

A industrialização na construção e o estudo de uma rede de empresas em obra de pré-fabricados em concreto armado

Bruno Nogueira Pigozzo (UFSCar) brunopigozzo@yahoo.com.br

Sheyla Mara Baptista Serra (UFSCar) sheylabs@power.ufscar.br

Marcelo de Araujo Ferreira (UFSCar) marcelo-ufscar@uol.com.br

RESUMO

A evolução da indústria da construção civil aconteceu em diversas fases, sendo que cada uma foi caracterizada por uma diversidade de métodos, tecnologias e arquiteturas próprias. Nos dias atuais verifica-se uma significativa organização em alguns subsetores, onde são encontrados modernos sistemas construtivos e processos de gestão industrial. Entre estes sistemas, destacam-se os pré-fabricados em concreto armado. O objetivo inicial desta pesquisa é realizar um breve histórico através de base bibliográfica adequada, situando e contextualizando a indústria da construção civil no Brasil, relacionada a aplicação de pré-fabricados em concreto armado, desde o seu surgimento na década de 50 até os seus dias atuais. Pretende-se adicionalmente apresentar um estudo de caso da construção de um edifício pré-moldado, que possui como característica principal a integração através de uma rede de empresas de vários fabricantes e a coordenação de projetos e execução.

Palavras-Chave: Pré-fabricação; Industrialização da construção; Racionalização, Rede de empresas.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da indústria da construção civil aconteceu em diversas fases, sendo que cada uma foi caracterizada por uma diversidade de métodos, tecnologias e arquiteturas próprias. Nos dias atuais verifica-se uma significativa organização em alguns subsetores, onde são encontrados modernos sistemas construtivos e processos de gestão industrial. Entre estes sistemas, destacam-se os pré-fabricados em concreto armado.

Verifica-se que para que se possa entender de forma coesa o progresso da pré-fabricação em concreto armado é necessário compreender o surgimento, a história e a evolução da industrialização no mundo.

Para que a concepção, produção, execução e manutenção das estruturas pré-fabricadas de concreto aconteçam sem problemas é necessário que desde o início do empreendimento, as empresas se unam em rede buscando maximizar as vantagens de cada material utilizado. Segundo Casarotto (1999), esta associação também se torna importante para a própria sobrevivência da empresa, onde a tendência que se observa na construção é a formação de parcerias entre as empresas, de maneira a atender as exigências do mercado consumidor.

É objetivo deste trabalho apresentar um resgate histórico do processo de industrialização na construção civil, agregando-o ao exemplo dos pré-moldados em concreto. Espera-se através de um estudo de caso apresentar a estrutura de rede de empresas formada para um sistema flexibilizado de produção.

2. HISTÓRICO DA PRÉ-FABRICAÇÃO

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.

A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 1985) define estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim que atende aos requisitos mínimos de mão-de-obra qualificada; a matéria-prima dos elementos pré-fabricados deve ser ensaiada e testada quando no recebimento pela empresa e previamente à sua utilização. Enquadram-se neste item cimentos, agregados graúdos e miúdos, aditivos e adições. Os métodos de fabricação dos elementos devem atender às normas técnicas pertinentes e ter procedimentos catalogados e registrados disponíveis para consultas eventuais de clientes e outros; os elementos são produzidos com auxílio de máquinas e equipamentos industriais que racionalizam e qualificam o processo. Após a moldagem, estes elementos são submetidos a ambientes ou processo de cura com temperatura e umidade controladas de acordo com especificações do American Concrete Institute (ACI).

Segundo Revel (1973), a pré-fabricação em seu sentido mais geral se aplica a toda fabricação de elementos de construção civil em indústrias, a partir de matérias primas e semi-produtos cuidadosamente escolhidos e utilizados, sendo em seguida estes elementos transportados à obra onde ocorre a montagem da edificação. Assim, segundo Revel (1973), este enunciado induz a pensar que a pré-fabricação é de uso muito antigo, remontando a mais alta antiguidade, pois nos tempos mais remotos os homens já sabiam fazer paralelepípedos de argila para obter tijolos, utilizados em seguida na construção de muros. Desta forma, nota-se que não se trata de um termo novo, porém seu uso corriqueiro é relativamente recente, pois passa a ser muito empregado nos anos que seguem a segunda guerra mundial.

Antes do período pós-guerra há relatos do emprego de pré-fabricados em concreto. Milman (1971) diz que no ano de 1867 foi concedida a primeira patente para artigos feitos em concreto armado. Essa patente foi concedida a Joseph Monier (1823-1906), jardineiro francês a quem se atribuiu a invenção do concreto armado. Porém, conforme 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.

2.1. A industrialização na construção civil

Segundo Bruna (1976), a industrialização está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, os quais devem ser entendidos, analisando de forma mais ampla as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção. A história da industrialização identifica-se, num primeiro tempo, com a história da mecanização, isto é, com a evolução das ferramentas e máquinas para a produção de bens. Essa evolução pode ser dividida em três grandes fases: a primeira, que assinala os primórdios da era industrial, assiste ao nascimento das máquinas genéricas ou polivalentes. Estas, pelo fato de poderem ser reguladas livremente, reproduzem de certa maneira as mesmas ações artesanais anteriormente executadas, diferindo destas pelo fato de serem movidas por uma energia diversa daquela muscular ou natural localizada, como uma queda de água. São máquinas que, dentro dos limites de sua própria versatilidade, são capazes de executar uma multiplicidade de ações produtivas cabendo ao operário tão-somente comandá-las e ajustá-las.

A segunda fase, conforme Bruna (1976), assiste à transformação dos mecanismos no sentido de ajustá-los à execução de determinadas tarefas. A máquina “motorizada e regulada” substitui o homem na capacidade de repetir um ciclo sempre igual. Neste período, o trabalho manual foi dividido em atividade unitárias mais simples; o operador da máquina repete continuamente determinadas operações físicas, limitando sua sensibilidade e seu raciocínio, antes essenciais na verificação de sua regulação. O operário é então treinado para repetir determinados movimentos (estudo do método) no menor tempo possível (estudo do tempo) com o objetivo de obter os melhores resultados econômicos e qualitativos. O mecanismo incorporado à máquina produz de forma automática a “qualidade” que antes era essência e característica do trabalho manual. Cria-se assim uma divisão entre trabalho intelectual de organização e trabalho manual. Data desta época o princípio de organização entendido como um fato sistêmico, em oposição à ação empírica como realizada no passado. Nasce assim o conceito da indústria entendida como uma organização baseada na repetição ou na interação de atividades. Não é, portanto, só e unicamente o mecanismo que gera a indústria, mas uma decidida vontade de repetir para qual a máquina contribui com o instrumento material e a organização com o método para executá-la. A vontade repetitiva introduz, então, o princípio de série, “não como idéia de quantidades grandes ou pequenas, mas como oposição entre a idéia de multiplicidade típica da indústria e a idéia da unidade artesanal. O passo sucessivo, mais importante, foi a integração entre a produção, que até então recebera toda a atenção, e o transporte do material e do produto acabado. Desta integração resulta a linha de montagem atual e que teve seus primeiros exemplos com a montagem dos vagões ferroviários.

Finalmente a terceira fase, segundo Bruna (1976), inicia-se em torno dos anos 50 deste século e dá origem ao processo que alguns autores chamam de Segunda Revolução Industrial. Nesta fase assiste-se de forma gradual à substituição das atividades que o homem exercia sobre e com a máquina, por mecanismos: a diligência, a avaliação, a memória, o raciocínio, a concepção, a vontade, etc., estão sendo substituídos por aparelhos mecânicos ou eletrônicos ou, genericamente, por automatismos. O homem pode liberar-se através dos automatismos da rigidez da série, entendida como repetição de objetos sempre iguais, para a série entendida como fluxo de informações, a qual permite, dentro da versatilidade própria dos equipamentos, produzirem novamente séries continuamente diversas, independentemente de seu número; disto resulta uma possibilidade extremamente interessante no que se refere à industrialização da construção, porquanto permite adequar a produção às exigências de cada obra, permanecendo em condições da máxima eficácia operativa. Os automatismos passam a substituir paulatinamente as faculdades humanas. Assim, uma primeira ordem de automatismos corresponde às máquinas “auto-acionadas”, máquinas que, em vez de repetir identicamente um ciclo, uma vez acionadas, operam por conta própria repetindo uma série de ciclos até que sejam paralisadas. O controle continua humano, mas a diligência foi substituída por mecanismos. O passo seguinte é constituído pelas máquinas nas quais o controle já foi substituído por automatismos, e assim sucessivamente. Uma ordem superior seria a constituída pelas máquinas que lêem programas operativos, isto é, executam programas pré-fixados. Um exemplo deste tipo de mecanismo, de grande interesse para a construção civil, é o das centrais automáticas que produzem concretos, mas com diversas combinações de agregados, água, aditivos, etc., obtendo-se diferentes dosagens e resistências (BRUNA, 1976).

3. SISTEMAS DE PRÉ-FABRICAÇÃO

A organização do trabalho e o processo de concepção dos empreendimentos foram sofrendo alterações ao longo do processo de industrialização na construção, conforme será descrito a seguir.

3.1. Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Fechado

Após o período de pós-guerra na França, com a necessidade de reconstrução do país, utilizaram-se largamente os elementos pré-fabricados de concreto armado, que segundo Bruna (1976), possuíam dimensões de aproximadamente 0,60 a 0,90 X 2,50 X 0,20 m, com peso de cerca de uma tonelada montados numa estrutura portante convencional. Porém, os tamanhos reduzidos dos painéis geravam diversas juntas verticais, de difícil execução, sendo necessário aumentar o tamanho dos painéis para a conseqüente redução no número de juntas. Estes elementos cresceram até o ponto de atingirem o tamanho de um vão completo, fazendo com que as juntas passassem a existir apenas entre elementos transversais e longitudinais, que corresponderam às ligações mais fáceis de serem executadas. Desta forma, os painéis de concreto armado de grandes dimensões e com função estrutural, passaram a se impor com grande rapidez pela Europa.

Deste modo, conforme Bruna (1976), os edifícios, principalmente os residenciais, passaram a ser subdivididos em grandes elementos, em geral, painéis-parede, que eram fabricados por em usinas fixas ou móveis ao pé do canteiro e montados por guias, com equipes reduzidas de operários. Assim sendo, este método de construção passou a ser chamado de Industrialização de Ciclo Fechado. Segundo Ferreira (2003), 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.

Os fatores preponderantes de análise diziam respeito ao custo de mão-de-obra da produção; custo do projeto; amortização das instalações, custos de energia empregada e despesas de manutenção e, finalmente, as despesas de transporte dos elementos entre a oficina e o canteiro. Ao longo do tempo, pode-se notar que com o aumento no número de habitações e mantendo-se estável a variável custo era possível gerar um aumento na produtividade da construção civil.

Desta forma para chegar a este objetivo, os construtores encontraram diversas dificuldades, a primeira delas, segundo Bruna (1976), estava relacionada com os custos da mão-de-obra de produção, pois com o intuito de diminuir tais custos, aumentou-se a mecanização e concentraram as operações de produção em usinas fixas ou móveis, gerando um aumento nos custos dos equipamentos e conseqüentemente da parcela de amortização. Houve então, a necessidade de se produzir séries maiores de elementos, porém com os mesmos equipamentos, para que o acréscimo do custo fosse dividido de forma uniforme. Novamente houve um aumento nos custos devido o aumento de produção, pois era preciso produzir com maior precisão e de forma racionalizada. Desta forma, aumentaram-se as despesas com programação e projeto, onde mais uma vez os tamanhos das séries foram aumentados.

Um outro problema a ser resolvido seriam os custos relativos ao transporte dos elementos entre a usina e o canteiro de obra e que, segundo Bruna (1976), existem três possíveis casos. O primeiro seria a existência de uma usina capaz de suprir a necessidade do canteiro, a segunda opção seria a inexistência da usina e a terceira hipótese, seria a existência de um canteiro nos limites do raio de ação da usina fixa. O problema desta última suposição, não seria na verdade a distância a percorrer entre usina e canteiro, mas sim o número de ciclos entre estes dois ambientes. Assim, os construtores perceberam que o grande problema seria o tamanho da série a ser produzida, pois os custos de transporte podem ser manipulados através de seus diversos componentes. Portanto, quanto maior fosse a série contratada, mais viável tornar-se-ia a industrialização, amortizando os custos do projeto e dos equipamentos.

Conforme Ferreira (2003), dentro desta filosofia, o sistema construtivo foi tido como um produto fechado, onde a modulação foi um parâmetro de racionalização de insumos e de

compatibilidade entre os subsistemas e componentes do produto, mas não necessariamente para compatibilizar o produto com outros processos construtivos, havendo assim uma baixa flexibilidade arquitetônica por conta da modulação fechada e da padronização global do sistema. Segundo Bruna (1976), não era viável modificar uma linha de produção uma vez por mês, nem mesmo uma vez a cada dois meses: quanto maior fosse a mecanização, menos elástica era a possibilidade de introduzir modificações no ciclo produtivo, mais rígidos eram a programação, o controle e a organização.

Desta forma, como comentado anteriormente por Ferreira (2003), observa-se que a construção pré-fabricada foi classificada, durante muitos anos, como uniforme, monótona e com flexibilidade zero na rigidez da arquitetura, onde a pré-fabricação com elementos pesados marcou o período.

3.2. Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Aberto

Em um segundo momento, surge na Europa o Sistema de Pré-fabricados de Ciclo Aberto, que possui 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. Segundo Koncz (1977), fala-se em sistema aberto, quando o sistema construtivo pode ser uma prescrição para a classificação dos componentes introduzidos no mercado, e adquiríveis em distintas empresas.

Para Ferreira (2003), este novo sistema surgiu devido à possibilidade de associar os elementos pré-fabricados de diferentes fabricantes. Desta forma, o produto final, ou seja, o sistema construtivo torna-se um arranjo racional de diferentes “produtos” (componentes padronizados). Através da aquisição de elementos padronizados de diferentes produtores, há a possibilidade da divisão do trabalho, que segundo Bruna (1976), oferece possibilidades de especialização e, conseqüentemente, de standardização e produção em massa.

Segundo Ferreira (2003), os sistemas pré-fabricados de “ciclo abertos” foram criados na Europa em oposição à filosofia dos sistemas pré-fabricados como produtos fechados. Assim, Koncz (1977) afirma que nos sistemas abertos o produto industrializado é o componente, e nos sistemas fechados o produto industrializado é o edifício terminado.

Este sistema de pré-fabricação também ficou conhecido como a industrialização de catálogo, pois conforme Bruna (1976), os fabricantes eram obrigados a produzir um estoque e criar um catálogo com as informações características de cada peça fabricada em sua empresa, como qualidades físicas de resistência, isolamento e peso. Porém, Bruna (1976), ressalta que este tipo de pré-fabricação não era algo moderno, pois muitos arquitetos do pós-guerra já faziam propostas para este tipo de construção. Nesta época foi necessário retomar a pesquisa arquitetônica com o objetivo de desvendar o problema da composição de uma edificação e racionalizar estas deficiências. Desta forma, a edificação foi dividida em diversos elementos e o projeto em sucessivas etapas, analisando-se primeiramente estes elementos e, em seguida, a forma com que se poderiam ajustar uns aos outros. Através deste método foi possível racionalizar a concepção de projeto colocando as decisões no seu determinado tempo, na escala própria e permitindo realizar uma subdivisão dos componentes da edificação adequando-os a uma produção industrial, a qual permitia produzir na quantidade e no tempo exigido pelo mercado, e de uma maneira econômica. Desta forma, foi possível integrar ao mercado de consumo, como qualquer outro produto industrializado, um sistema de industrialização de habitações, experimentado e desenvolvido inteiramente dentro dos critérios de produção industrial.

Conforme Bruna (1976), para que se pudesse obter flexibilidade no sistema, era necessária realizar uma fabricação com características básicas de um ciclo aberto de produção. Era

preciso que tais elementos fossem substituíveis por outras peças de diferentes fornecedores, intercambiáveis dentro da mesma obra, combináveis entre si, formando conjuntos maiores, e finalmente permutáveis por diferentes tamanhos e quantidades de peças. Assim, a dificuldade maior estava na necessidade em estabelecer critérios aceitáveis para todos os atores da cadeia produtiva de elementos do sistema aberto de industrialização, fossem eles, projetistas, fabricantes ou construtores. Para que se conseguisse coordenar esses elementos foi preciso realizar um acordo dimensional das peças pré-fabricadas que recebeu o nome de coordenação modular, que passou a ser uma condição essencial para industrializar a construção civil.

Desta forma, segundo Koncz (1977), como o ponto de partida dos sistemas abertos são os elementos, há de se conservar as regras de coordenação destes, para que possam ser adquiridos em distintos fabricantes. A primeira exigência neste sistema é uma coordenação dimensional do edifício. Pela coordenação dimensional consegue-se que os elementos possam ter em distintas firmas as mesmas dimensões. A possível utilização polivalente dos elementos permite uma determinação de formas básicas.

O sistema de coordenação modular, segundo Bruna (1976), tem como objetivo padronizar as dimensões das construções, a fim de reduzir a variedade de tamanhos dos componentes e dos equipamentos produzidos e não possibilitar que tais elementos sejam utilizados no canteiro sem que sofram qualquer tipo de modificação, tomando como referência a dimensão de base denominada módulo.

Segundo Ferreira (2003), a pré-fabricação de ciclo aberto foi muito utilizada na Europa em países como a Inglaterra, onde os painéis pré-moldados para fachadas apresentaram-se como os elementos que melhor se adequavam para o fechamento de uma construção industrializada. Com a utilização de painéis fora do eixo da estrutura, o parâmetro de compatibilidade entre o painel e a estrutura além de ser a modulação, passou a ser também, a padronização das soluções tecnológicas entre as suas interfaces, como sistemas de ligações e de juntas. Ferreira (2003) ainda acrescenta que além do padrão dimensional, o desenvolvimento de novas tecnologias nas duas últimas décadas possibilitou a consolidação do conceito de “concreto arquitetônico”, que se trata do desenvolvimento de componentes construtivos cada vez mais leves que buscam aferir um valor agregado ou “densidade tecnológica” aos produtos.

Finalmente tratando-se do estágio atual da pré-fabricação brasileira, Campos (2003), afirma que há uma notável influência dos sistemas de ciclo aberto baseada no emprego intensivo de componentes há pelo menos uma década. Prova disso está na reconversão de várias empresas brasileiras, até então produtoras de sistemas pré-fabricados fechados para galpões industriais, em fabricantes de componentes para sistemas abertos, tais como: lajes alveolares, painéis arquitetônicos, estruturas baseadas no conceito de pré-fôrmas, entre outros produtos.

3.3. Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Flexibilizado

Atualmente na Europa surge outro sistema de pré-fabricação em concreto, apontando novas tendências e inovações, segundo Elliot (2002). Esta terceira geração de sistemas pré-fabricados para edificações com alto grau de especificação vem tomando forma nos últimos 20 anos na Europa. Dentro desta filosofia, componentes estruturais em concreto arquitetônico vêm sendo cada vez mais empregados em importantes edifícios comerciais, sendo muitas vezes combinados com outros sistemas construtivos, como as construções em aço, madeira e alvenaria.

Esta terceira geração está sendo chamada, ainda em caráter provisório, de pré-fabricação de sistemas de ciclos “flexibilizados”. Segundo Ferreira (2003), este sistema recebe este nome, por entender que não apenas os componentes são “abertos” mas todo o sistema o é, e,

portanto, o projeto também passa a ser necessariamente aberto e flexibilizado para se adequar a qualquer tipologia arquitetônica.

Conforme Ferreira (2003), os sistemas de ciclos flexibilizados abrangem tanto aspectos existentes nos sistemas de ciclo fechado quanto de ciclo aberto. De fato, o conceito de sistemas flexibilizados na produção vai além da fábrica, com a possibilidade da produção de componentes no canteiro, dentro de um sistema com alto grau de controle da qualidade e de organização da produção, como pode vir a ser o caso dos sistemas tipo “tilt-up”, que consiste na execução de paredes moldadas in loco sobre um piso de concreto. Estas paredes são moldadas na horizontal, permitindo que sejam introduzidas portas, janelas, acabamentos de fachada, revestimentos e texturas diferenciadas durante a fabricação das mesmas. Após atingirem a resistência necessária para içamento, as paredes são levantadas por guindastes e posicionadas sobre blocos de fundações previamente executados.

Continuando Ferreira (2003), menciona que como ocorre nos sistemas abertos, nos sistemas flexibilizados a modulação contínua sendo importante como parâmetro de controle da interface entre os elementos no interior do edifício, ainda que se procure a utilização de componentes com maior grau de flexibilidade de projeto. Entretanto, no caso dos elementos e componentes para fachada, a modulação deixa de ser importante, a não ser por questões de racionalização de produção e montagem, havendo assim uma maior liberdade de composição e projeto. A padronização das soluções tecnológicas para os sistemas de ligações e de juntas nas interfaces entre os elementos passa a assumir uma importância fundamental para viabilizar todo o potencial industrial intrínseco no sistema construtivo pré-fabricado. De fato, a padronização das soluções tecnológicas em sistemas de ligações e de juntas apresenta-se como um dos principais entraves para o avanço do setor.

Segundo Elliott (2002), apesar de todo o desenvolvimento atual, a pesquisa científica e tecnológica em sistemas pré-moldados de concreto ainda é muito pequena comparativamente com os sistemas de aço e de concreto moldado no local. Um levantamento feito na Europa para a Fédération Internationale de la Précontrainte (FIP) em 1997 revelou que o número de pesquisadores que estudavam as estruturas pré-moldadas era apenas 1/30 do número de pesquisadores que estudavam as estruturas de aço. Segundo esse autor, um dos fatores que dificultam uma maior difusão tecnológica dos sistemas de ligações é o fato de o concreto pré-moldado ter sido considerado por parte dos fabricantes como um produto de inovação tecnológica (como segredo industrial), havendo relutância por parte dos mesmos em divulgar a tecnologia. Por outro lado, tal ideologia também foi assimilada no meio acadêmico, onde o ensino desses sistemas não é tradicional nas escolas de engenharia e arquitetura, tornando esta uma área de atuação restrita para poucos profissionais.

4. ORGANIZAÇÃO DA REDE DE EMPRESAS

Britto apud Rossetti (2004) define rede de empresa como “arranjos institucionais que possibilitam uma organização eficiente de atividades econômicas, através da coordenação de ligações sistemáticas estabelecidas entre empresas independentes”.

As redes de empresas surgem por meio do agrupamento formal ou informal de empresas autônomas, com o objetivo de realizar atividades comuns, permitindo que elas se concentrem apenas em suas atividades principais. Uma obra necessita de uma associação de empresas que se unam desde a concepção do empreendimento. Cada empresa é responsável por uma certa parte da obra e, juntas, formam uma construção de estrutura pré-fabricada, por exemplo.

Algumas características das redes formam um ambiente vantajoso durante a associação das empresas [BALESTRIN et al. (2003)]. Entre elas, pode ser mencionado que as empresas têm

que compartilhar e discutir informações sobre mercados, tecnologias e lucratividades. Com a parceria, observa-se que ocorre similar recompensa financeira para as empresas e empregados dentro delas. Além disso, gera-se um potencial alcance de vantagens econômicas pela experiência coletiva das empresas, devido ao aumento das vendas e aos ganhos marginais nas negociações.

A união das empresas na construção civil deve ser necessariamente negociais e não gerar uma competição entre elas. Os dirigentes das empresas devem sentar juntos e discutir formas de se desenvolverem melhor e quais as metas a serem alcançadas. Segundo Casarotto et al. (2000), em alguns casos, observa-se que “as relações que ocorrem na cadeia produtiva de construção civil são puramente negociais não visando o objetivo real das redes que é o aumento da competitividade do conjunto de empresas participantes”.

Dessa forma, a maneira das empresas se relacionarem deve evoluir para a parceria. Serra (2001) menciona que o objetivo principal da parceria é melhorar o desempenho dos resultados e aumentar os lucros das empresas e, ao mesmo tempo, reduzir o custo do produto e/ou do serviço. Outras vantagens podem ser agregadas como desenvolver tecnologias e possuir um maior poder de barganha junto aos fornecedores. Segundo Casarotto (2002), a justificativa para a cooperação, e a própria base das redes em si, é uma escala maior e maior capacidade inovativa para sua viabilidade competitiva.

5. ESTUDO DE CASO

A obra objeto do estudo de caso consiste no futuro laboratório do grupo NET-Pré (Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-Moldados de Concreto), que será utilizado para pesquisas ligadas às construções pré-moldadas de concreto.

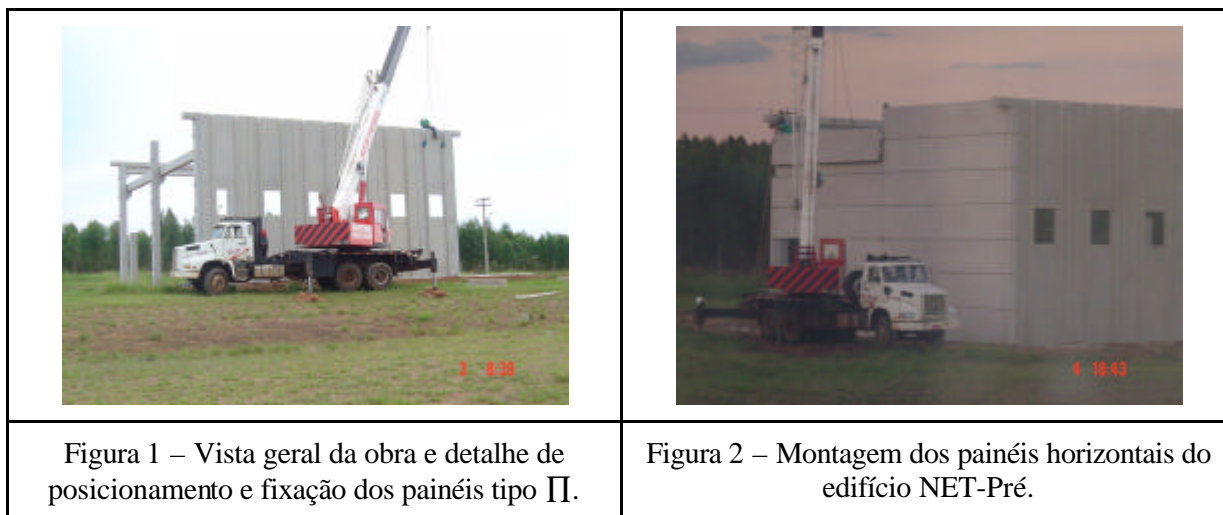
O edifício foi construído utilizando-se o Sistema Aberto de pré-fabricação, já que as peças pré-fabricadas foram fornecidas por diferentes empresas e a montagem foi executada por mão-de-obra também de distintas indústrias, no total de oito, conforme Tabela 1. As figuras 1 e 2 mostram detalhes da execução do edifício estudo de caso.

Tabela 01: Quadro de empresas e fornecimento de peças pré-moldadas

EMPRESA	PEÇAS
A	Painéis laterais
B	Pilares
C	Vigas
D	Vigas Calha
D	Painéis laterais
F	Painéis laterais
G	Painéis laterais
H	Telhas

5.1 Concepção do projeto

Foi executado um projeto básico das peças pré-fabricadas com base nas informações necessárias para a execução do laboratório. Este projeto básico foi encaminhado para cada um dos fornecedores. Após análise e detalhamento, cada um dos projetistas remeteu ao coordenador do projeto novamente este projeto, agora dotado de detalhes específicos. Em uma segunda etapa, foi reformulado o projeto, com base nos detalhes específicos e repassado novamente para os fornecedores.



Cada empresa fornecedora de um tipo específico de peça determinou o seu prazo de execução das peças de acordo com produção de outras peças que haviam sido encomendadas dentro da empresa. Por exemplo, a empresa que forneceu a viga calha, produziu esta peça rapidamente, pois não estava sabendo que o projeto já havia sido definido e quando souberam deste projeto tiveram que produzir as peças o mais rápido possível. Porém, no caso da empresa fornecedora das telhas, estes tiveram um longo período de tempo, pois o projeto da cobertura foi o primeiro a ser liberado. Desta forma, a empresa pôde encaixar estas peças na sua produção.

Observou-se que, por exemplo, no caso de painéis pré-moldados não havia uma padronização de detalhes e soluções, pois cada empresa possui um sistema específico de fixação de painéis. Como nem todas as empresas concederam sua mão-de-obra própria para a montagem do galpão, quando estes operários iam executar a montagem de suas peças, assim como a montagem de peças de outras empresas, não estavam aptos a executar tal serviço devido à falta de padronização entre as empresas. Então, com esta falta de padronização e falta de detalhamento do projeto que foram encaminhados para a Universidade, houve uma certa dificuldade na montagem do laboratório. Ou seja, o grande problema desta obra, foram as ligações, que eram de diversos tipos e também por algumas serem de difícil execução.

A modulação do pré-fabricado adotado foi sempre múltipla de 1,25 m. A razão de se chegar a esta modulação foi que a “telha W” possui 1,25 m de largura e o painel ? possui 2,5 m de largura, que são medidas múltiplas de 1,25m. O laboratório ocupa uma área de 15 X 15 m, com uma modulação de 7,5 m para os pilares e um pé direito de 8 m.

5.2. Planejamento de Montagem da Obra

No planejamento inicial da obra foi prevista a montagem do laboratório em um período de uma semana, pensando que diversas montagens poderiam ser realizadas ao mesmo tempo, perfazendo um total de 13 a 15 dias. Foram designadas duas empresas responsáveis pela montagem. Inicialmente a Empresa E, que utilizou um guindaste e mão-de-obra com cinco operários e um engenheiro, ficou responsável pela montagem dos pilares da Empresa A, pelas vigas da Empresa B, pelos painéis da Empresa C e pelos seus próprios painéis. Outra empresa, foi contratada apenas para a montagem dos painéis da Empresa D, os painéis da Empresa F e das telhas da Empresa G, onde também se utilizou um guindaste e mão-de-obra com cinco operários. Tal planejamento pode ser facilmente visualizado na Figura 03.

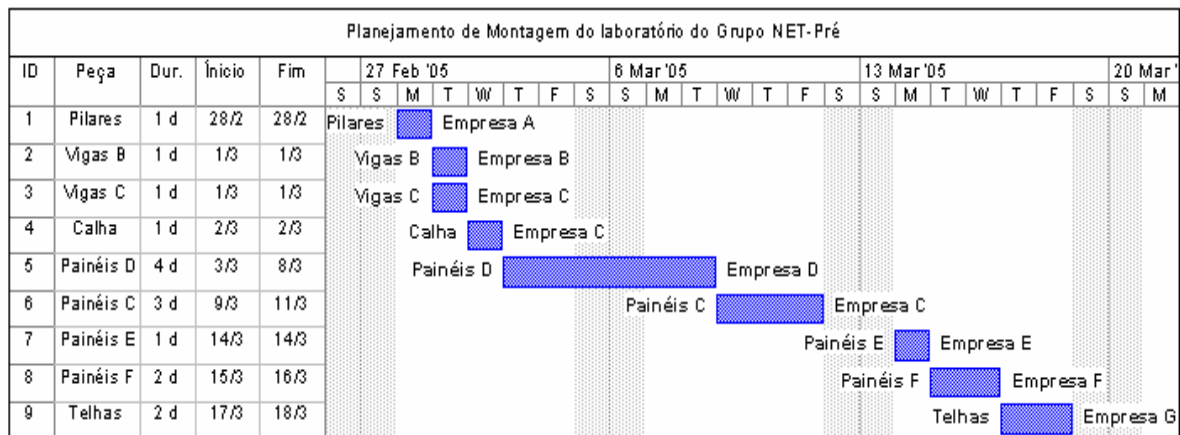


Figura 03 - Planejamento de montagem do laboratório do Grupo NET-Pré.

5.3. Acompanhamento da Obra

5.3.1 Fundações

Para a realização das fundações foram utilizadas estacas cravadas pré-fabricadas de concreto protendidas, onde cada elemento possuía dimensões de 7,5 x 0,215 x 0,215 m. Como foi necessário que cada estaca atingisse 15 m de profundidade, estes elementos foram soldados em suas extremidades para atingir a cota desejada.

Para cada bloco de fundação foram cravadas duas estacas, e antes da concretagem dos blocos, que foram executados em concreto moldado in loco, foi realizada uma camada de 5 cm de concreto magro. O bloco de fundação possui as seguintes dimensões: 1,10 x 0,85 x 1,65 m (Alt. x Larg. x Comp.). Para realizar a ligação com o pilar, que foi do tipo cálice, foi executada uma abertura na face superior do bloco com as seguintes dimensões: 1,25 x 0,50 x 0,50 m.

5.3.2. Estrutura

O galpão possui estrutura principal reticulada em elementos pré-fabricados de concreto, com pilares de dimensões 0,40 x 0,40m e alturas variadas, e vigas com dimensões 7,69 x 0,50 x 0,30 m. A ligação dos pilares com os blocos foi do tipo cálice, onde o pilar foi posicionado dentro de um orifício no bloco de fundação, em seguida foi escorado através de cunhas e posteriormente realizou-se o grauteamento do cálice para atingir a rigidez necessária do pilar. Para o posicionamento destes pilares foi utilizado um guindaste. As escoras com cunhas e o posicionamento dos pilares através da utilização de guindaste.

Para a ligação entre vigas e pilares foi utilizado apoio simples por meio de almofada de elastômero (Neopreme) sobre consolo de concreto, com chumbador vertical no consolo para o travamento axial da viga. Para o posicionamento das vigas, também se utilizou guindaste.

5.3.3. Fachadas

Para a realização da vedação vertical foram utilizados dois tipos de painéis de fachadas. O painel horizontal pré-moldado de concreto, apoiado sobre consolos de concreto situados nos pilares e o painel vertical do tipo Π , apoiado na viga baldrame e fixado superiormente à viga de travamento da estrutura. Como se trata de um galpão com quatro fachadas, as faces opostas receberam o mesmo tipo de fachada, ou seja, cada tipo de painel, horizontal ou vertical, foi posicionado em fachadas opostas.

O primeiro painel a ser posicionado foi o painel vertical do tipo Π , onde serão localizados os caixilhos do galpão, que tinham dimensões de 1,25 x 0,90 m. Este painel é apoiado sobre a viga baldrame e contraventado na viga por meio de parafusos. Para seu posicionamento utilizou-se um guindaste.

Em seguida foram posicionados os painéis horizontais que foram apoiados sobre consolos de concreto situados nos pilares. Estes possuem furos para a passagem de barra de aço que também foi introduzida no furo do painel para em seguida realizar-se um grauteamento da região. Para a execução de ligações de contraventamento foram utilizados *para-bolts* chumbados pós-moldagem no pilares e inseridos em furos utilizando-se furadeira. Para seu posicionamento também foi utilizado guindaste.

5.3.4. Cobertura

Para a realização da cobertura utilizou-se telha pré-fabricada de concreto do tipo W com 40 cm de altura e 1,25 m de comprimento. As telhas foram apoiadas sobre as vigas e posteriormente foram ligadas entre si através de soldagem em pontos específicos, para finalmente receberem um rufamento metálico. Para o posicionamento das telhas foi utilizado guindaste.

Observou-se que o processo de montagem é bastante simples, mas que as interfaces entre as diferentes peças deve ser criteriosamente estudada. A mão-de-obra utilizada na montagem é especializada, mas apresenta ainda um grau de dificuldade para entender as representações gráficas, principalmente das ligações dos painéis horizontais. O equipamento deve ser corretamente escolhido para evitar problemas de super-dimensionamento ou ociosidade no canteiro de obras.

Os problemas encontrados, dizem respeito mais aos desvios na programação das entregas e montagens. Verifica-se a grande necessidade de que as empresas envolvidas possam compartilhar informações, metas de planejamento e ter um controle eficiente da produção.

6. CONCLUSÃO

Conforme mencionado, o pré-fabricado de concreto não se trata de um sistema construtivo novo, mas que continua a sofrer inúmeras inovações e através de pesquisas, tanto acadêmicas, quanto de empresas privadas, desenvolve-se a passos largos. Tal desenvolvimento pode ser notado a partir de uma análise do início de sua utilização no período pós-guerra, através da pré-fabricação de ciclo fechado, com edifícios uniformes, monótonos e com nenhuma flexibilidade, passando pelo ciclo de aberto de pré-fabricação. Neste ciclo, os edifícios possuem certa flexibilidade e passam a ser constituídos por elementos de diferentes fabricantes. Finalmente, observa-se nos dias atuais, o surgimento de diversas novas tecnologias e a criação de sistemas flexibilizados de pré-fabricação que possui alto grau de especificação e que podem ser combinados com outros sistemas construtivos.

Portanto, os pré-fabricados de concreto tornaram-se fundamentais na construção civil por serem econômicos, já que não há desperdícios na sua execução e montagem. Para se agregar a vantagem da velocidade na construção do edifício, ressalta-se que o processo deve ser cuidadosamente planejado e os intervenientes devidamente identificados. A construção do edifício não está baseada simplesmente na montagem dos elementos e na concepção da arquitetura diversificada, mas em uma série de fatores econômicos, logísticos, organizacionais e culturais.

É importante cada vez mais divulgar a potencialidade do uso atual dos pré-fabricados de concreto armado. Eles fornecem diversas oportunidades arquitetônicas e inúmeras outras

vantagens, que fazem dos pré-fabricados um sistema construtivo extremamente competitivo e muito utilizado no exterior.

6. Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1985). **NBR-9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré -moldado**. Rio de Janeiro. ABNT. 1985.
- Associados, 1974.
- BALESTRIN, A.; VARGAS, L. M.; FAYARD, P. **Contexto favorável à criação de conhecimento organizacional: o caso de uma rede de PMEs no sul do Brasil**. 2003. Disponível em: <<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/CLAD/clad0047519.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2004.
- BRUNA, P. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP/Perspectiva, 1976. Coleção Debates, número 135.
- CAMPOS, P. E. **Sem restrições tecnológicas, os pré-fabricados precisam romper obstáculos culturais**. Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/comunidade/calandra.nsf/0/76BF5FD9BFDC1B0F03256CF700454254?OpenDocument&pub=T&proj=ABCIC&secao=ArtTecnicos>>. Acesso em: 12 Abr. 2004.
- CASAROTTO, R.; CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B.H. **Redes de pequenas empresas na cadeia da construção civil**. In: VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, VIII SIMPEP, UNESP, Bauru, 2000. 10p. Disponível em: <<http://www.simpep.feb.unesp.br/antiores.html>>. Acesso em: 20 de julho de 2004.
- CASAROTTO, R.M. **Redes de empresas na indústria da construção civil: definição de funções e atividades de cooperação**. 2002. 222f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- ELLIOT, R. S. **Precast frame concepts, economics and architectural requirements**. In: FERREIRA, M.A. (2003). **A importância dos sistemas flexibilizados**, 2003. 8p. (Apostila UFSCar).
- KONCZ, T. **Construcción Industrializada**. Madrid, Hermann Blume. 1977.
- MILMAN, B. **Pré-fabricação de edifícios**. 1.ed. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1971. 308p.
- ORDONÉZ, J. A. F. **Pre -fabricacion – teoría y práctica**. v.1. Barcelona: Editores Técnicos
- REVEL, M. **La prefabricacion em la construccion**. 1.ed. Bilbao: Urmo, 1973. 457p.
- ROSSETTI, A.M. **Formação e gerência de redes de empresas produtivas: identificação de competências essenciais**. 2004. 53f. Exemplar de exame de qualificação. (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- SERRA, S.M.B. **Diretrizes para gestão dos subempreiteiros**. 2001. 360f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil - pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.
- Workshop on Design & Construction of Precast Concrete Structures. Construction Industry Training Institute. Singapore. 2002.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo apoio à pesquisa.