

Cristina Guimarães Cesar é engenheira civil (2001) pela Universidade de Passo Fundo (RS) e doutoranda em Construção Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. É integrante desde 2002, do Grupo de Desenvolvimento de Sistemas em Alvenaria Estrutural (GDA) do Núcleo de Pesquisas em Construção da UFSC. Em 2004, executou juntamente com outros pesquisadores um Protótipo em Painéis Pré-fabricados com Blocos Cerâmicos.

E-mail: cristinagcesar@gmail.com

Humberto Ramos Roman é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutor (1990) pela University of Sheffield, Inglaterra. Membro da British Masonry Society desde 1993, do International Council for Building Research Studies desde 1997 e da American Society of Civil Engineering desde 2005. É professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina desde 1992. Atua nas áreas de alvenaria estrutural e processos construtivos.

E-mail: humberto@ecv.ufsc.br

5.

Desenvolvimento de um processo construtivo racionalizado: painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos

Cristina Guimarães César e Humberto Ramos Roman

Resumo

Na busca pela racionalização e industrialização, a construção civil vem procurando incorporar os conceitos de qualidade, já utilizados por setores da indústria da transformação, tal como a “inovação tecnológica”, a fim de atingir melhores níveis de desempenho em seu processo produtivo. Uma das alternativas para a evolução tecnológica baseia-se nos métodos de pré-fabricação de painéis. Observa-se que no mercado da construção civil algumas empresas já utilizam painéis pré-fabricados, sendo estes predominantemente de concreto e utilizados como elementos de vedação. Existe um vasto campo de pesquisa para investigação da fabricação e utilização de painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos. Este trabalho relata a experiência realizada por pesquisadores do GDA/LABSISCO/UFSC na elaboração de um novo processo construtivo constituído por painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos, com o objetivo de incrementar os índices de racionalização e industrialização dos proces-

sostrutivos, fatores que, sendo atingidos, possibilitarão a diminuição dos custos e tempos de construção.

1 Introdução

O projeto aqui tratado relata a experiência que vem sendo desenvolvida desde o ano de 2001 por pesquisadores do Grupo de Desenvolvimento de Sistemas em Alvenaria (GDA) e do Laboratório de Sistemas Construtivos (LABSISCO) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em parceria com consultores nacionais e internacionais, estes da Universidade de Teeside (Inglaterra), que trabalham na elaboração de um processo construtivo constituído por painéis pré-fabricados estruturais de elementos cerâmicos, com o objetivo de incrementar os índices de racionalização e industrialização do processo construtivo em alvenaria cerâmica, fatores que, sendo atingidos, possibilitarão também a diminuição dos custos e dos tempos de construção.

Passando por caminhos já percorridos por algumas experiências anteriores, entre estas as de Eladio Dieste e de Joan Villá, este projeto procura também avançar um pouco mais no sentido da industrialização do processo, aumentando tanto as possibilidades construtivas quanto as possibilidades espaciais dos painéis pré-fabricados estruturais com blocos cerâmicos.

Objetiva-se desenvolver um produto que apresente uniformidade tecnológica e produtiva, “atendendo às exigências de diversos níveis de estratificação social, ficando garantida a todos estes uma resposta satisfatória quanto às exigências qualitativas ambientais e construtivas” (LUCINI, 1996).

O processo originou a construção de um protótipo (que já está em fase de acabamento), que servirá como anexo do Laboratório de Materiais da Construção Civil (LMCC/ECV/UFSC) (Figura 1). Os detalhes do processo desenvolvido são descritos a seguir.

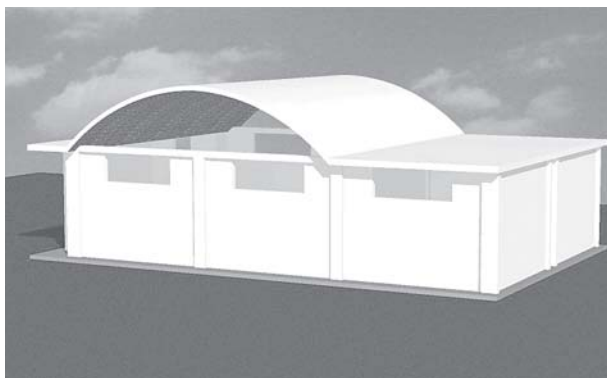


Figura 1 - Maquete do protótipo (BARTH; CARDOSO, 2003)

2 Objetivos do projeto

O objetivo geral deste projeto é oferecer ao mercado soluções construtivas otimizadas na forma de painéis cerâmicos pré-moldados, a partir da fábrica e/ou montados nos canteiros de obra, com a finalidade de contribuir para a melhoria da qualidade, redução dos desperdícios e custos, e aumento de produtividade e competitividade, tanto para o setor cerâmico quanto para o da construção.

Já os objetivos específicos do projeto são:

- a) conhecimento do estado da arte internacional;
- b) estabelecimento da cadeia de integração entre os fornecedores;
- c) projeto de componentes cerâmicos e de argamassas e desenvolvimento dos painéis pré-moldados;
- d) desenvolvimento do processo de construção;
- e) elaboração de manuais de projeto e execução;
- f) estudos sobre o desempenho estrutural dos painéis através de programas experimentais; e
- g) desenvolvimento de metodologia e estratégia de certificação dos produtos.

3 Vantagens da pré-fabricação de painéis cerâmicos

Os processos de construção em painéis pré-moldados de cerâmica têm sido utilizados cada vez mais em países como Inglaterra, Estados Unidos da América, Alemanha e outros. O uso desse método de construção visa, ao mesmo tempo, conservar as vantagens funcionais e estéticas das construções em alvenaria e eliminar os problemas mais sérios deste processo, ou seja, perdas de tempos devido à chuva, dificuldade de implementação de métodos de estocagem de materiais e de controle de qualidade de construção confiáveis e diminuição do número de assentadores qualificados.

Os processos de alvenaria pré-moldada podem ser divididos em duas categorias: processo total de pré-moldagem e processo de pré-fabricação parcial. Este último pode variar da fabricação de itens simples até a de paredes de vedação combinando partes pré-moldadas e o processo convencional. Os métodos de alvenaria pré-moldada podem ser classificados em alvenaria convencional produzida fora do canteiro, alvenaria protendida, alvenaria simplesmente armada, sistemas de construção de alvenaria automatizado, sistemas de painéis de alvenarias de fachada para estruturas de concreto armado e painéis sanduíches para paredes internas de estruturas de concreto armado.

O uso de alvenaria convencional produzida fora do canteiro tem sido proposto e realizado nos casos em que o fator tempo é prioritário. Vários exemplos podem ser observados em que pilares foram construídos e, após cura, transferidos para a obra. Este procedimento tem influência no projeto da habitação. Nos casos registrados, permitiu a redução de custos e a manutenção do cronograma físico dentro dos prazos estipulados. Nestes casos, para o alcance dos objetivos, foram considerados importantes o planejamento inicial e o envolvimento dos projetistas e construtores desde o início do projeto. As técnicas de pré-fabricação mostram a necessidade de um local seco e de equipamentos adequados para o transporte das peças.

Na obra, a movimentação pode ser feita com guindastes móveis.

Entre as razões apontadas como vantagens de uso de painéis armados e protendidos pré-fabricados são citadas como principais: possibilidade dos arquitetos projetarem detalhes com custos reduzidos; transferência das cargas pode ser diretamente para os pilares em vez de a transmissão ocorrer pelas vigas; redução substancial no tempo de construção; redução dos custos preliminares; e menor congestionamento de pessoal no canteiro de obras.

Os procedimentos de industrialização da alvenaria exigem que os produtos (unidades) sejam adequados aos processos e projetos e que o controle de qualidade seja relacionado ao tempo e custo. Além disso, a pré-fabricação pode também absorver os aspectos positivos da teoria de construção enxuta (*lean construction*) e a dinâmica moderna de padronização, diminuindo os custos do processo e melhorando a certeza de qualidade do produto.

Esse processo depende também da organização da cadeia de fornecedores. Esta, quando bem organizada, é importante para a redução de tempo e custo da produção. Da mesma forma, as perdas dos processos, devidas a atividades que não agregam valor a eles, podem ser removidas sem prejuízos da qualidade do acabamento e do valor da construção.

O contínuo melhoramento do processo ocasiona melhorias de desempenho, qualidade dos acabamentos e valor do processo (ROMAN, 2000).

Assim, de acordo com a bibliografia e os usuários dos processos de pré-fabricação com materiais cerâmicos, os benefícios potenciais do processo são:

- a) menor custo de construção, tanto para painéis estruturais quanto para painéis de vedação de estruturas de concreto;
- b) antecipação da construção, ocupação e vendas, o que são benefícios financeiros;

- c) remoção da alvenaria do caminho crítico e produção de detalhes mais complicados sem restrições devidas à condição do canteiro;
- d) aumento do controle de qualidade associado à maior velocidade de construção e produção efetiva de elementos simultaneamente;
- e) possibilidade de construção sem restrições climáticas;
- f) redução do custo de aluguel de andaimes e aceleração das tarefas seguintes;
- g) melhor entendimento dos riscos de projetos e desperdícios associados a estes, com conseqüente redução do custo deles;
- h) diminuição de custo e de desperdício pela replicação e transparência do processo;
- i) soluções com melhor construtibilidade antes do início da produção devido à interação dos projetistas;
- j) envolvimento de fornecedores, que pode melhorar o fluxo de entregas e levar à redução de custos dos insumos;
- k) possibilidade de introdução do processo *just in time* no suprimento aos clientes;
- l) maior efetividade na monitoração do produto com eliminação de desperdício;
- m) possibilidade de uso de sistemas de fixação padronizados para os painéis de alvenaria;
- n) possibilidade de colocação de painéis com os acabamentos todos prontos; e
- o) possibilidade de criar mão-de-obra multitreinada, capaz de realizar todas as etapas do processo.

Estas vantagens parecem suficientes para justificar a opção pela industrialização, através da pré-fabricação, dos processos em alvenaria. Este

passo permitirá, ao mesmo tempo em que se atende à preferência dos usuários pelas habitações em alvenaria cerâmica, incorporar ao processo maior velocidade, controle de qualidade mais efetivo e redução de custo que o processo permite. A necessidade de uso de elementos padronizados levará, necessariamente, ao aperfeiçoamento da cadeia produtiva, desde o produtor do material cerâmico, passando pelo fornecedor de argamassa e atingindo os fornecedores de fixadores, acabamentos, etc.

O setor cerâmico nacional poderá beneficiar-se com a possibilidade de oferta de um processo competitivo.

E, finalmente, o Brasil será inserido dentro de uma tendência mundial de diminuição dos trabalhos em canteiro como alternativa para diminuição de desperdícios e custos combinados com aumento de produtividade e qualidade final da habitação.

4 O processo construtivo

4.1 Descrição do protótipo

O protótipo servirá como anexo do Laboratório de Materiais da Construção Civil (LMCC/ECV/UFSC), sendo nele simuladas algumas das possibilidades construtivas e espaciais que se pretende utilizar futuramente em projetos habitacionais.

O partido arquitetônico do anexo procura contemplar o programa de necessidades estabelecido, testando todas as possibilidades que se pretende usar posteriormente em empreendimentos habitacionais. O projeto possui uma volumetria simplificada, constituída por um espaço retangular coberto com superfícies planas e curvas que foram divididas em módulos, os quais são constituídos por tipos de painel (A, B, C, etc.).

As dimensões adotadas para os painéis foram em função do progra-

ma de necessidades estabelecido para a composição do anexo do LMCC. Posteriormente, para um contexto habitacional, as medidas dos painéis deverão ser redimensionadas.

Para o projeto da coordenação modular tomou-se como referência o painel de parede, onde a modulação básica adotada é função das características de fabricação dos painéis. A variação da largura dos painéis respeita certa racionalidade, de modo a adequar-se às dimensões do projeto arquitetônico. A largura de cada painel representa a soma das medidas dos blocos, das juntas de argamassa polimérica, e os 5 cm do perímetro de contorno do painel composto de argamassa armada. A junta a ser utilizada para união dos painéis é de 1 cm, definindo a coordenação modular das medidas como múltiplos de 5 (Figura 2).

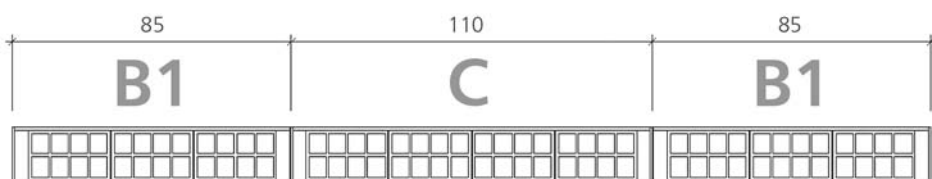


Figura 2 - Detalhe da modulação horizontal (BARTH; CARDOSO, 2003)

Após o desenvolvimento da coordenação modular, procurou-se fazer a distribuição equilibrada das paredes resistentes por toda a área da planta, evitando a concentração dos carregamentos em determinadas regiões do edifício. Procurou-se também contemplar uma boa rigidez às cargas horizontais, dispondo as paredes estruturais de forma a se obter a estabilidade do edifício em todas as direções.

Todos os painéis (exceto os que contêm as aberturas) foram designados para funcionar estruturalmente. Os painéis D, A e E funcionam como enrijecedores e desenham linhas verticais acentuadas nas fachadas, como mostra a Figura 3.

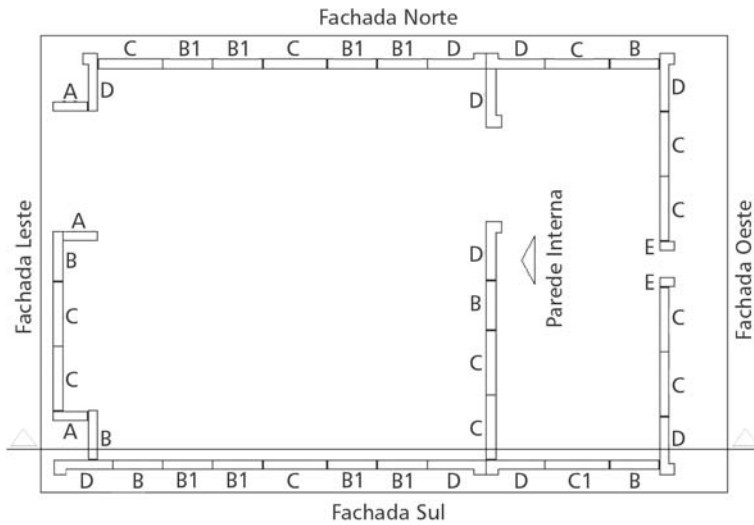


Figura 3 - Planta do protótipo (BARTH; CARDOSO, 2003)

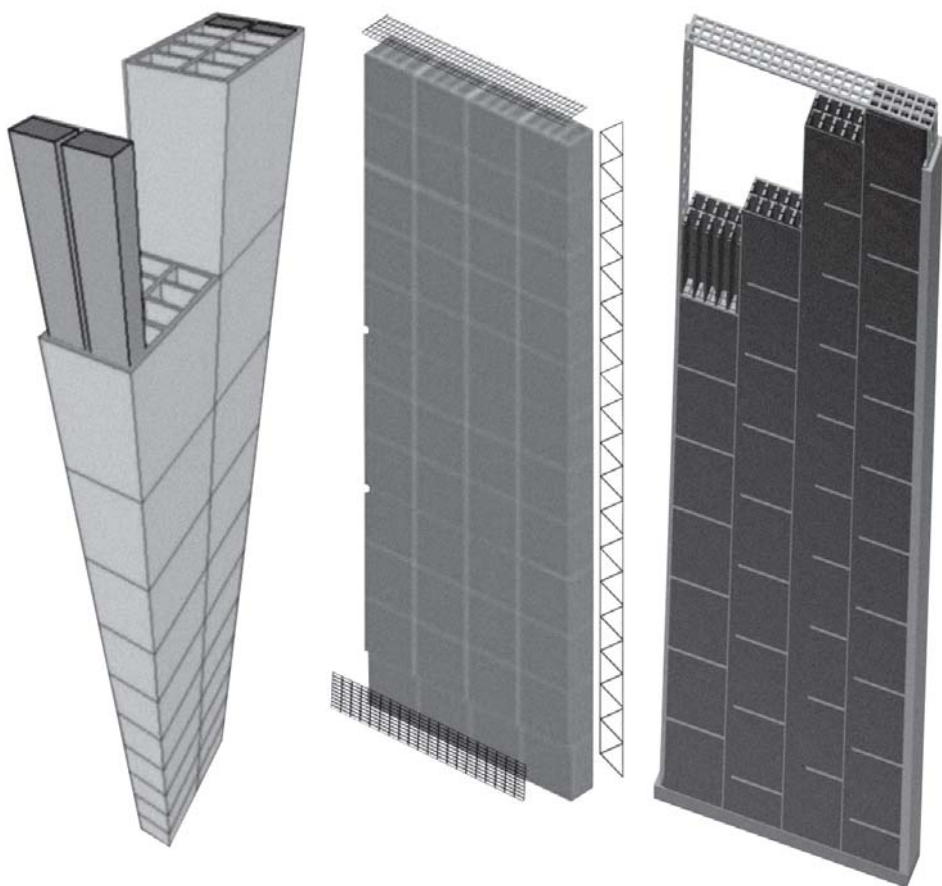
4.2 Descrição do processo construtivo proposto

O processo consiste basicamente na pré-fabricação de painéis estruturais de parede e de cobertura, constituídos por blocos cerâmicos vazados, argamassa armada, argamassa polimérica, argamassa de revestimento e elementos de fixação. Foram concebidos para atenderem, além da função estrutural, a função de vedação e de isolamento termo-acústico.

É importante ressaltar que o desenvolvimento do trabalho tem como preocupação maior a definição do processo, e não a definição dos materiais a serem utilizados. Uma vez testadas e aprovadas as possibilidades do processo, os materiais e modulações a serem estabelecidos ficarão a cargo do projetista, podendo este trabalhar com os materiais mais adequados às condições regionais do local do empreendimento.

No processo de escolha dos blocos a serem utilizados, elegeram-se algumas características essenciais que estes deveriam possuir, tais como desempenho térmico aceitável e geometria simples para fácil encaixe e manuseio.

O processo passou por várias fases de desenvolvimento das tipologias construtivas, as quais foram sendo testadas até se obter a tipologia construtiva final, sendo este processo evolutivo ilustrado abaixo (Figura 4).



A tipologia construtiva final do painel foi resultado da busca por maior produtividade e economia do processo, traduzida nas grandes dimensões adotadas para este. Tais dimensões determinaram o *layout* estrutural perimetral, que tem como função principal melhorar o quadro de enrijecimento do painel, visando aumentar a sua capacidade portante e permitir que possa ser utilizado em construções de dois ou mais pavimentos.

De acordo, então, com os pré-requisitos estruturais e de desempenho, as tipologias construtivas dos painéis adquiriram as configurações apresentadas na Figura 5.

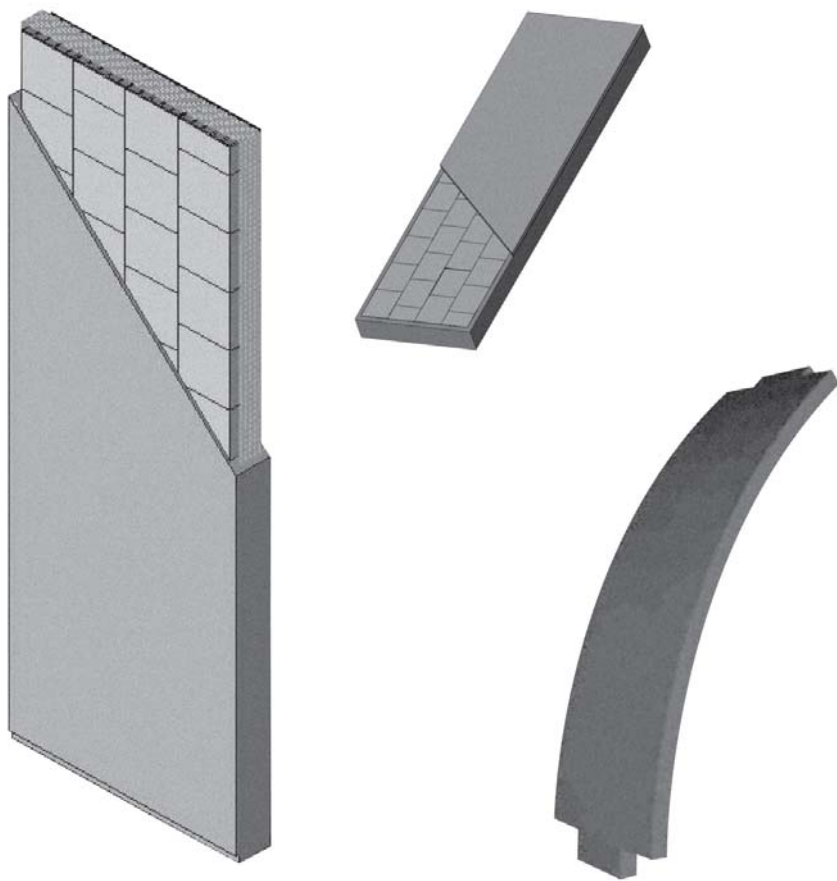


Figura 5 - Painéis de parede, de cobertura plana e cobertura curva

As variações das tipologias construtivas dos painéis são determinadas pela variação da largura e da altura, de acordo com a quantidade de elementos que são dispostos horizontal e verticalmente, em função das dimensões altimétricas e planimétricas estabelecidas para o projeto. Para os painéis de cobertura, além das variações dimensionais, foram estabelecidas também variações estruturais, objetivando-se testar conexões diferencia-

das. A variação da tipologia construtiva dos painéis também se deu quanto aos acabamentos (BARTH, 2004).

4.3 Organização do canteiro e fundação

Para a verificação da construtibilidade e avaliação dos custos do processo desenvolvido, foi construído um protótipo que servirá como anexo do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da UFSC. O canteiro foi organizado com as características de uma linha de montagem, dispondo de betoneira e pórtico móvel, com talha manual, além de mesa metálica, gabaritos e formas em madeira destinados à fabricação dos painéis. Foi preparado um local para a estocagem de materiais e dos componentes produzidos. A Figura 6, a seguir, mostra um desenho esquemático do canteiro de produção dos painéis.

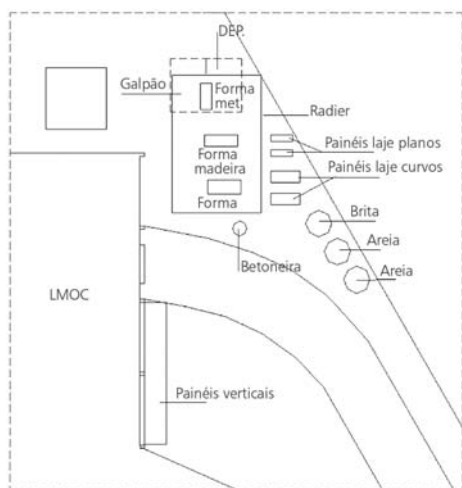


Figura 6 – Layout de organização do canteiro e execução da laje radier

Como fundação foi utilizado um *radier*. Esta solução foi considerada a melhor, pois o protótipo assenta-se sobre aterro compactado, e este tipo de fundação facilita a montagem dos painéis. Outro fator importante que influenciou na escolha foi a necessidade de superfícies rígidas que facilitassem o

transporte horizontal e permitissem a produção e estocagem de componentes no próprio canteiro, o que resolveu a questão de falta de espaço.

4.4 Produção dos painéis

A produção dos painéis é realizada mediante a utilização de mesas ergonomicamente projetadas para facilitar o trabalho dos operários, conferindo assim maior produtividade ao processo. Dentro do caráter experimental do trabalho, testaram-se diversos tipos de mesas. Para os painéis planos foram experimentadas a mesa metálica basculante e a mesa fixa de madeira. A mesa metálica obteve melhor resultado, pois a madeira absorve água do microconcreto, o que prejudica o desempenho deste, e com o tempo de uso e umidade a madeira sofre deformações, as quais não podem ser transmitidas para o painel.

Para a moldagem dos painéis são utilizadas formas de madeira, fixadas sobre a mesa com auxílio de equipamentos de fixação (sargentos). Procede-se, então, à aplicação de óleo desmoldante nas superfícies da mesa e da forma. Ao mesmo tempo em que ocorrem estes procedimentos, é montada, com auxílio de um gabarito de madeira, a armadura perimetral, composta de tela soldada, barra de aço de 5 mm e *inserts* e *parabolts* metálicos. A armadura teve sua definição para ser no contorno, devido à necessidade construtiva que os painéis possuíssem para o içamento. A armadura e o microconcreto dão uma estabilidade ao painel e um confinamento, não o prejudicando durante o transporte.

Inicia-se, então, o processo de colocação dos blocos, unidos por uma fina camada de argamassa polimérica. A opção por este tipo de argamassa se deve à necessidade de rápida secagem e de alta aderência da junta. Os blocos das extremidades inferiores e superiores são capeados para evitar a penetração de argamassa em seus septos. Durante a colocação dos blocos, resguarda-se com o auxílio de espaçadores o espaço do reforço perimetral.

Coloca-se, então, a armadura perimetral, que traz com ela os inserts e *parabolts* metálicos acoplados, os quais servem para fixação dos ganchos de içamento, e posteriormente para amarração da tela perfurada, que servirá de elemento de ligação entre painéis. Após a colocação desta armadura, inicia-se o preenchimento do espaço perimetral com microconcreto, composto de agregados miúdos (areia média), cimento de alta resistência inicial (ARI) e aditivos, para que a desmoldagem possa se efetivar dentro de 18 horas.

A etapa final de fabricação do painel é a aplicação da camada de argamassa de revestimento, observando-se grande produtividade desta atividade no sentido horizontal.

Após a cura de 18 horas, iniciam-se os procedimentos de içamento do painel. Primeiramente, colocam-se ganchos nos *parabolts* metálicos. Nestes passarão as cordas que erguerão o painel com o auxílio de uma talha manual. Os painéis são transportados para as áreas de depósito com o auxílio de uma empilhadeira e armazenados junto ao local onde será feita a montagem. A seguir, na Figura 7, são demonstradas todas as etapas do processo construtivo dos painéis.

Etapas das moldagens dos painéis



I - Aplicação de desmoldante



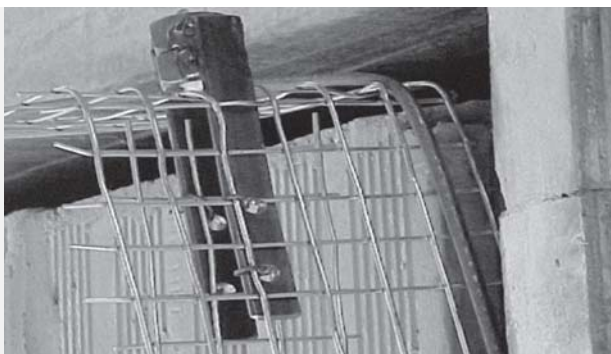
2 - Colocação dos blocos



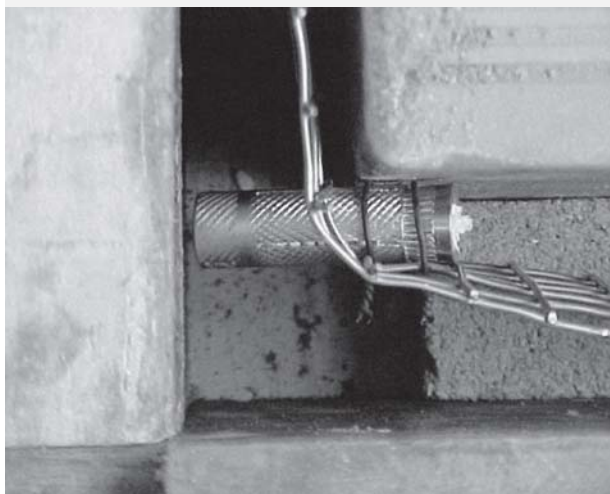
3- Aplicação da argamassa polimérica



4 - Equipamento de fixação da forma



5 e 6 - Detalhes dos elementos construtivos, armadura, inserts e parabolts



7 - Paineis chapiscado



8 - Argamassa armada



9 - Sarrafeamento

Procedimentos de desmoldagem e transporte



10 - Painel desempenado



11 - Desforma



12 e 13 - Ganchos e cordas utilizados no içamento





14 - Painel sendo içado



15 e 16 - Posicionamento e armazenamento final

Figura 7 – Seqüência de moldagem e desmoldagem dos painéis

4.5 Montagem do protótipo

A montagem ocorreu logo após o término da moldagem de todos os painéis, tendo o acompanhamento de todas as etapas possibilitado a averiguação da versatilidade do processo, em que foram verificados os pontos positivos do processo e quais necessitam de maior aperfeiçoamento.

Em um estudo feito sobre a logística da montagem (Figura 8), todas as dimensões dos painéis foram verificadas, e cada painel recebeu uma numeração com seqüência lógica, fator este que contribuiu para que o tempo de montagem fosse bem aproveitado e maximizado.

O local onde seriam posicionados os painéis recebeu anteriormente à sua colocação uma camada de regularização, já nivelada de acordo com todos os pontos da laje. Esta também recebeu uma camada de impermeabilização, seguida de uma pintura para demarcação de todos os pontos de locação de cada painel.

Toda a fase de montagem teve o auxílio de um caminhão munk, terceirizado, fator que tornou o tempo uma variável importantíssima no quesito financeiro da montagem. Com o “piso” pronto e as tubulações devidamente instaladas, os primeiros painéis foram içados e colocados. Para o travamento dos painéis, escoras metálicas foram posicionadas na parte central do painel; na parte inferior a fixação se deu pela laje, deixando-os no prumo.

Após a colocação dos painéis verticais foram afixadas chapas perfuradas galvanizadas na parte superior deles, com largura de aproximadamente 10 cm. Em seguida à sua colocação, foi executada uma camada de regularização para facilitar o posicionamento dos painéis-laje em superfície já nivelada, efetuando assim a ligação e o travamento entre os componentes verticais, fator necessário à estabilidade necessária e idealizada para o desempenho estrutural da edificação.

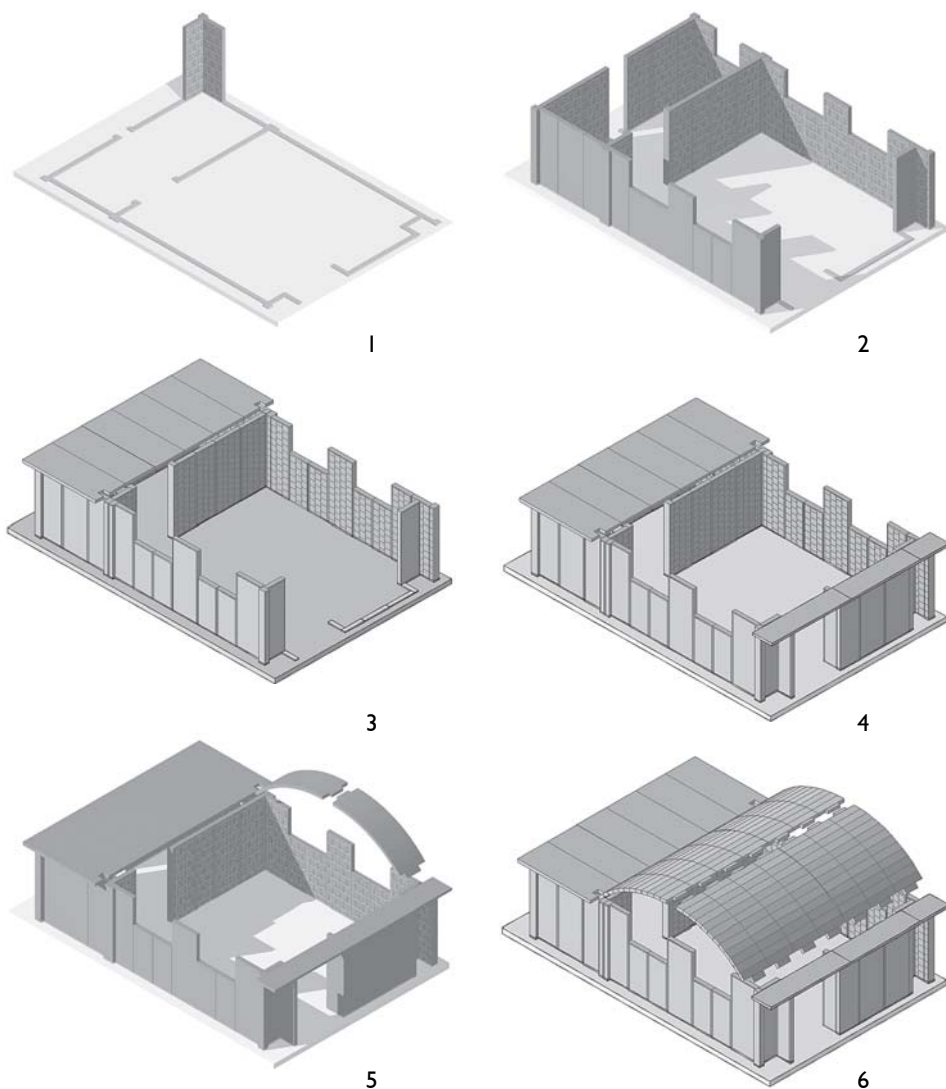


Figura 8 - Seqüências da montagem (BARTH; CARDOSO, 2003)

Terminada a colocação dos painéis verticais, começou-se a colocação dos painéis de cobertura, que formam a laje do protótipo. Esta é formada por dois tipos de painéis: os painéis curvos e os painéis planos. Os painéis de cobertura planos são simplesmente apoiados sobre os painéis verticais, sendo os primeiros a serem apoiados. Após foram executadas formas em madeira, feitas com a finalidade de auxiliar na concretagem de ligação e

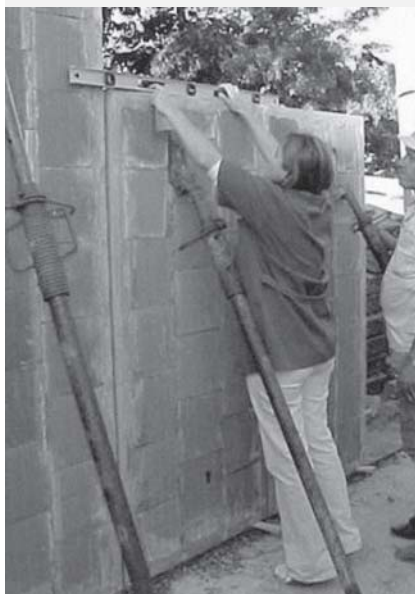
consolidação entre os painéis curvos e planos, além de servir como auxílio ao travamento dos painéis curvos para evitar seu escorregamento.

Para a colocação dos primeiros painéis curvos da laje foram necessários andaimes e vigas metálicas, que serviram para distribuição do peso deles. A principal finalidade deste andaime e escoras foi com relação à segurança ao tombamento, pois a montagem teve o início apenas por um lado, sendo, portanto, necessário um travamento em função do giro exercido, devido ao peso elevado deles.

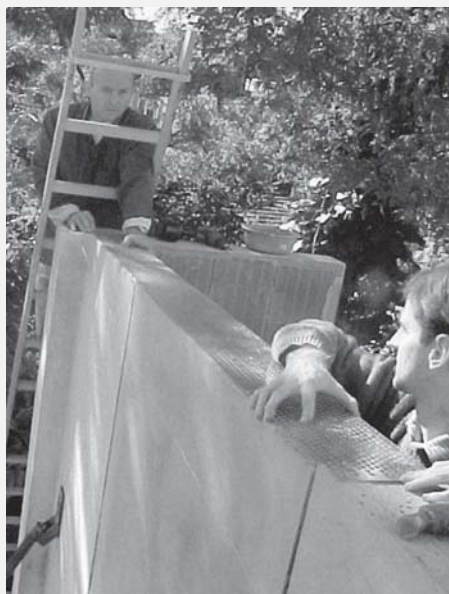
Antes de ser iniciada a concretagem, foi posicionado o tirante, que tem como principal objetivo resistir aos esforços de tração provocados pelos painéis curvos.

A Figura 9, a seguir, demonstra toda a seqüência de montagem do protótipo.

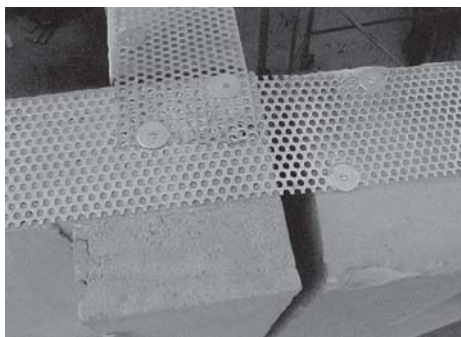
Etapas de montagem do protótipo



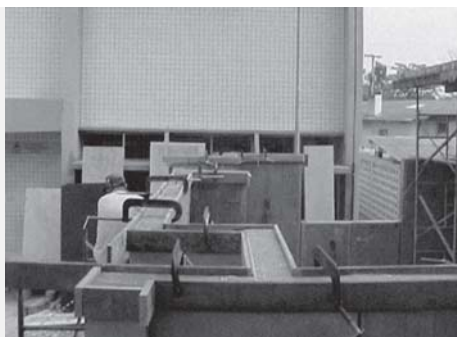
1 Painel sendo içado



2 Aplicação da argamassa de assentamento



3 Ligação das escoras metálicas



4 Nivelamento do painel



5 Colocação da chapa perfurada galvanizada



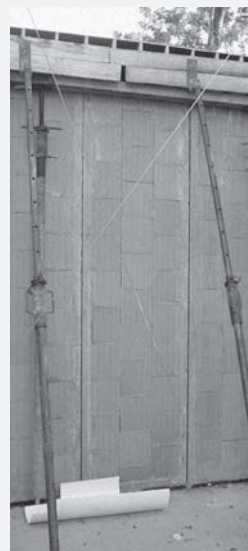
6 Ligação entre os painéis verticais



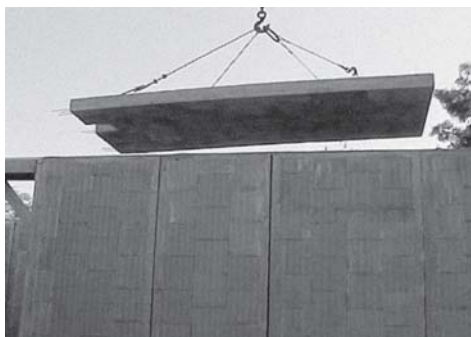
7 Formas para a camada de regularização



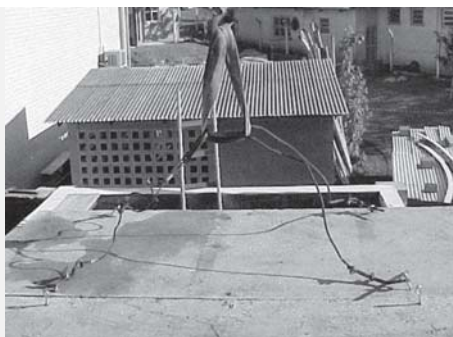
8 Colocação da argamassa de nivelamento



9 Sarrafeamento



10 Base desempenada



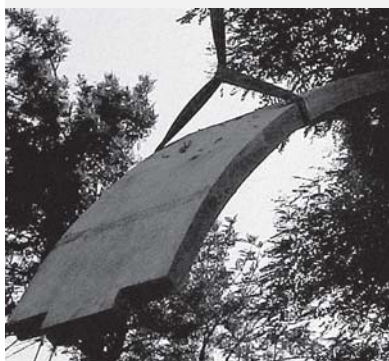
11 Formas em madeira para a cobertura curva



12 Içamento e colocação dos painéis-laje



13 Andaime para travamento



14 Painéis-laje posicionados



15 Tirante



16 Painel-laje sendo içado e posicionado



17 Fechamento do arco



18 Protótipo em sua fase final sem acabamentos



19 Protótipo final

Figura 9 - Seqüências de montagem do protótipo

5 Considerações finais

140

A implantação deste processo fortalecerá não só a construção civil como também a indústria cerâmica, que poderá inserir no mercado novos componentes, desenvolvidos com geometria e formas simplificadas para uso específico no processo. O benefício obtido por estes setores certamente resultará no aumento da oferta de empregos no setor da construção, assim como induzirá à melhoria da qualidade da mão-de-obra, na medida em que os fundamentos do processo proposto são a racionalização e a industrialização da construção.

Pelas razões acima citadas, acredita-se que o processo construtivo em painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos poderá representar uma contribuição para a solução da carência habitacional brasileira para a população de baixa renda. Por demonstrar um grande potencial de racionalização e industrialização, esse processo configura-se realmente numa solução de grande valia para enfrentar o déficit habitacional brasileiro, configurando-se também como uma solução tecnológica uniforme e produtiva, que apresenta bons índices de produtividade e qualidade para diversos níveis de estratificação social, podendo assim atingir bons índices de economia, rapidez e qualidade na construção de habitações.

Referências bibliográficas

BARTH, F.; CARDOSO, A. P. **Desenvolvimento de sistemas construtivos em painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos**: estudo desenvolvido pelos grupos GDA/LABSISCO da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROMAN, H. R. **Pesquisa e desenvolvimento de processos construtivos industrializados em cerâmica estrutural**. Projeto Finep, UFSC, 2000.

LUCINI, H. C. **Requalificação urbana e novos assentamentos de interesse social**. 1996. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Finep, como também às empresas Cerâmica Bosse, Cimentos Itambé, Belgo, Maxton Brasil e MBT, patrocinaram a pesquisa.