as verificações, executou-se a ligação definitiva da peça com pinos, inserindo os pinos nos furos existentes nas vigas e pilares, travando o conjunto. Conforme figura 48.

Figura 48: Pino de ligação.



Fonte: O Autor, 2015.

III. Avaliação do serviço

A averiguação dos serviços foi feita com “inspeção visual”, verificando o posicionamento e alinhamento de cada viga, e com trena, conferido as medidas de

folga, com tolerância de folga de 1,0 cm em cada face lateral das vigas, no encontro com os pilares.

4.3 Comparativo de resultados entre a obra “A” e a obra “B”

4.3.1 Estudo de caso da obra “A”

I. Problemas

Antecedendo os trabalhos de montagem foi identificado três problemas básicos:

- Armazenamento na obra;
- Falta de inspeção de fundações antes da montagem;
- Falta de plano de montagem;

II. Consequências

Resultando em cinco consequência básicas:

- Desperdício de tempo;
- Espera;
- Retrabalho;
- Aumento de custos;
- Replanejamento das atividades.

III. Desaprumo dos pilares

Excentricidade Acidental “No caso do dimensionamento ou verificação de um lance de pilar, dever ser considerado o efeito do desaprumo ou da falta de retilineidade do eixo do pilar [...]” “Admite-se que, nos casos usuais de estruturas reticuladas, a consideração apenas da falta de retilineidade ao longo do lance de pilar seja suficiente.” (NBR 6118, 11.3.3.4.2). A imperfeição geométrica pode ser avaliada pelo ângulo:

$$\theta_1 = \frac{1}{100\sqrt{H}}$$

Com: H = altura do lance, em metro;

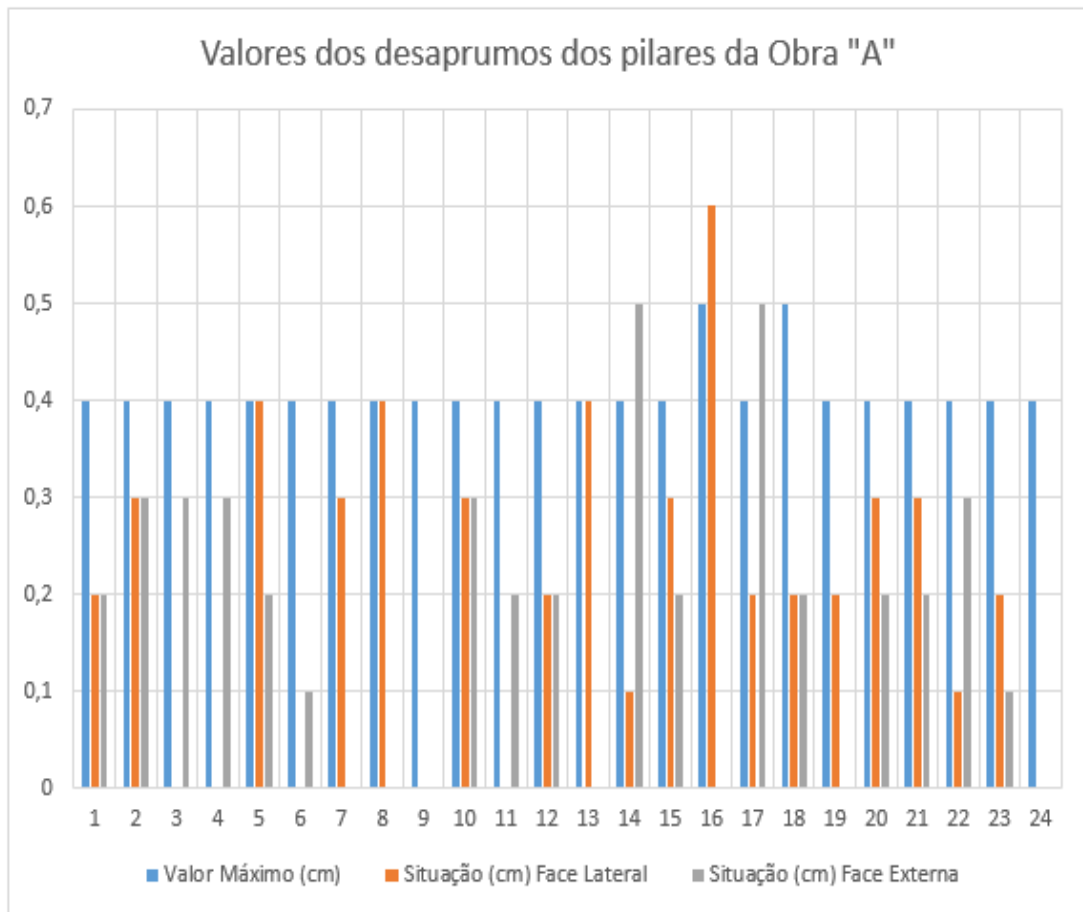
Para conferir o desaprumo dos pilares, tomou-se como referência a NBR-6118/2014. A verticalidade foi conferida por meio de prumo, tendo sido verificados 100% dos pilares da obra, os quais possuem seções de 20x30cm e 20x25 e 15x25. A tabela 4 mostra os resultados obtidos, no qual resultou em 13% dos pilares reprovados.

Tabela 4 – Valores de desaprumo dos pilares Obra “A”.

Pilar	Altura (cm)	Valor Máximo (cm)	Situação (cm) Face Lateral	Situação (cm) Face Externa
P1	670	0,4	0,2	0,2
P2	770	0,4	0,3	0,3
P3	770	0,4	0,0	0,3
P4	670	0,4	0,0	0,3
P5	670	0,4	0,4	0,2
P6	670	0,4	0,0	0,1
P7	670	0,4	0,3	0,0
P8	670	0,4	0,4	0,0
P9	670	0,4	0,0	0,0
P10	670	0,4	0,3	0,3
P11	670	0,4	0,0	0,2
P12	670	0,4	0,2	0,2
P13	670	0,4	0,4	0,0
P14	670	0,4	0,1	0,5 - Reprovado
P15	670	0,4	0,3	0,2
P16	350	0,5	0,6 - Reprovado	0,0
P17	670	0,4	0,2	0,5 - Reprovado
P18	350	0,5	0,2	0,2
P19	670	0,4	0,2	0,0
P20	770	0,4	0,3	0,2
P21	770	0,4	0,3	0,2
P22	670	0,4	0,1	0,3
P23	770	0,4	0,2	0,1
P24	670	0,4	0,0	0,0

Fonte: O Autor, 2015.

Figura 49: Gráfico de valores de desaprumo dos pilares Obra "A".



Fonte: O Autor, 2015.

IV. Tolerâncias dimensionais longitudinais das vigas de mezanino

Para conferir as tolerâncias dimensionais, tomou-se como referência a tabela 1 presente no item 2.6.2 do capítulo 2 deste trabalho. Foram medidos 100% das vigas da obra, os quais possuem seções de 20x60cm e 15x50cm. A tabela 5 mostra os resultados obtidos, no qual resultou em 57% das vigas reprovadas..

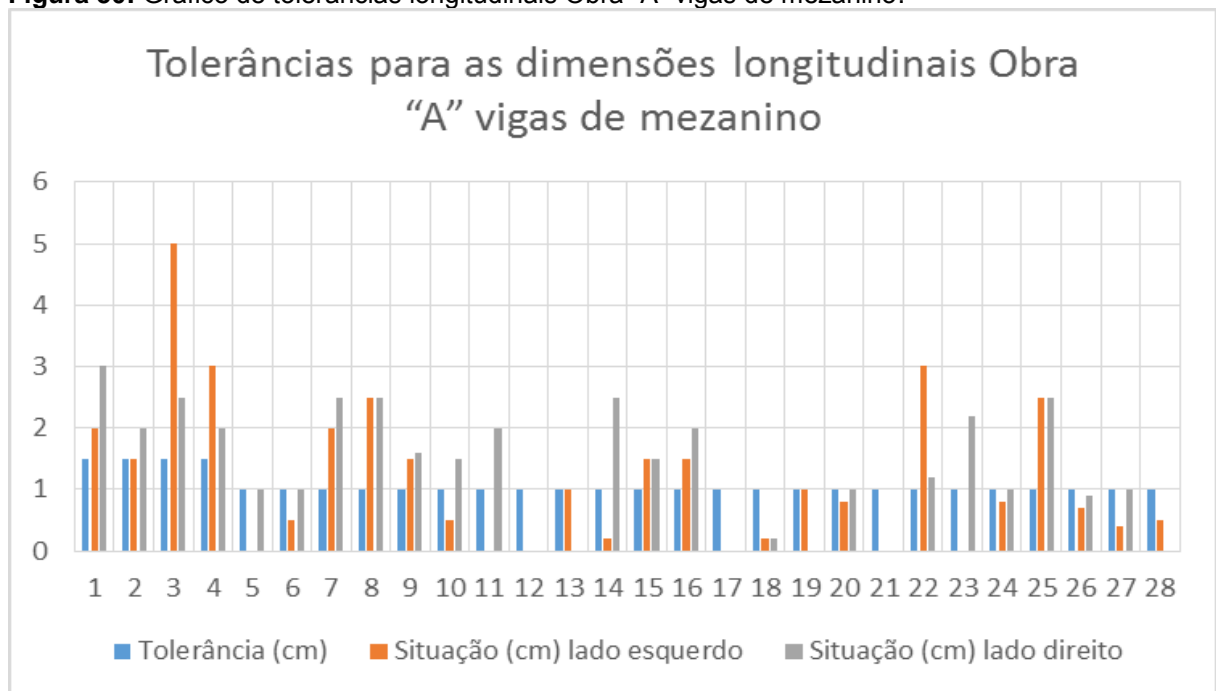
Tabela 5 – Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra "A" vigas de mezanino.

Viga de Mezanino	Comprimento (cm)	Tolerância (cm)	Situação (cm) lado esquerdo	Situação (cm) lado direito
VM 1	675	1,5	2,0 Reprovado	3,0 Reprovado
Geber		1,5	1,5	2,0 Reprovado
VM 2	675	1,5	5,0 Reprovado	2,5 Reprovado
Geber		1,5	3,0 Reprovado	2,0 Reprovado
VM 3	390	1,0	0,0	1,0
Geber		1,0	0,5	1,0

VM 4	423	1,0	2,0 Reprovado	2,5 Reprovado
Geber		1,0	2,5 Reprovado	2,5 Reprovado
VM 5	438	1,0	1,5 Reprovado	1,6 Reprovado
Geber		1,0	0,5	1,5 Reprovado
VM 6	90	1,0	0,0	2,0 Reprovado
Geber		1,0	0,0	0,0
VM 7	490	1,0	1,0	0,0
Geber		1,0	0,2	2,5 Reprovado
VM 8	403	1,0	1,5 Reprovado	1,5 Reprovado
Geber		1,0	1,5 Reprovado	2,0 Reprovado
VM 9	65	1,0	0,0	0,0
Geber		1,0	0,2	0,2
VM 10	403	1,0	1,0	0,0
Geber		1,0	0,8	1,0
VM 11	123	1,0	0,0	0,0
Geber		1,0	3,0 Reprovado	1,2 Reprovado
VM 12	395	1,0	0,0	2,2 Reprovado
Geber		1,0	0,8	1,0
VM 13	75	1,0	2,5 Reprovado	2,5 Reprovado
Geber		1,0	0,7	0,9
VM 14	378	1,0	0,4	1,0
Geber		1,0	0,5	0,0

Fonte: O Autor,2015.

Figura 50: Gráfico de tolerâncias longitudinais Obra "A" vigas de mezanino.



Fonte: O Autor,2015.

V. Tolerâncias dimensionais longitudinais das vigas cobertura

Para conferir as tolerâncias dimensionais, tomou-se como referência a tabela 1 presente no item 2.6.2 do capítulo 2 deste trabalho. Foram medidos 100%

das vigas da obra, os quais possuem seções de 15x50cm e 15x35cm. A tabela 6 mostra os resultados obtidos, no qual resultou em 64% das vigas reprovadas.

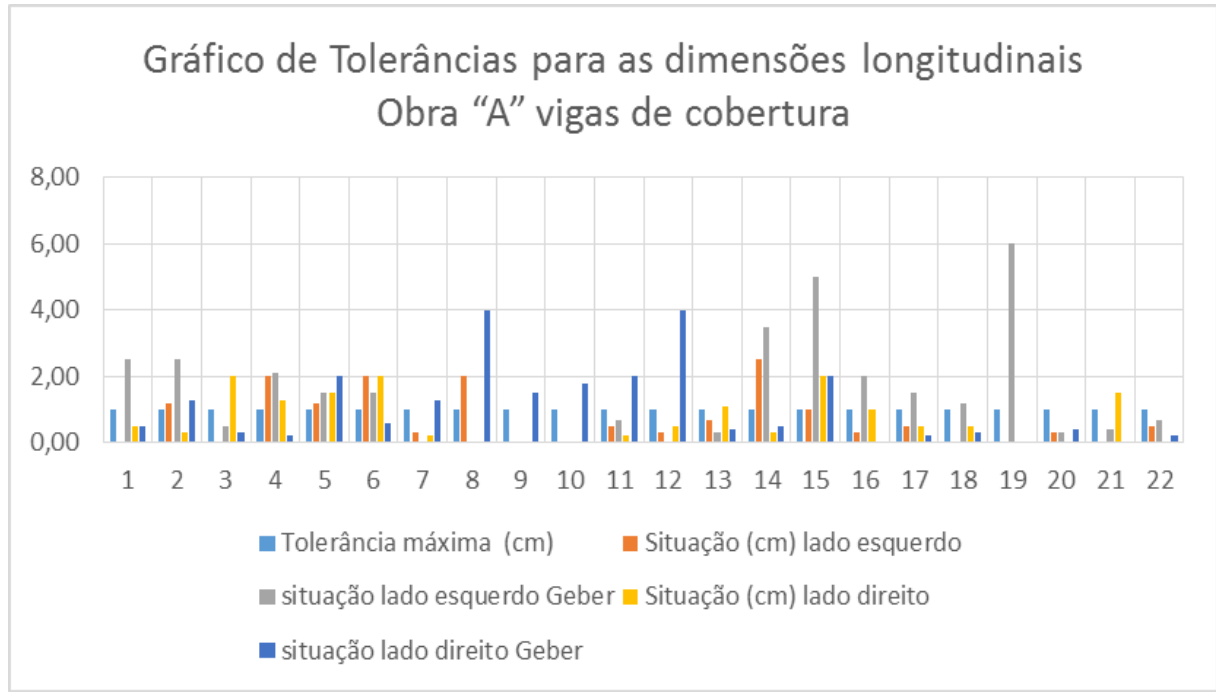
Tabela 6 – Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “A” vigas de cobertura

Viga de Cobertura	Comprimento (cm)	Tolerância Máxima (cm)	Situação (cm) lado esquerdo	Situação (cm) lado direito
VC 1	405	1,0	0,0	0,5
Geber		1,0	2,5 Reprovado	1,3 Reprovado
VC 2	353	1,0	1,2 Reprovado	0,3
Geber		1,0	2,5 Reprovado	0,2
VC 3	573	1,5	0,0	2,0
Geber		1,5	0,5	0,6
VC 4	423	1,0	2,0 Reprovado	1,3 Reprovado
Geber		1,0	2,1 Reprovado	4 Reprovado
VC 5	438	1,0	1,2 Reprovado	1,5 Reprovado
Geber		1,0	1,5 Reprovado	1,8 Reprovado
VC 6	490	1,0	2,0 Reprovado	2 Reprovado
Geber		1,0	1,5 Reprovado	4 Reprovado
VC 7	378	1,0	0,3	0,2
Geber		1,0	0,0	0,0
VC 8	430	1,0	2 Reprovado	0,0
Geber		1,0	0,0	1,2 Reprovado
VC 9	430	1,0	0,0	0,0
Geber		1,0	0,0	1,0
VC 10	430	1,0	0,0	0,0
Geber		1,0	0,0	0,8
VC 11	430	1,0	0,5	0,2
Geber		1,0	0,7	0,0
VC 12	478	1,0	0,3	0,5
Geber		1,0	0,0	0,4
VC 13	480	1,0	0,7	1,1 Reprovado
Geber		1,0	0,3	0,4
VC 14	65	1,0	2,5 Reprovado	0,3
Geber		1,0	3,5 Reprovado	0,5
VC 15	75	1,0	1,0	2 Reprovado
Geber		1,0	5,0 Reprovado	2 Reprovado
VC 16	378	1,0	0,3	1,0
Geber		1,0	2,0 Reprovado	0,0
VC 17	430	1,0	0,5	0,5
Geber		1,0	1,5 Reprovado	0,2
VC 18	430	1,0	0,0	0,5
Geber		1,0	1,2 Reprovado	0,3
VC 19	430	1,0	0,0	0,0
Geber		1,0	6,0 Reprovado	0,0
VC 20	430	1,0	0,3	0,0
Geber		1,0	0,3	0,4
VC 21	478	1,0	0,0	1,5 Reprovado
Geber		1,0	0,4	0,0

VC 22	480	1,0	0,5	0,0
Geber		1,0	0,7	0,2

Fonte: O Autor,2015.

Figura 51: Gráfico de Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “A” vigas de cobertura



Fonte: O Autor,2015.

4.3.2 Estudo de caso da obra “B”

I. Desaprumo dos pilares

Para conferir o desaprumo dos pilares, tomou-se como referência a NBR-6118-2014. A verticalidade foi conferida por meio de prumo, tendo sido verificados 100% dos pilares da obra, os quais possuem seções de 25x30cm e 25x25. A tabela 7 mostra os resultados obtidos, no qual resultou em 17% dos pilares reprovados.

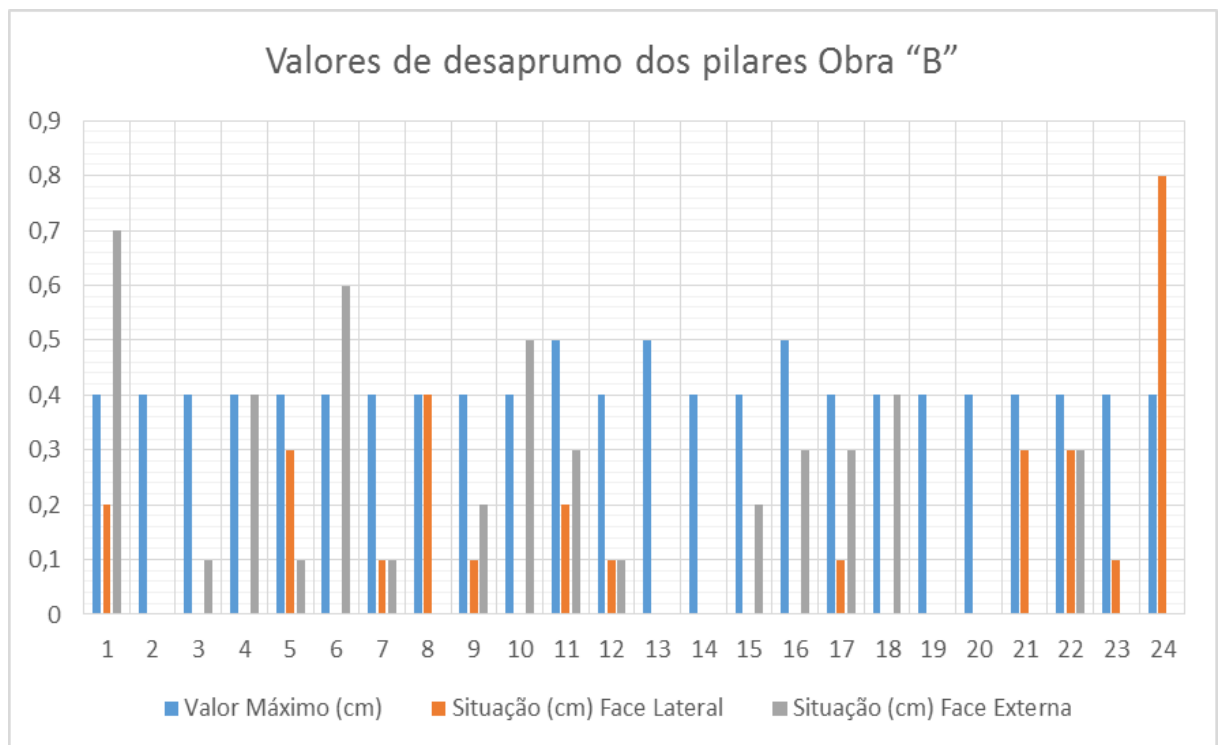
Tabela 7 – Valores de desaprumo dos pilares Obra “B”

Pilar	Altura (cm)	Valor Máximo (cm)	Situação (cm) Face Lateral	Situação (cm) Face Externa
P1	700	0,4	0,2	0,7 Reprovado
P2	800	0,4	0,0	0,0
P3	800	0,4	0,0	0,1
P4	700	0,4	0,0	0,4
P5	700	0,4	0,3	0,1
P6	700	0,4	0,0	0,6 Reprovado
P7	700	0,4	0,1	0,1

P8	700	0,4	0,4	0,0
P9	700	0,4	0,1	0,2
P10	700	0,4	0,0	0,5 Reprovado
P11	340	0,5	0,2	0,3
P12	700	0,4	0,1	0,1
P13	340	0,5	0,0	0,0
P14	700	0,4	0,0	0,0
P15	700	0,4	0,0	0,2
P16	340	0,5	0,0	0,3
P17	700	0,4	0,1	0,3
P18	700	0,4	0,0	0,4
P19	800	0,4	0,0	0,0
P20	800	0,4	0,0	0,0
P21	700	0,4	0,3	0,0
P22	800	0,4	0,3	0,3
P23	700	0,4	0,1	0,0
P24	800	0,4	0,8 Reprovado	0,0

Fonte: O Autor,2015.

Figura 52: Valores de desaprumo dos pilares Obra "B".



Fonte: O Autor,2015.

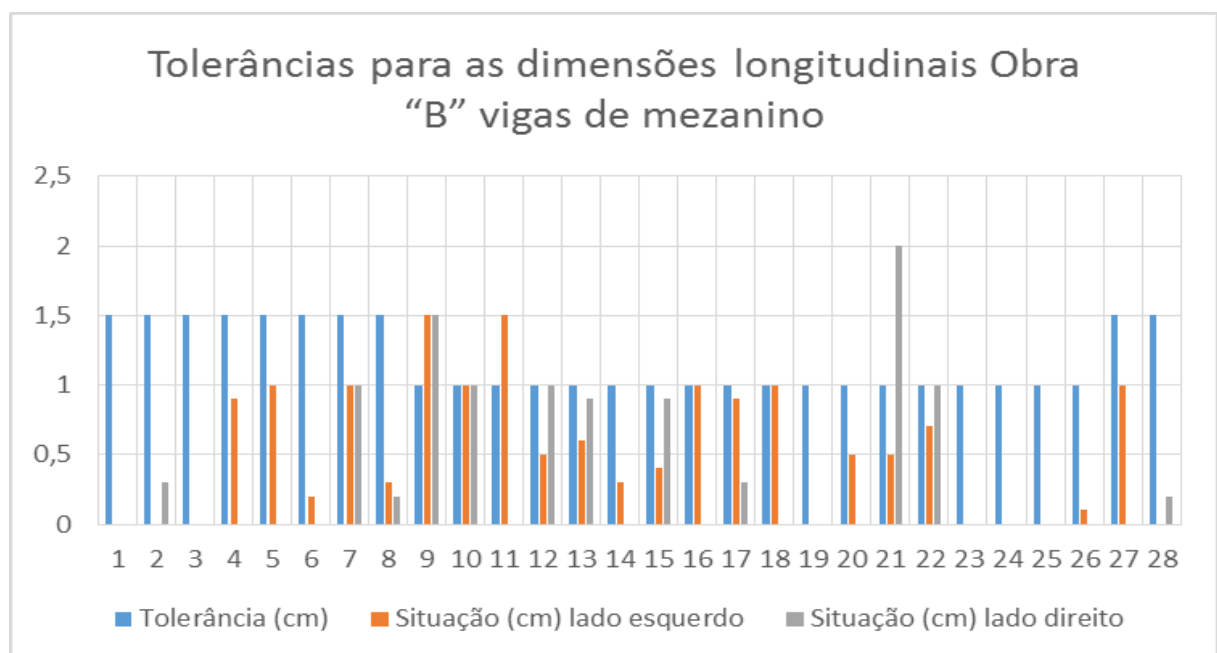
II. Tolerâncias dimensionais longitudinais das vigas de mezanino

Para conferir as tolerâncias dimensionais, tomou-se como referência a tabela 1 presente no item 2.6.2 do capítulo 2 deste trabalho. Foram medidos 100% das vigas da obra, os quais possuem seções de 15x55. A tabela 8 mostra os resultados obtidos, no qual resultou em 21% das vigas reprovadas.

Tabela 8 – Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “B” vigas de mezanino.

Viga de Mezanino	Comprimento (cm)	Tolerância (cm)	Situação (cm) lado esquerdo	Situação (cm) lado direito
VM 1	560	1,5	0	0
Geber		1,5	0	0,3
VM 2	585	1,5	0	0
Geber		1,5	0,9	0
VM 3	545	1,5	1	0
Geber		1,5	0,2	0
VM 4	545	1,5	1	1
Geber		1,5	0,3	0,2
VM 5	125	1,0	1,5 Reprovado	1,5 Reprovado
Geber		1,0	1	1
VM 6	475	1,0	1,5 Reprovado	0
Geber		1,0	0,5	1
VM 7	485	1,0	0,6	0,9
Geber		1,0	0,3	0
VM 8	445	1,0	0,4	0,9
Geber		1,0	1,0	0
VM 9	190	1,0	0,9	0,3
Geber		1,0	1	0
VM 10	240	1,0	0	0
Geber		1,0	0,5	0
VM 11	475	1,0	0,5	2 Reprovado
Geber		1,0	0,7	1
VM 12	485	1,0	0	0
Geber		1,0	0	0
VM 13	445	1,0	0	0
Geber		1,0	0,1	0
VM 14	525	1,5	1	0
Geber		1,5	0	0,2

Fonte: O Autor,2015.

Figura 53: Gráfico de tolerâncias longitudinais Obra “B” vigas de mezanino.

Fonte: O Autor,2015.

III. Tolerâncias dimensionais longitudinais das vigas cobertura

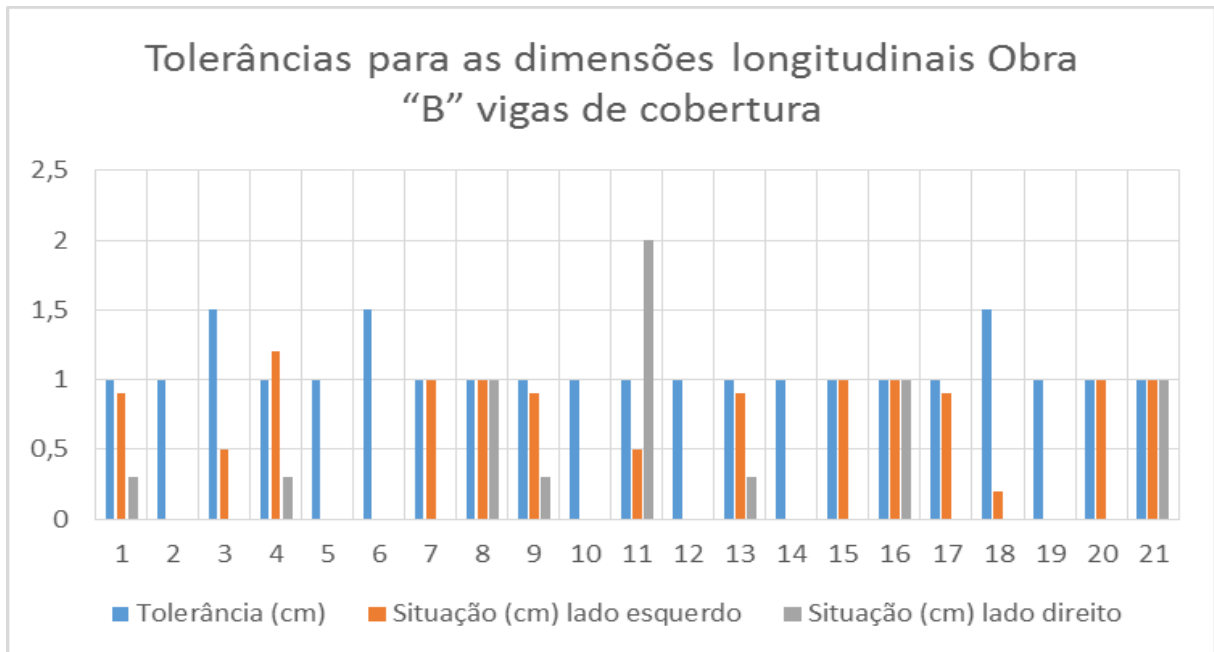
Para conferir as tolerâncias dimensionais, tomou-se como referência a tabela 1 presente no item 2.6.2 do capítulo 2 deste trabalho. Foram medidos 100% das vigas da obra, os quais possuem seções de 15x35cm. A tabela 9 mostra os resultados obtidos, no qual resultou em 5% das vigas reprovadas.

Tabela 9 – Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “B” vigas de cobertura

Viga de Cobertura	Comprimento (cm)	Tolerância (cm)	Situação (cm) lado esquerdo	Situação (cm) lado direito
VC 1	473	1,0	0,9	0,3
Geber		1,0	1	0
VC 2	473	1,0	0	0
Geber		1,0	0,5	0
VC 3	545	1,5	0,5	0
Geber		1,5	0,7	1
VC 4	473	1,0	1,2 Reprovado	0,3
Geber		1,0	0,9	0
VC 5	473	1,0	0	0
Geber		1,0	0,5	0
VC 6	545	1,5	0	0
Geber		1,5	0,9	0
VC 7	485	1,0	1	0
Geber		1,0	0,2	0
VC 8	445	1,0	1	1
Geber		1,0	1,0	0
VC 9	525	1,0	0,9	0,3
Geber		1,0	1	0
VC 10	485	1,0	0	0
Geber		1,0	0,5	0
VC 11	485	1,0	0,5	2
Geber		1,0	0,7	1
VC 12	485	1,0	0	0
Geber		1,0	1,0	0
VC 13	125	1,0	0,9	0,3
Geber		1,0	1	0
VC 14	475	1,0	0	0
Geber		1,0	0,9	0
VC 15	475	1,0	1	0
Geber		1,0	0,2	0
VC 16	485	1,0	1	1
Geber		1,0	0	0
VC 17	445	1,0	0,9	0
Geber		1,0	1	0
VC 18	525	1,5	0,2	0
Geber		1,5	1	1
VC 19	485	1,0	0	0
Geber		1,0	0,9	0
VC 20	485	1,0	1	0
Geber		1,0	0,2	0
VC 21	485	1,0	1	1
Geber		1,0	0	0

Fonte: O Autor, 2015.

Figura 54: Gráfico de Tolerâncias para as dimensões longitudinais Obra “A” vigas de cobertura



Fonte: O Autor, 2015.

Com a realização do estudo de caso in loco, vislumbra-se que os resultados obtidos são provenientes da observação do processo construtivo, com e sem a aplicação do produto desse estudo que é o manual de procedimentos de montagem das vigas e pilares pré-fabricados por Indústria de Pré-moldado, visto que a norma técnica é muito resumida em sua especificação, necessitando de mais material orientativo sobre o assunto para aplicação prática.

Desta forma, conforme a análise qualitativa da observação in loco, ficou evidenciado que a empresa quando executou os serviços teve dificuldade e uma maior quantidade de erros na Obra "A", quando não procedeu embasada em um manual instrutivo e o concomitante treinamento da equipe nos procedimentos.

Já a Obra "B", quando a empresa executou os serviços usou o manual desenvolvido nesse estudo, denotou-se que a equipe ganhou tempo na execução dos serviços, apresentando também menor índice de erros, o que gera uma maior rentabilidade e efetividade na execução da obra, com mais segurança e menos retrabalho.

Deste modo, é importante ressaltar que, a observação in loco propiciou a comprovação de que o processo construtivo precisa estar munido de um bom projeto, planejamento, norma/manual orientador, treinamento da equipe e contínuo

acompanhamento do processo construtivo, no sentido de garantir o êxito do custo/benefício da obra.

5. CONCLUSÃO

Diante do estudo proposto pode – se afirmar que, cabe as empresas da área de estruturas pré-fabricadas a consecutiva qualificação quanto à elaboração de projetos, o monitoramento e a adequação do processo construtivo, no sentido de propiciar a efetiva aplicação de procedimentos de montagem de componentes pré-moldados de acordo as normas técnicas, no que se refere a pilares e vigas, de maneira que venha elevar a segurança e a rentabilidade dos edifícios, a partir de adequados procedimentos no processo construtivo.

Assim, analisando os índices de produtividade observados nas Obras "A" e "B", podemos destacar que alguns itens são primordiais para o êxito do processo construtivo, tais como: controle das etapas de montagem (carga, transporte, descarga, estoque, conferência das fundações, planejamento de montagem) conforme estabelecido nas normas técnicas relativas, manuais disponíveis e a organização do estoque na obra, o que diminui o retrabalho, garantindo maior segurança e aumentando a produtividade da equipe.

Dessa forma, pode-se dizer que a disposição de um caderno de encargos orientativo do processo de trabalho, o treinamento da equipe e o contínuo monitoramento da obra geram a otimização do tempo, o aumento da produtividade de montagem, bem como economicidade no orçamento e maior rentabilidade da obra, mais segurança, sendo portanto imprescindíveis para a área de montagem de componentes pré-moldados.

Sendo também importante, a expedição e recepção das peças para estocagem de forma adequada e organizada no canteiro de obra, a fim de tornar a montagem sistematizada e menos trabalhosa, já que as peças a serem montadas estarão organizadas, sequencialmente em espera, próximas aos locais de montagem, conforme sua ordem de aplicação às estruturas.

Destarte, o estudo apresenta resultados importantes para o ramo de estruturas pré-moldadas, no que compete ao estudo dos processos e métodos executivos de montagem, identificando os principais parâmetros balizadores e determinantes, desse tema, conforme dispostos no referencial teórico e no capítulo "Resultados", bem como na disponibilização de um caderno de encargos de procedimentos de montagem das vigas e pilares pré-fabricados por indústria de pré-

moldado como proposta sugestiva de qualificação desse tipo de processo construtivo.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta uma temática que se destaca pela pouca exploração nos trabalhos acadêmicos na área de montagem de estruturas pré-fabricadas, haja visto o escasso detalhamento na norma técnica específica, sobretudo no que a realidade da empresa estuda, posto que a prática executada nos processos e métodos executivos de montagem é baseada, principalmente, nos manuais das grandes empresas pioneiras em montagem, localizadas nos grandes centros urbanos, havendo a necessidade de uma adaptação ou elaboração de um caderno de encargos orientativo específico que atenda às especificidades locais, como obras de menores portes.

De maneira que a qualificação dos procedimentos e métodos executivos de montagem de peças pré-fabricadas por indústria de pré-moldado não consiste em uma medida puramente financeira e/ou comercial, mas também técnica, segurança e econômica, já que o investimento em um edifício não se restringe ao seu custo inicial, mas também de toda execução do processo construtivo, bem como da manutenção e operação da obra.

Desta forma, esse estudo mostrou a necessidade iminente de disponibilização de um caderno de encargos de procedimentos de montagem das vigas e pilares pré-fabricados para indústria de pré-moldados como proposta sugestiva de qualificação do processo construtivo de montagem no campo de estudo, enfocando desde os aspectos relacionados com o projeto, a execução, o controle e monitoramento até a avaliação de desempenho da obra e suas propriedades.

Nesse sentido, a construção dos edifícios não deve estar baseada apenas na montagem dos elementos, na concepção da arquitetura diversificada, mas em uma série de fatores econômicos, logísticos, organizacionais, uma vez que a procura por procedimentos construtivos mais eficientes, partindo do projeto da edificação até o acabamento final, é fundamental na indústria da construção civil.

Desta maneira, conforme vislumbrado na pesquisa, é imprescindível que as empresas do setor se proponha à abrangência em sua área de conhecimento e atuação, de modo a propiciar edificações mais econômicas, duráveis e sustentáveis, bem como menos vulneráveis às patologias construtivas, no sentido de contribuir para o crescimento de um setor com mais rentabilidade e confiabilidade construtiva.

Destarte, faz – se importante registrar que, a presente pesquisa poderá servir de embasamento técnico e teórico sobre a qualificação dos procedimentos de montagem de vigas e pilares pré-fabricados, bem como análise das ligações entre pilares, vigas e lajes pré-moldadas, análise global da estrutura, estudo sobre pilares estaiados, posto que a temática ainda é pouco explorada na parte de montagem, contribuindo para a evolução dessa área do conhecimento dentro da Engenharia Civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCIC (2013) **Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto**. disponível em site:http://www.abcic.org.br/pdfs_curso_basico/Curso.

ABCIC, (2007). **Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. Diretrizes para Implantação do Selo Excelência ABCIC**. Revisão 04. São Paulo/2007

ACKER, ARNOLD VAN (FIP-2002) – Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003), **Manual De Sistema Pré-Fabricados De Concreto**. (ABCIC-2003).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado - NBR 9062**. Rio de Janeiro, 2006. [BasicoConstruction-EXPO-07-06-13.pdf](#), acessado em 19 de abril de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto-de-Estruturas-de-Concreto-Procedimento-Versao-Corrigida#scribd** - NBR-6118-2014, acessado em 21 de abril de 2015.

BEUREN, Maria Ilse, Cap V. In: BEUREN, Maria Ilse (org). **Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade**. Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2003.

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

CAMADURO JR, Ismael W; ZATT, Patrícia J. R. **Um estudo sobre fissuras em concreto armado**. Maringá, PR. 6p. Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura de Maringá. Maringá, 2000. Artigo técnico.

DIAS, Cláudia. **Grupo focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. Informação e sociedade**. V.10, n. 2. João Pessoa: UFPB, 2000.

EL DEBS, MOUNIR KHALIL. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2000.

ELLIOT, R. S . (2002). **Conceitos de quadros pré-moldados, Economia e Arquitetura Requisitos**. No workshop sobre design e Constrution de Estruturas de Concreto Pré-moldado. Instituto de Formação da Indústria da Construção. Singapore.

ENDOSET, **CADERNOS DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS**, São Carlos, v.11 n. 53 2009, Edição Especial.

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

GROHMANN, M. Z. **Redução do desperdício na construção civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas em Santa Maria.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18.1998, Niteroi. Anais... São Paulo, 1998.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2. Ed. São Paulo: Pini, 1992.

MANSELL, J.et al. **CTC – Pré-fabricados de Concreto.** Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2010-1/pre_fabricados/pre_fabricacao_concreto_2010-1.pdf>. Acesso em: 5 maio 2015.

MELO, C.E.E. **Manual munte de projetos em pré-fabricados de concreto.** São Paulo: Pini, 2004.

MOREIRA FILHO, M. **Pré-fabricados de concreto dão mais velocidade e qualidade e rapidez a construção civil.** 2002. Disponível em: <<http://www.abcp.com.br/>>. Acesso em: 5 maio 2015.

MUNKELT, **GK pré-moldado de concreto durável: a solução a longo prazo para aplicação acima do solo e abaixo do solo.** Disponível em: <<http://precast.org/2010/05/durabilidade-no-produto-pré-moldado/>>. Acesso em: 5 maio. 2015.

NETO, NOÉ MARCOS. **Estruturas pré-moldadas de concreto para edifícios de múltiplos pavimentos de pequena altura: Dissertação (Mestrado).** São Carlos: EESC-USP, 1998.

PINTO, T.P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais.** São Carlos, SP: UFSCAR, Departamento de Engenharia Civil, 1989. 33p.

REVEL, M. (1973). **A pré-fabricação na construção,** 1.ed. Bilbao: Urmo. 457p.

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

TECNOTEXTIL (2015), disponível em Site:<http://www.tecnotextil.com.BR/faq/quais-sao-as-normas-do-mercado-de-movimentacao-de-cargas/> acessado em 22 de abril de 2015 as 23:17.

TEIXEIRA, E. H. S. **Manual técnico de pré-fabricados de concreto.** São Paulo: Bandeirante S.A. Gráfica e Editora, 1987.

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

APÊNDICES

ANEXOS