

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

César Fabrício Breda

**CONCRETO CELULAR ESPUMOSO MOLDADO NO LOCAL:
IDENTIFICAÇÃO DOS INCENTIVOS E OBSTÁCULOS
ENFRENTADOS PELAS EMPRESAS CONSTRUTORAS PARA
A IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO**

Porto Alegre
junho 2012

CÉSAR FABRÍCIO BREDÁ

**CONCRETO CELULAR ESPUMOSO MOLDADO NO LOCAL:
IDENTIFICAÇÃO DOS INCENTIVOS E OBSTÁCULOS
ENFRENTADOS PELAS EMPRESAS CONSTRUTORAS PARA
A IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Luis Carlos Bonin

Porto Alegre
junho 2012

CÉSAR FABRICIO BREDÁ

**CONCRETO CELULAR ESPUMOSO MOLDADO NO LOCAL:
IDENTIFICAÇÃO DOS INCENTIVOS E OBSTÁCULOS
ENFRENTADOS PELAS EMPRESAS CONSTRUTORAS PARA
A IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 13 de julho de 2012

Prof. Luis Carlos Bonin
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Nei Ricardo Vaske
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Anderson Augusto Muller
Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Darcy e Anália, e a minha irmã Magali que durante toda a minha vida foram um exemplo de honestidade e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho, pela forma com que trabalhou comigo, estando sempre disponível para quando precisasse e me brindando como fonte de conhecimento e sabedoria.

Agradeço a Profa. Carin Maria Schmitt, coordenadora da disciplina, pela dedicação em tornar o hábito de escrever, de forma correta, agradável a todos, fazendo com que seus ensinamentos sejam levados a nossa vida profissional.

Agradeço aos três agentes que participaram do meu questionamento pelo tempo dispendido e paciência em responder aos meus e-mails.

Agradeço ao meu grande amigo Eng^o Civil Ricardo da Steel Engenharia, com quem trabalhei durante anos e que me ensinou muito sobre a técnica, perseverança e relações interpessoais.

Agradeço por fim a minha esposa, Ana Karina Breda, por ter me acompanhado por este período tão importante e por ter sido meu norte e apoio quando mais necessitei.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho versa sobre a identificação dos incentivos e obstáculos que as empresas de construção civil enfrentam para implementar o método construtivo em concreto celular moldado no local. A identificação destes incentivos e obstáculos surge como fruto da análise crítica das opiniões dos especialistas, obtidas por meio de três questionários com agentes da cadeia de produção: Associação Brasileira de Cimento Portland, como incentivador, Caixa Econômica Federal, como agente financeiro e uma construtora brasileira, como executora do método. Como forma de criar um embasamento para a aplicação das entrevistas, apresenta-se o método construtivo em concreto celular moldado no local, desde seu posicionamento como opção para suprir o déficit habitacional brasileiro, os programas governamentais de apoio à compra de moradia, políticas de incentivo à inovação, o processo de aprovação de um método construtivo inovador, as normas de avaliação técnica de desempenho e sua forma de execução de. As perguntas formuladas no questionário aplicado foram extraídas da revisão bibliográfica e posteriormente aplicadas aos agentes da cadeia de modo a permitir uma análise crítica sobre os fatores que levam uma construtora edificar ou não utilizando esta técnica.

Palavras-chave: Concreto Celular Espumoso. Fôrmas. Desempenho. Inovação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagramas das etapas de pesquisa	17
Figura 2 – Motivação do Sinat	25
Figura 3 – Estrutura do Sinat	26
Figura 4 – Fluxo de Publicação de uma Diretriz	27
Figura 5 – Fluxo de Avaliação do Desempenho do Produto	28
Figura 6 – Fluxo de Publicação do Datec	28
Figura 7 – Fluxo de Controle Periódico dos Datec Aprovados	29
Figura 8 – Radier em concreto armado	40
Figura 9 – Misturador para geração de espuma pré-formada	50
Figura 10 – Misturador padrão com bomba incorporada para concreto celular para geração de espuma com as demais matérias primas	50
Figura 11 – Parede de concreto celular armada – vista das fôrmas e armaduras em tela eletrosoldada	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo dos sistemas de fôrmas.....	43
Quadro 2 – Análise técnica para especificação de fôrmas.....	45
Quadro 3 – Análise econômica para especificação de fôrmas.....	45
Quadro 4 – Tópicos abordados – ABCP	54
Quadro 5 – Tópicos abordados – Caixa	56
Quadro 6 – Tópicos abordados – Construtora X	58

LISTA DE SIGLAS

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

MCMV – Minha Casa Minha Vida

Caixa – Caixa Econômica Federal

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Finep – Financiadora de Estudos e Projetos

Sinat – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

OMC – Organização Mundial do Comércio

FAP – formulário de apresentação de propostas

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

Datec – Documento de Avaliação Técnica

ITA – Instituição Técnica de Avaliação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA	15
2.2.1 Objetivo Principal	15
2.2.2 Objetivos Secundários	15
2.3 PREMISSA	16
2.4 DELIMITAÇÕES	16
2.5 LIMITAÇÕES	16
2.6 DELINEAMENTO	16
3 DÉFICIT HABITACIONAL, PROGRAMAS E POLÍTICAS DE INCENTIVO, PROCESSO DE APROVAÇÃO DE UM SISTEMA INOVADOR E NORMAS DE AVALIAÇÃO TÉCNICA DE DESEMPENHO	19
3.1 CLASSIFICAÇÃO DO DÉFICIT	19
3.2 PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO E MINHA CASA MINHA VIDA	20
3.3 POLÍTICAS DE INCENTIVO A INOVAÇÃO	22
3.4 PROCESSO DE APROVAÇÃO DE UM SISTEMA INOVADOR	24
3.5 NORMAS DE AVALIAÇÃO TÉCNICA DE DESEMPENHO	29
3.5.1 A NBR 15.575 – Considerações em Relação ao Desempenho dos Edifícios de até Cinco Pavimentos	30
3.5.2 Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos – Diretriz Sinat n. 001 – Revisão 02	34
3.5.3 NBR 16.055 – Um Avanço para a Abertura do Método Construtivo ao Mercado da Construção	36
4 DESCRIÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO EM CONCRETO CELULAR ESPUMOSO MOLDADO NO LOCAL	38
4.1 ESCOLHA DAS FUNDAÇÕES	38
4.1.1 Radier de Concreto	39
4.1.2 Procedimento de Execução do Radier	40
4.2 FÔRMAS: SISTEMAS E CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO	41
4.2.1 Sistemas de Fôrmas para Paredes de Concreto	42
4.2.2 Critérios para Escolhas de Fôrmas	43
4.3 CONCRETO: DEFINIÇÃO, PROPRIEDADES, EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E PROCEDIMENTOS DE APLICAÇÃO	46

4.3.1 Definição do Concreto Celular Espumoso	46
4.3.2 Propriedades do Concreto Celular Espumoso	47
4.3.3 Equipamentos Utilizados para a Produção de Concreto Celular Espumoso ..	49
4.4 ARMADURAS	51
5 IDENTIFICAÇÃO DOS INCENTIVOS E OBSTÁCULOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO	53
5.1 AGENTE INCENTIVADOR – ABCP	53
5.1.1 Tópicos Abordados no Questionamento ao Agente ABCP	54
5.1.2 Respostas do Questionamento ao Agente ABCP	54
5.2 AGENTE FINANCEIRO – Caixa	55
5.2.1 Tópicos Abordados no Questionamento ao Agente Caixa	56
5.2.2 Respostas do Questionamento ao Agente Caixa	56
5.3 AGENTE CONSTRUTOR – Construtora X	57
5.3.1 Tópicos Abordados no Questionamento ao Agente Construtora X	57
5.3.2 Respostas do Questionamento ao Agente Construtora X	59
5.4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDAS NOS QUESTIONAMENTOS AOS AGENTES	60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICE A.....	69

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a construção civil foi caracterizada pela tolerância ao desperdício, ineficiência e baixa produtividade. Há, indiscutivelmente, a necessidade de redução de custos na execução, entregando para o consumidor final um produto com valor compatível ao que o mercado está disposto a pagar.

Nota-se que outras especialidades de engenharias, anteriormente embasadas apenas em conceitos empíricos e de observação, desenvolveram-se introduzindo tecnologia para a programação, controle e avaliação do bem produzido. Enquanto isso, a Engenharia Civil, na área de edificações, ainda encontra resistência, carecendo de aplicação no canteiro de obras dos estudos desenvolvidos pelas universidades e indústrias. Algumas ações pontuais são visíveis no que tange à tecnologia, mas muito limitado à movimentação de pessoas e materiais, fornecimento de insumos e instalações.

Quando se pensa em tecnologia aplicada no canteiro, logo vem à mente a dificuldade de iniciar-se o processo de mudança, visto que a construção civil absorve uma parcela significativa da mão de obra com baixo grau de instrução disponível no mercado. Diante deste paradigma, as empresas construtoras continuam edificando com métodos antiquados, acumulando prejuízos e sem padronização, muito dependentes da habilidade do operário e do tipo de insumo empregado.

Nos últimos anos, houve incentivos por parte do Governo Federal para aceleração da produção de moradias populares a baixo custo com o objetivo de suprir o déficit habitacional brasileiro. Diante destes incentivos e com a demanda apresentada, as construtoras brasileiras direcionaram seu foco para este segmento de mercado, sendo forçadas a absorverem e desenvolverem novas tecnologias e racionalizarem a construção, de modo que os custos sejam diminuídos e haja lucro na operação. No processo de absorção de tecnologia pelas empresas, é necessária a criação de métodos, processos e aperfeiçoamento dos existentes, para que se possa evoluir tecnologicamente, reduzindo significativamente a interferência da habilidade da mão de obra no produto final.

Assim, visando identificar os incentivos e obstáculos encontrados pelas empresas construtoras para a implementação do método construtivo em concreto celular espumoso moldado no local, este trabalho descreve no seu capítulo 2 as diretrizes de pesquisa, objetivo principal e secundário, bem como, as premissas, delimitações, limitações e delineamento da pesquisa realizada. No capítulo 3 apresenta-se a classificação e caracterização do déficit habitacional, os programas e políticas de incentivo a inovação que estão disponíveis aos construtores, o processo de aprovação de um sistema construtivo inovador e as normas de avaliação técnica de desempenho. O capítulo 4 abrange a descrição do método construtivo utilizado comumente mostrando os critérios de escolha para as fundações, fôrmas, definição e propriedade do concreto celular espumoso e armaduras utilizadas. O capítulo 5 apresenta os tópicos abordados no questionamento aos agentes, a descrição dos incentivos e obstáculos e uma análise sobre o resultado, fruto dos questionamentos efetuados aos agentes participantes da cadeia produtiva. Finalmente, o capítulo 6, apresenta uma análise global sobre o estudo realizado.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais são os incentivos e obstáculos enfrentados pelas empresas construtoras para a implementação do método construtivo em concreto celular espumoso moldado no local para a execução de habitações?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a identificação dos incentivos e obstáculos enfrentados pelas empresas construtoras para a implementação do método construtivo em concreto celular espumoso moldado no local na execução de habitações.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) identificação e descrição de incentivos governamentais disponíveis para a inovação tecnológica na construção;
- b) descrição do método construtivo em concreto celular moldado no local e disponibilidade de insumos, equipamentos e mercado de negócios;
- c) análise crítica das opiniões de especialistas nas áreas de fomento, fiscalização e execução de habitações sobre o método construtivo em concreto celular espumoso moldado no local.

2.3 PREMISSA

A premissa do trabalho é que métodos construtivos inovadores, especificamente o concreto celular espumoso moldado no local, precisam de incentivo como fonte motivadora e é necessário o conhecimento dos riscos de se implementar uma nova tecnologia.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo do método construtivo em concreto celular espumoso moldado no local, especificamente para habitações unifamiliares.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

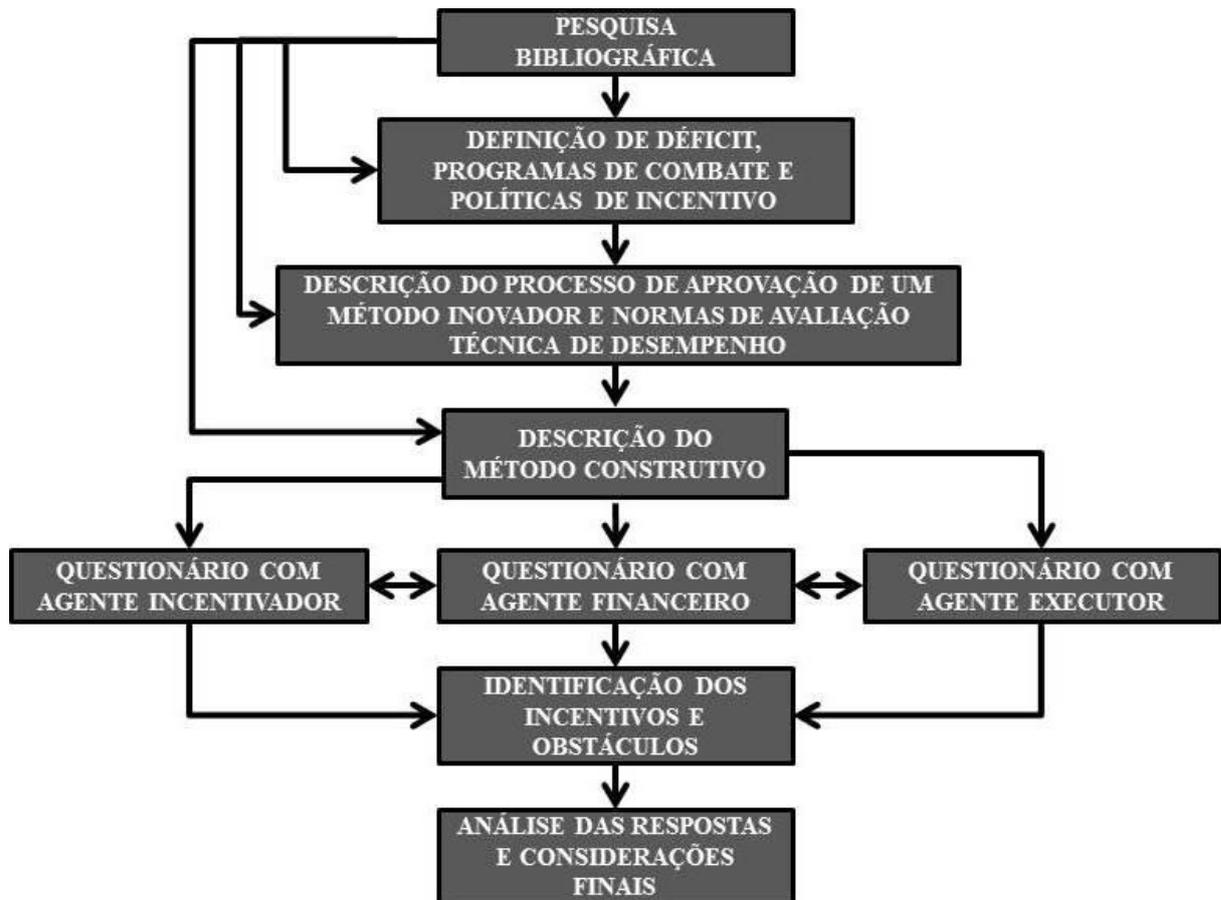
- a) utilização de estudos e modelos desenvolvidos exclusivamente no mercado brasileiro;
- b) realização de entrevista com três agentes do método construtivo em concreto celular espumoso moldado no local: incentivador, financeiro e executor.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado por meio das etapas apresentadas a seguir, representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição de déficit habitacional, programas de combate e políticas de incentivo;
- c) descrição do processo de aprovação de um método inovador e normas de avaliação técnica de desempenho;
- d) descrição do método construtivo;
- e) entrevista com agentes de fomento, financeiro e execução;
- f) identificação dos incentivos e obstáculos pelo confronto dos resultados das entrevistas;
- g) análise das respostas e considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

Na pesquisa bibliográfica, buscaram-se as informações disponíveis na literatura nacional tendo como objetivo a compilação para a elaboração de uma definição do déficit habitacional brasileiro, passando pelo atual programa governamental de combate ao déficit habitacional, as políticas de incentivo à inovação, o processo de aprovação de um sistema construtivo inovador, as normas de avaliação técnica de desempenho e, por fim, a descrição detalhada do método construtivo com concreto celular espumoso. Esta descrição técnica apresenta as etapas que vão desde a fundação, especificação e critério de escolha de fôrmas, características do concreto celular espumoso e armaduras necessárias.

Após a apresentação da pesquisa bibliográfica compreendendo a primeira etapa do trabalho, foram realizados três questionários com os principais agentes da cadeia: incentivador, financiador e executor. O principal motivo das entrevistas, a partir do confronto das suas opiniões, é a possibilidade de identificar os incentivos e obstáculos enfrentados pelas construtoras para a implementação do método construtivo em concreto celular espumoso

moldado no local. Após identificados os incentivos e obstáculos, houveram subsídios suficientes para a análise global sobre o estudo realizado.

3 DÉFICIT HABITACIONAL, PROGRAMAS E POLÍTICAS DE INCENTIVO, PROCESSO DE APROVAÇÃO DE UM SISTEMA INOVADOR E NORMAS DE AVALIAÇÃO TÉCNICA DE DESEMPENHO

Um dos temas mais discutidos no Brasil é o déficit habitacional. Visivelmente, existem divergências nos números apresentados pelas metodologias de cálculo do déficit, o que faz com que se trabalhe em bases de dados diferentes e políticas nem sempre eficientes de erradicação do problema.

O déficit habitacional pode ser definido como citam Azevedo e Araújo (2007, p. 242):

Como déficit habitacional entende-se a noção mais imediata e intuitiva de necessidade de construção de novas moradias para a solução de problemas sociais e específicos de habitação detectados em certo momento.

Por outro lado, o conceito de inadequação de moradias reflete problemas na qualidade de vida dos moradores: não estão relacionados ao dimensionamento do estoque de habitação e sim a especificidades internas do mesmo. Seu dimensionamento visa ao delineamento de políticas complementares à construção de moradias, voltadas para a melhoria dos domicílios existentes.

Para o combate ao déficit, é necessária a implementação de programas e políticas que incentivem a produção de habitações e a geração de renda para a população. Os itens a seguir apresentam uma descrição do cenário brasileiro atual referente à classificação do déficit habitacional, o programa governamental de combate ao déficit, políticas de incentivo a projetos inovadores, o sistema de aprovação de um método construtivo inovador e as normas de avaliação técnica de desempenho.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO DÉFICIT

Fruto da migração acentuada para as grandes cidades devido à industrialização acelerada na década de 1950, o déficit de habitações levou a população urbana a sofrer um inchamento de 70% até o final desta década de 1950, conforme descreve Reis e Lay (2010). Com o objetivo

de classificar o déficit, Prado e Pelin (1993) elaboraram um estudo que afirma que o déficit total é composto por três tipos de déficit habitacional, ou seja, por moradia:

- a) conjunta, que corresponde a uma habitação ocupada por mais de uma família;
- b) precária, composto por moradias improvisadas (como lojas, salas, prédios em construção, etc.) e as casas de taipa não revestidas ou de madeiras aproveitadas, casas cobertas de palha ou sapé e apenas quartos ou cômodos;
- c) deficiente, que corresponde a moradias que não tem acesso à canalização interna de água e rede de esgoto.

Pode-se afirmar, por meio desta classificação, que os itens a e b necessitam soluções quantitativas, onde há um número de unidades habitacionais a construir, devendo este ser suprido por programas governamentais de combate ao déficit habitacional. Em compensação, o item c necessita solução qualitativa, que são as unidades que tem carência de padrão construtivo, situação fundiária e acessos à infraestrutura precários.

Segundo o Ministério das Cidades (BRASIL, 2010), embora exista um declínio no percentual do déficit habitacional, pode-se dizer que o mesmo continua a ser expressivo, pois os percentuais vêm caindo da seguinte forma: de 16,1%, em 2004, para 14,5%, em 2006, e para 10,1%, em 2008, indicando que o crescimento do déficit habitacional em números absolutos se deu num ritmo menor do que o crescimento dos domicílios nos últimos anos. Do déficit apresentado, cerca de 82% está localizado nas áreas urbanas e uma grande parcela da população que não possui recursos financeiros para a aquisição de moradias comercializadas pela iniciativa privada exigindo algum tipo de ação governamental para satisfazer sua necessidade fundamental para um espaço adequado para morar.

Diante destes números, o governo empenhou-se em colocar em prática um programa de incentivo que inclui a melhoria da infraestrutura urbana e a facilitação para a aquisição de moradia por parte desta parcela da população.

3.2 PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO E MINHA CASA MINHA VIDA

Em 2007, foi criado pela então Ministra-Chefe da Casa Civil, Dilma Rousseff, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). O PAC é um programa que foi desenvolvido com o intuito de promover a aceleração do crescimento econômico, aumento de emprego e melhoria

das condições de vida da população brasileira. Este programa consiste em um conjunto de medidas destinadas a incentivar o investimento privado, aumentar o investimento público em infraestrutura e remover os obstáculos ao crescimento.

Segundo Bonduki¹ (2009, p. 44 apud FERREIRA, A. R., 2009, p. 42):

Com avanços e recuos, a política habitacional do governo Lula marcou um ponto de inflexão, revertendo a estagnação do setor vivida desde o fim do Banco Nacional de Habitação (BNH).

A estrutura institucional foi reorganizada, com a criação do Ministério e Conselho das Cidades, o Fundo Nacional de Interesse Social e o Sistema Nacional de Habitação. Os recursos do orçamento da união destinados a habitação, mais que decuplicaram, entre 2003 e 2008 – de 350 milhões para 4 bilhões de reais, exigiu-se dos bancos a aplicação dos recursos da poupança em habitação, que cresceu de 3 bilhões para 30 bilhões de reais em 5 anos e parcela do FGTS foi disponibilizada para subsidiar os mais pobres. Com o PAC criou-se um grande programa de urbanização de assentamentos precários.

Com o lançamento da segunda fase do PAC houve a incorporação de mais ações na área social e urbana, além do incremento de recursos para as áreas de infraestrutura logística e energética. Mesmo com a inclusão destas novas ações propostas, o setor da habitação continua sendo o eixo principal do programa através do PAC Minha Casa, Minha Vida (MCMV). Com o objetivo principal de reduzir o déficit habitacional, o governo prevê em quatro anos investir R\$ 279 bilhões (BRASIL, 2011a).

Com o aporte de capital por parte do Governo Federal, e pelo bom momento vivido pela economia brasileira, as construtoras, que até então estavam voltadas para um mercado de imóveis de alto valor, constataram que era o momento ideal para direcionar suas ações para esta área. Desta forma, buscaram novas alternativas construtivas, investindo em novos processos para a redução do ciclo construtivo, garantindo assim a entrega com prazo reduzido, menor custo e conseqüentemente lucratividade devido as mudanças na forma de edificar.

Conforme Souza (2010):

O programa MCMV vem incentivando o desenvolvimento de novos sistemas construtivos para atender à meta de um milhão de unidades de habitação econômica construídas em várias regiões do Brasil.

¹ BONDUKI, N. G. Como enfrentar o déficit. **Carta Capital**, São Paulo, n. 570, p. 44, 2 set. 2009.

São vários os sistemas propostos: paredes maciças moldadas *in loco* com vários tipos de concreto e fôrmas (alumínio, aço e plástico), [...] com um alto grau de racionalização, integração e facilidade de montagem.

O mesmo autor sugere que em busca dos benefícios da aplicação de novos sistemas construtivos, como por exemplo, redução de prazos e custos, qualidade do produto final, atendimento às normas de desempenho, maior produtividade, qualificação da mão de obra e compromisso com o meio ambiente, é necessário avaliar os diferenciais em relação aos métodos tradicionais aplicados hoje. É fundamental definir o sistema de gestão empregado na construção das unidades, o que garantirá a qualidade dos serviços executados, materiais empregados, e evitará desperdícios, retrabalhos e futuras patologias construtivas.

3.3 POLÍTICAS DE INCENTIVO À INOVAÇÃO

Historicamente, segundo apresenta Schwark (2006, p. 43), o poder competitivo das empresas era baseado em fatores econômicos, ou seja, maior disponibilidade de recursos e ativos tangíveis. No presente, o poder das empresas está baseado em fatores qualitativos e ativos intangíveis, que são a imagem e reputação da empresa, as relações entre seus clientes e fornecedores, o conhecimento coletivo e a competência em atingir seus objetivos técnicos e financeiros, isto é, aqueles que justificam sua existência. O mesmo autor cita que com o surgimento desta nova ordem, é necessário avaliar técnicas construtivas utilizadas comumente nas edificações e, sobretudo, estar em constante busca pela racionalização e inovação. O Brasil vive hoje um panorama econômico favorável ao estudo e introdução de métodos construtivos racionalizados e inovadores, como o concreto celular espumoso moldado no local, por exemplo. Para tal investimento e aprimoramento deste método, as empresas necessitam compartilhar os riscos inerentes ao mercado, assim, agentes fomentadores tornam-se importantes num momento como este.

Pode-se citar como agente fomentador, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), que é vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e foi criada na década de 1960 para institucionalizar o Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas. Posteriormente, a Finep substituiu e ampliou o papel que era antes exercido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), sendo responsável, ao longo da sua existência, por mobilizar a comunidade científica, implantando novos grupos de pesquisa, criar programas temáticos, entre outros e fazer a articulação entre universidades, centros de

pesquisa, empresas de consultoria e contratantes de serviços, produtos e processos, por meio do seu financiamento na área. A Finep pode participar de todas as etapas e dimensões do ciclo de desenvolvimento e aperfeiçoamento de ideias e processos para a melhoria de produtos, métodos e serviços.

Dentro da sua gama de programas, existe uma linha criada em 2006 que se adapta ao incentivo ao desenvolvimento de novos sistemas construtivos. Esta linha é chamada de Subvenção Econômica a Inovação e permite a utilização de recursos públicos não reembolsáveis diretamente nas empresas privadas para compartilhar os custos e riscos da atividade de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Segundo a Finep (FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS, 2010), a subvenção econômica à inovação é considerada um dos principais instrumentos de fomento governamental, largamente utilizado em países desenvolvidos para incentivo à inovação, estando de acordo com as normas da Organização Mundial do Comércio (OMC). Além disso, busca abrandar a ausência de ânimo por parte dos agentes privados no que tange a determinadas oportunidades de introdução de um método inovador, muitas vezes por considerarem que terão mercados restritos, ou então, por inviabilização dos investimentos necessários. Este instrumento fomentador foi criado a partir da aprovação da Lei da Inovação (Lei 10.973, de 02/12/2004) e da Lei do Bem (Lei 11.196, de 21/11/2005).

Conforme o material da Finep (FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS, 2010) determinadas áreas estratégicas das políticas públicas, como a diminuição do déficit habitacional, por exemplo, tem amplo apoio pela subvenção econômica por meio da concessão de recursos para o desenvolvimento, por empresas brasileiras de produtos, processos e serviços inovadores. As empresas construtoras interessadas nesta concessão de recursos deverão apresentar uma proposta dentro do formulário para apresentação de propostas (FAP) constando:

- a) caracterização,
 - com os dados cadastrais das instituições e do coordenador do projeto;
 - dos dados institucionais e competências;
 - dos dados do projeto levando-se em consideração a descrição, resultados e impactos previstos, equipe executora e resumo do orçamento;
- b) detalhamento,

- do cronograma físico;
- da equipe executora;
- orçamentos e cronogramas de desembolsos;
- bolsas;

c) e, se necessário, informações complementares conforme orientação do FAP.

A partir das informações apresentadas, é gerado um plano de trabalho e feita a análise dos critérios estabelecidos pela Finep e consultores externos. Se aprovada, passa-se para a etapa conclusiva, no qual o projeto é defendido pelo proponente, habilitando-o ou não para a homologação.

Existe outra linha de apoio à inovação, que não se caracteriza como fomento, e sim, como financiamento, que é a linha de Inovação Tecnológica. Trata do apoio aos projetos de inovação de natureza tecnológica que envolva algum tipo de risco as empresas na área de tecnologia e oportunidades de mercado, podendo ser utilizado no desenvolvimento de novos produtos e aprimoramento de processos. Diferentemente da Subvenção Econômica, a Inovação Tecnológica é de caráter reembolsável e prevê carência de 36 meses e pagamento de até 120 meses, caracterizando-se numa excelente alternativa para as empresas investirem num método construtivo inovador.

3.4 PROCESSO DE APROVAÇÃO DE UM SISTEMA INOVADOR

As avaliações de novos materiais, componentes e sistemas construtivos começaram no Brasil por volta dos anos 1980 na Divisão de Edificações do IPT. O trabalho contou, no início, com o apoio do BNH, sendo transferido posteriormente, devido à extinção do banco, para a Caixa. Com o auxílio do BNH, foi desenvolvido o projeto que estabeleceu os primeiros critérios de desempenho para construções habitacionais que foram aplicados na prática em inúmeros projetos avaliados pelo IPT, este documento era chamado de Formulação de Critérios para Avaliação de Desempenho de Habitações (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1981). Pela experiência adquirida e com o apoio da Finep, estes critérios foram revisados e em 1998, o IPT publicou o manual Critérios Mínimos de Desempenho para Habitações Térreas de Interesse Social (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1998), sendo este, disponibilizado para discussão em âmbito nacional no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do

Habitat (PBQP-H). Este conjunto de documentos constantes no referido manual serviu de base para a elaboração da NBR 15.575, conforme citam MITIDIERO FILHO; et al. (2002). Esta Norma de desempenho, a Diretriz n. 001 e NBR 16.055 são descritas de forma mais detalhada no item 3.5 deste capítulo.

Fundamental no processo de aprovação de um método inovador, o Sistema Nacional de Avaliação Técnica (Sinat) é uma iniciativa da comunidade técnica nacional e tem o papel de suprir as lacunas existentes na avaliação de sistemas não normalizados, além de harmonizar estes procedimentos, de forma que sejam reconhecidos por toda cadeia produtiva da construção civil. O intuito de avaliar produtos e técnicas inovadoras é o estímulo à inovação tecnológica com segurança, baseada em processos avaliados com homogeneidade por instituições técnicas autorizadas. A harmonização de procedimentos é necessária para que no processo de avaliação todos os comportamentos de um produto sejam considerados e que haja uma convergência de resultados de um mesmo produto em instituições distintas (trabalho não publicado²). A motivação ao Sinat é expressa na figura 2.

Figura 2 – Motivação ao Sinat



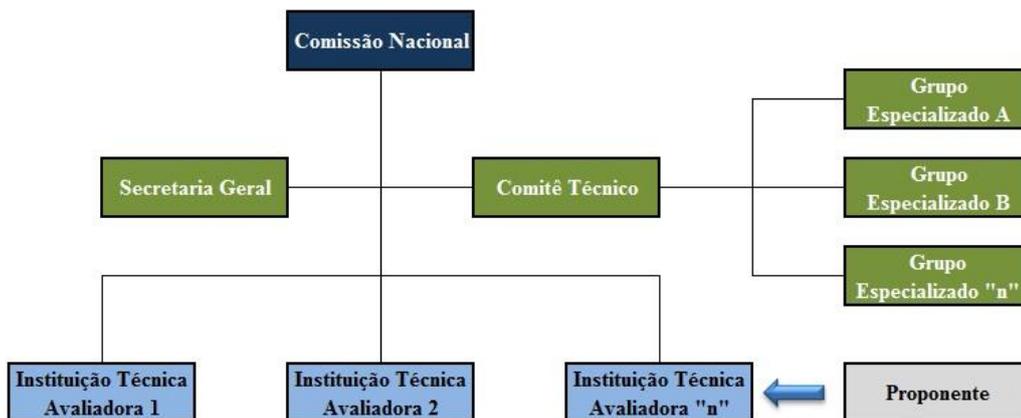
(fonte: trabalho não publicado³)

² Material apresentado pelo Eng^o Cláudio Mitidieri aos participantes da 2ª Reunião da Comissão Nacional - Sinat. Material obtido por meio do Professor Orientador Luis Carlos Bonin.

³ idem.

Sem a referência técnica, seja por meio da normalização ou a um Documento de Avaliação Técnica (Datec) emitido e chancelado pelo Sinat, nenhum sistema construtivo obtém financiamentos ou participa de programas habitacionais, dessa forma, as empresas construtoras que aderem a um método construtivo inovador e tem expectativa em utilização do método em larga escala, devem encaminhar para aprovação o sistema, obtendo assim, a garantia de que o projeto será avaliado por uma instituição técnica aprovada, e que seu desempenho esteja suprindo os requisitos mínimos que a Norma NBR 15.575 recomenda. É importante ressaltar, que um Datec é válido para um determinado produto ou sistema construtivo de uma determinada empresa. Para consecução de seus objetivos, o Sinat possui uma estrutura desenvolvida conforme a figura 3.

Figura 3 – Estrutura do Sinat



(fonte: trabalho não publicado⁴)

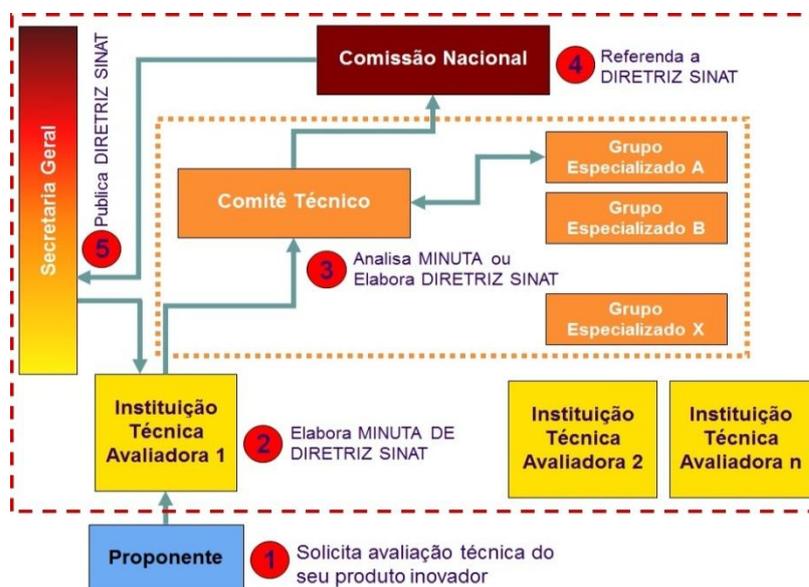
Em relação às atribuições dos comitês do Sinat, cita-se que a Comissão Nacional (CN) tem a obrigação de zelar pelo funcionamento do sistema, autorizando a participação de uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA) e concedendo a chancela Sinat aos Datec que foram analisados pelo Comitê Técnico (CT), sendo que este é responsável pela análise e aprovação das diretrizes Sinat e dos Datec encaminhados pelas ITA's. As instituições técnicas avaliadoras são autorizadas a participar do Sinat propondo diretrizes, avaliando produtos e métodos construtivos, e elaborando Datec (trabalho não publicado⁵).

⁴ Material apresentado pelo Eng^o Cláudio Mitidieri aos participantes da 2ª Reunião da Comissão Nacional - Sinat. Material obtido por meio do Professor Orientador Luis Carlos Bonin.

⁵ Idem.

As diretrizes Sinat incluem os requisitos e critérios de desempenho, bem como, os métodos de avaliação a serem adotados pela ITA. Para uma nova diretriz, o proponente do sistema inovador deverá encaminhar a ITA uma solicitação para avaliação, desta forma, há a elaboração da diretriz, encaminhamento para análise e aprovação do Sinat e posteriormente a publicação. Com a existência de uma diretriz publicada para a avaliação técnica de um determinado sistema construtivo inovador, o proponente encaminha a solicitação de avaliação a ITA que por sua vez realiza todos os testes necessários para garantia de desempenho satisfatório. Se aprovado, é realizada a auditoria de qualidade e elaborado o Datec que será encaminhado ao Sinat para análise e concessão da chancela Sinat, e posteriormente, publicação atestando que o sistema foi aprovado. No Datec emitido constam: a descrição do sistema construtivo, o número da diretriz para avaliação técnica, as informações e dados técnicos dos principais componentes, elementos e equipamentos, os parâmetros de avaliação, o controle de qualidade, as fontes de informação, e por fim, as condições de emissão do Datec. A operacionalização do Sinat baseia-se nas seguintes diretrizes de funcionamento, tendo como base os fluxos apresentados nas figuras 4 a 7.

Figura 4 – Fluxo de Publicação de uma Diretriz



(fonte: trabalho não publicado⁶)

⁶ Material apresentado pelo Eng^o Cláudio Mitidieri aos participantes da 2ª Reunião da Comissão Nacional - Sinat. Material obtido por meio do Professor Orientador Luis Carlos Bonin.

Figura 5 – Fluxo de Avaliação do Desempenho do Produto

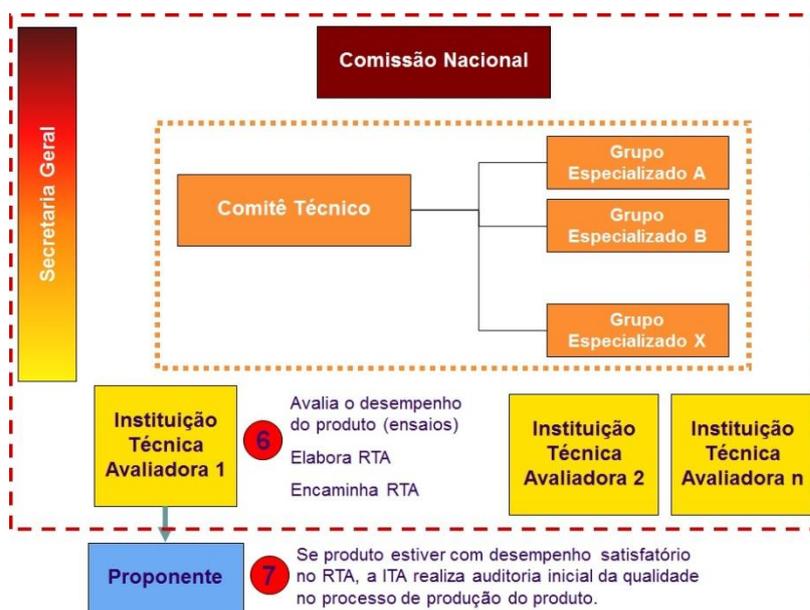
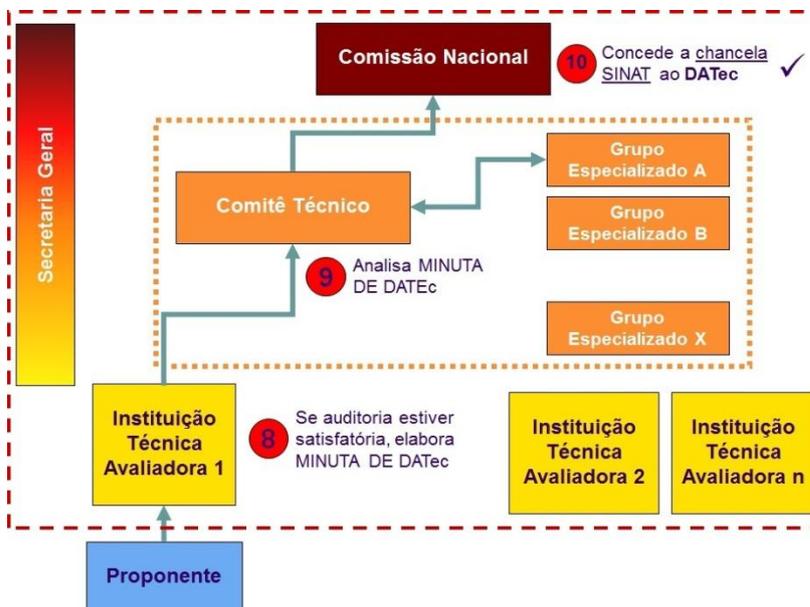
(fonte: trabalho não publicado⁷)

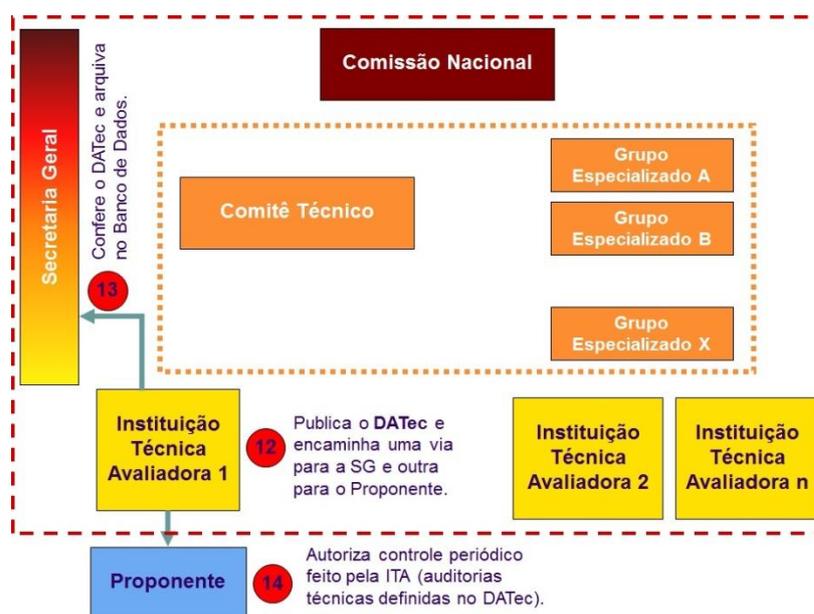
Figura 6 – Fluxo de Publicação do Datec

(fonte: trabalho não publicado⁸)

⁷ Material apresentado pelo Eng^o Cláudio Mitidieri aos participantes da 2ª Reunião da Comissão Nacional - Sinat. Material obtido por meio do Professor Orientador Luis Carlos Bonin.

⁸ Idem.

Figura 7 – Fluxo de Controle Periódico dos Datec Aprovados

(fonte: trabalho não publicado⁹)

A emissão de seguidos Datec de um mesmo método pode abrir a discussão para a elaboração de uma norma específica, e eliminar assim, a obrigatoriedade de avaliação e aprovação do Sinat para cada projeto lançado no mercado utilizando este método. Um passo importante em busca do incentivo do método construtivo foi a aprovação a NBR 16.055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) que trata dos requisitos e procedimentos para execução de paredes de concreto armado moldado no local. Dentre os Datec emitidos pelo Sinat, destaca-se que a maioria são relacionados a este método construtivo, o que mostra a importância da aprovação desta Norma para disseminação do método para o mercado de construção habitacional.

3.5 NORMAS DE AVALIAÇÃO TÉCNICA DE DESEMPENHO

A falta de parâmetros de desempenho e durabilidade (quanto a métodos, componentes e materiais) para a avaliação de sistemas inovadores gerava insegurança às construtoras; fazendo que essas, muitas vezes, não se sentissem motivadas para o desenvolvimento de novas tecnologias incorporadas ao canteiro. Esse contexto foi mudando ao longo da criação da NBR 15.575, Diretriz Sinat nº001 e NBR 16.055.

⁹ Material apresentado pelo Engº Cláudio Mitidieri aos participantes da 2ª Reunião da Comissão Nacional - Sinat. Material obtido por meio do Professor Orientador Luis Carlos Bonin.

3.5.1 A NBR 15.575 – Considerações em Relação ao Desempenho dos Edifícios de até Cinco Pavimentos

Após a elaboração de um conjunto de critérios mínimos de desempenho para habitações (Manual publicado pelo IPT, conforme apresentado no item 3.4), havia a necessidade de se trabalhar com métodos padronizados de avaliação de requisitos de desempenho. A partir disso, foi elaborada a norma de desempenho de edifícios de até cinco pavimentos denominada NBR 15.575 de caráter mais abrangente.

O que se pretende com a implementação da NBR 15.575 é evitar a exposição das construções a problemas de desempenho e que tenham a sua manutenção facilitada, responsabilizando assim as incorporadoras e construtoras por assegurar que haja o atendimento a estes requisitos, independente do método construtivo utilizado. Composta por seis volumes apresentando os requisitos mínimos de atendimento às exigências dos usuários são descritos a seguir cada um destes volumes.

A NBR 15.575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a), refere-se às exigências dos usuários e especifica os requisitos gerais comuns aos diferentes sistemas, estabelecendo diversas interações e interferências entre eles. Nas seções 4 a 6, apresenta o conceito para cada um dos tópicos a serem especificados sobre o desempenho. A fim de facilitar o entendimento, é apresentada pela Norma uma lista de exigências dos usuários que estabelece os requisitos e respectivos critérios a serem atendido quanto a desempenho:

- a) segurança estrutural;
- b) segurança contra incêndio;
- c) segurança no uso e na operação;
- d) estanqueidade;
- e) desempenho térmico;
- f) desempenho acústico;
- g) desempenho lumínico;
- h) saúde, higiene e qualidade do ar;
- i) funcionalidade e acessibilidade;
- j) conforto tátil e antropodinâmico;
- k) durabilidade;
- l) manutenibilidade;

m) e impacto ambiental.

A NBR 15.575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a) cita que para análise e adequação do uso de um sistema ou processo construtivo destinado a cumprir os requisitos acima citados é realizada uma investigação sistemática. Essa investigação destina-se a produção de uma interpretação objetiva dos comportamentos esperados, em condições de uso pré-definidas. Para isso, é necessário o conhecimento científico sobre a funcionalidade da edificação que está sendo avaliada, quanto a materiais e técnicas empregadas, bem como sobre as exigências dos usuários e das diversas condições de uso. Há a recomendação que a avaliação de desempenhos dos sistemas seja realizada por instituições de ensino e pesquisa, laboratórios especializados, empresas de tecnologia, equipes multiprofissionais ou profissionais de capacidade técnica reconhecida.

Referente aos requisitos para sistemas estruturais, a NBR 15.575-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b), estabelece regras para a avaliação de desempenho, podendo ser avaliado de forma isolada para um ou mais sistemas estruturais específicos, considerando os estados-limites último e de serviço, sendo que este último assegura a durabilidade quando da utilização normal da estrutura, limitando a formação de fissuras, deformações e falhas que possam prejudicar o desempenho para as estruturas e elementos e componentes que constituem a edificação.

A NBR 15.575-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008c), refere-se a requisitos de desempenho para os sistemas de pisos internos, incluindo acabamentos e substratos que possam numa situação de desgaste, causar de certa forma ruídos indesejáveis nas edificações vizinhas, no caso de edificações multipavimentos. Sempre que for necessário, esta parte da norma deve ser utilizada em conjunto com a NBR 15.575-1.

A parte 4 da NBR 15.575, é de extrema importância para a avaliação de desempenho em edificações, pois trata de sistemas de vedações verticais externas e internas. As vedações verticais exercem as funções de estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, além da importante função estrutural quando projetada para este fim.

Conforme o item 7.2 da NBR 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008d), em relação ao desempenho estrutural o sistema deve atender durante a vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição como, por exemplo: ação do peso

Concreto celular espumoso moldado no local: identificação dos incentivos e obstáculos enfrentados pelas empresas construtoras para a implementação do método construtivo

próprio, sobrecarga de utilização, atuação do vento, etc., aos requisitos de não perder a estabilidade de nenhuma das partes, prover segurança aos usuários sob a ação de impactos, choques, vibrações e não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de qualquer elemento. Para atendimento dos requisitos de segurança estrutural, deverão ser previstos os ensaios de impacto de corpo mole e duro, arrancamento horizontal e inclinado; e impacto de portas, sendo que as exigências deverão ser buscadas diretamente no item 7.2.1 da referida Norma.

A seção 10, item 10.1, da Norma 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008d) indica os requisitos e critérios de estanqueidade, sendo que o ensaio que se verifica o sistema é estanque a água proveniente de chuva ou de outra fonte. Este ensaio é elaborado de forma a submeter uma amostra da parede a ser executada, com as mesmas características técnicas, a uma vazão de água, de forma que se crie uma película homogênea e contínua, juntamente com uma pressão pneumática nesta região. A pressão empregada é especificada conforme a região brasileira de implantação da edificação.

A NBR 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008d) cita, na seção 11, que o desempenho térmico seja avaliado para um sistema, de forma independente, ou para edificação como um todo, para efeito de aprovação. A edificação habitacional deve reunir características que atendam as exigências do desempenho térmico, devendo ser avaliada conforme as regiões bioclimáticas brasileiras. É recomendado que sejam ensaiadas para o clima de verão e inverno.

Para comprovação do desempenho térmico das edificações, exige-se que se verifique o sistema de vedação e sistema de cobertura. Ainda o volume 4 da Norma estabelece requisitos relativos à transmitância e às capacidades térmicas das paredes externas, bem como as dimensões das aberturas para ventilação e dispositivos de sombreamento. Afirma-se também que analisando apenas os materiais que compõem o método, não é possível estabelecer sua adequabilidade ao desempenho térmico, pois esta condição depende também das condições que são empregados estes materiais, orientação e ventilação do imóvel e as dimensões de aberturas.

A NBR 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008d), seção 12, afirma que o isolamento acústico deverá ser projetado a partir do desempenho acústico de materiais, componentes e elementos, de modo a assegurar o conforto acústico e a privacidade

acústica entre o meio externo e interno, bem como, entre unidades condominiais distintas. Para verificar o atendimento a este requisito, é necessário que se faça medições em campo ou laboratório conforme os métodos descritos no item 12.1.2.3 da referida Norma:

- a) de laboratório: determina a isolamento sonora de elementos construtivos, sendo que o resultado é aplicável a diferentes projetos, mas para avaliar um elemento em conjunto, é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto;
- b) de engenharia: determina-se em campo, de forma rigorosa a isolamento sonora global da vedação externa, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema;
- c) simplificado de campo: este método determina e permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa em situações nas quais não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação ou quando as condições de ruídos de fundo não permitem obter este parâmetro.

Um dos métodos que possui vantagem em relação aos outros dois descritos é o de engenharia, que por meio da inserção direta da habitação num determinado espaço, passível de ruídos externos urbanos, consegue avaliar o desempenho acústico da construção, enquanto os outros dois, avaliam os materiais de forma independente e determinam seu desempenho estimado.

A parte 4 da NBR 15.575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008d), cita ainda os requisitos e critérios de vida útil, método de avaliação, premissas de projeto e níveis de desempenho em relação a durabilidade, manutenibilidade e funcionalidade das edificações.

A NBR 15.575-5 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008e), refere-se aos Requisitos para sistemas de coberturas, salientando sua função de proteção da estrutura contra intempéries, o que interfere diretamente na durabilidade dos elementos que a compõem. Um sistema de cobertura, quando bem executado, impede a infiltração de umidade para os ambientes habitáveis, a proliferação de microrganismos, além de evitar a degradação dos materiais de construção. Um ponto que a norma frisa é a importância da previsão em projeto de algumas soluções construtivas que interferem diretamente em questões estruturais, de vedação térmica e acústica, além da facilidade de acesso para manutenção, ponto relacionado também com a segurança dos usuários.

A última parte da norma versa sobre Sistemas hidrossanitários, NBR 15.575-6 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008f), que está relacionado diretamente às boas condições de saúde e higiene requeridas para a habitação. As instalações hidrossanitárias devem estar incorporadas a construção de forma que não representem riscos para os usuários e estejam harmonizadas com o método construtivo de uma forma geral, ou seja, devem estar adequadas com o sistema estrutural no quesito deformação, interação com o solo e resistir a ataques físico-químicos dos demais materiais de construção.

A NBR 15.575 é uma Norma baseada no conceito de desempenho mínimo obrigatório ao longo da vida útil de um empreendimento e não em prescrição como a maioria das normas brasileiras, ou seja, são considerados os resultados atingidos na utilização da edificação como um todo e não na forma em que foi construída.

3.5.2 Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos – Diretriz Sinat n. 001 – Revisão 02

Posteriormente a elaboração da NBR 15.575, foi aprovada em 2011 a segunda revisão da “Diretriz Sinat para avaliação técnica de sistemas construtivos de paredes de concreto armado moldadas no local” denominada Diretriz Sinat n. 001 – Revisão 02 (BRASIL, 2011b). Esta diretriz, diferentemente da NBR 15.575, foca a execução em um determinado método construtivo, que de certa forma, mesmo não incluindo o concreto celular, abriu a possibilidade da avaliação sistemas inovadores de forma harmônica, criando assim, um ambiente favorável ao emprego de inovações.

Uma diretriz descreve os dados técnicos de um sistema construtivo para que seja informado no Datec a destinação da edificação, caracterização dos materiais empregados na sua execução, como por exemplo, concreto, aço, fôrma, além dos seus componentes, indicando a sequência executiva e suas limitações. Em relação aos sistemas construtivos que empregam o concreto com ar incorporado, os critérios estipulados pela NBR 6.118 não são aplicáveis, devendo para estes casos, a avaliação da exposição do concreto à agressividade ambiental, demonstrar o potencial de resistência a carbonatação e ao ataque de cloretos, além de verificar a questão de corrosão de armaduras, ou no caso da utilização de material alternativo, descrever a sua compatibilidade com o concreto. A diretriz determina que seja verificada a deterioração do concreto e armadura, resistência a choque térmico e manutenção do sistema

construtivo. Os relatórios específicos resultantes destas análises são consolidados em um Relatório Técnico de Avaliação (RTA), no qual é apresentada uma síntese de desempenho global do produto. Estes fluxos de elaboração da diretriz, relatório técnico de avaliação, aprovação e emissão de um Datec, foram descritos detalhadamente no item 3.4.

A Diretriz Sinat n. 001 tem como produtos alvos os sistemas construtivos que são caracterizados pela execução de paredes estruturais e/ou lajes de concreto armado, podendo estes, serem em concreto armado normal ou com ar incorporado na mistura. Estas paredes deverão ser moldadas no local e com fôrmas removíveis. A diferença entre as possibilidades de execução de edificações entre o concreto convencional e o concreto com ar incorporado, é a liberdade de executar inclusive edifícios multipavimentos com o normal. A principal característica dos sistemas construtivos alvo desta diretriz é a condição da moldagem no local dos elementos estruturais, e seu princípio estrutural é o modelo composto por lâminas ou painéis e não por pórticos de pilares e vigas como é previsto pela NBR 6.118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Em relação às restrições de uso e campo de aplicação, esta diretriz não contempla os concretos celulares e nem os constituídos de agregado leve, além de outros componentes da construção, elementos pré-fabricados, sistemas com fôrmas incorporadas, paredes curvas ou com carregamentos predominantemente horizontais. Apesar de não contemplar estes concretos descritos, esta diretriz elaborada serviu como fonte de comparação servindo de fonte indireta de consulta, pois os parâmetros de desempenho da diretriz podem ser aplicados no método descrito neste trabalho. Os sistemas construtivos são destinados à execução de unidades térreas, sobrados unifamiliares, casas sobrepostas multifamiliares, edifícios multipavimentos fundamentalmente habitacional, sendo estes válido somente para o concreto normal.

Pode-se concluir então, que a diretriz Sinat n. 001 utiliza como referência técnica para avaliação de desempenho a NBR 15.575, nas suas partes 1 a 5, porém diferentemente desta, direciona os métodos de avaliação para o sistema construtivo em paredes de concreto armado moldado no local. Desta forma, houve um avanço na padronização e linearidade da avaliação do método construtivo, gerando confiança ao proponente do método e encorajando novos proponentes a solicitarem a avaliação técnica do seu produto inovador. Em contrapartida,

cada alteração na forma construtiva ou no elemento estrutural, seja ela para melhoria do processo, demanda tempo e custo, pois o sistema é reavaliado como um todo.

3.5.3 NBR 16.055 – Um Avanço para a Abertura do Método Construtivo ao Mercado da Construção

Seguindo esta linha, a ABNT validou em maio de 2012 a NBR 16.055 que trata especificamente de “Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos”, Norma esta, que abriu a possibilidade da utilização do método construtivo com qualquer tipo de concreto, desde que considerado estrutural.

Os problemas enfrentados pelas empresas dispostas a lançar empreendimentos no método construtivo em paredes de concreto moldada no local serão amenizados a partir do início da utilização da norma NBR 16.055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), pois esta trata dos requisitos e procedimentos para a execução de paredes de concreto moldadas no local, não somente para concretos normais ou com ar incorporado como a Diretriz n. 001, mas sim para qualquer tipo de concreto, desde que caracterizado como estrutural. Esta Norma aplica-se também a edifícios em paredes de concreto de até cinco pavimentos, desde que atendidas às condições constantes no escopo da Norma.

A NBR 16.055 estabelece os requisitos básicos para este sistema construtivo e aplica-se a paredes com cargas axiais, com ou sem flexão, e concretadas com todos os elementos construtivos, tais como frisos, rebaixos, armaduras, as instalações elétricas e hidrossanitárias embutidas e consideração de concretagem da laje em conjunto com as paredes transformando o sistema em monolítico. Da mesma forma que a diretriz n. 001, esta Norma não se aplica a outros componentes da construção, elementos pré-fabricados, sistemas com fôrmas incorporadas, paredes curvas ou com carregamentos predominantemente horizontais. Em termos de conteúdo, a Norma descreve os requisitos gerais da qualidade da estrutura e do projeto, as diretrizes para a durabilidade das estruturas de paredes de concreto, propriedades dos materiais empregados, além de relacionar as questões de comportamento dos materiais e segurança com as premissas da NBR 6.118.

Um item importante a ser frisado, é a questão da espessura da parede de concreto, pois com a introdução da NBR 16.055, ela conta com limites mínimos de espessuras de parede,

permitindo a execução de espessuras mínimas para paredes externas com até 3 metros de altura de 10 cm e de paredes internas de até 8 cm de espessura em edificações de até 2 pavimentos, claro que sempre observadas as ressalvas e limitações previstas. Por meio desta abertura na Norma, a questão econômica sobressai podendo ser um diferencial em relação a outros métodos. Além destes itens, ela aborda os deslocamentos e aberturas de fissuras, a análise estrutural das paredes de concreto verificando o posicionamento de aberturas, o dimensionamento, procedimentos para a fabricação das paredes e o controle tecnológico do concreto.

Desta forma, o método abre-se para o mercado brasileiro, deixando de ser tratado como um sistema inovador, que dependia de uma avaliação específica para cada caso, e sim como um sistema normalizado, constituído de requisitos e procedimentos técnicos.

4. DESCRIÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO EM CONCRETO CELULAR ESPUMOSO MOLDADO NO LOCAL

Na busca pela redução do desperdício, aumento da produtividade em obra, maior racionalização das etapas construtivas, melhor eficiência do produto, controle tecnológico, redução de custos e, conseqüentemente, aumento do lucro, as construtoras brasileiras, na década de 1980, apostaram na execução de habitações populares com paredes de concreto celular moldadas no local, na região Norte, Nordeste e Sul, informa a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002, p. 41). Mas, devido à falta de acompanhamento, planejamento e coordenação, alguns insucessos ocorreram, como por exemplo: o surgimento de fissuras e retração nas paredes, entupimento de tubulações de elétrica e água por falta de vedação destas e esmagamento de esquadrias por falta de verga. Estes problemas acabaram restringindo a disseminação do método construtivo. Segundo Marganelli (2004), com o auxílio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), houve o resgate da credibilidade no método construtivo pelo ganho de confiança, muito pelo fato da ABCP ser referência em tecnologia do cimento e concreto.

Apresentam-se nos itens seguintes, a descrição técnica quanto à fundação, fôrmas, concreto, armaduras.

4.1 A ESCOLHA DAS FUNDAÇÕES

São diversas as variáveis a serem consideradas como critérios técnicos de escolha da fundação a ser utilizada, destacando-se os elementos necessários e critérios de projeto a seguir.

Segundo Velloso e Lopes (1998, p. 211), são necessários os seguintes elementos para o desenvolvimento de um projeto de fundações:

- a) topografia da área,
 - com levantamento planialtimétrico;
 - dados sobre taludes, encostas e erosões;
- b) dados geológicos e geotécnicos,
 - com investigação do subsolo;

- dados históricos da região a ser construído o empreendimento;
- c) dados da estrutura a construir,
 - tipo e uso da obra;
 - sistema estrutural;
 - cargas aplicadas nas fundações;
- d) dados das construções vizinhas,
 - tipo de estrutura e fundações;
 - desempenho de fundações;
 - possíveis consequências quanto a escavações da obra.

Deverão ser avaliados também os aspectos econômicos para a execução dos serviços, fazendo um comparativo entre as características técnicas e a melhor solução financeira que seja adequada ao tipo de obra edificada (trabalho não publicado¹⁰). Quanto aos requisitos que o projeto de fundações deverá atender:

- a) deformações aceitáveis sob as condições de trabalho;
- b) segurança adequada ao colapso do solo;
- c) segurança adequada ao colapso dos elementos estruturais.

Para a finalidade deste estudo, apresenta-se a seguir as características da fundação superficial do tipo Radier devido à afinidade técnica com o método construtivo em paredes de concreto moldadas no local, em função da velocidade na execução, moldagem superficial e propriedade de adaptação como contra piso definitivo, classificando-o e apresentando um breve procedimento de execução.

4.1.1 Radier de Concreto

Em virtude de o método construtivo apresentado ter baixa carga aplicada nas fundações devido à baixa densidade do concreto celular espumoso, situada entre 1300 e 1900 kg/m³, conforme a NBR 12.645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992a), o método de fundação normalmente utilizado é o radier, que em termos gerais, é uma laje maciça de concreto armada. Pode-se ainda trabalhar com os critérios de escolha de Velloso e

¹⁰ Informação retirada de material de estudo da disciplina de Introdução ao Estudo de Fundações da Universidade Federal de Santa Maria – RS.

Lopes (1998, p. 214) que indicam que quando se deseja uniformizar os recalques por meio de fundações associadas adota-se o radier. Esse pode ser projetado como radier liso, com pedestais ou cogumelos, nervurado e em forma de caixão.

O radier, como cita Loturco (2004, p. 44), é recomendado para edificações térreas ou sobrados e edifícios de poucos pavimentos, sendo que as cargas calculadas são definidas na fase de projeto, e a partir dos resultados, são definidas as espessuras do radier e posicionamento das armaduras que serão utilizadas para combater cisalhamento e punção. O autor descreve ainda que este tipo de fundação é vantajoso por ser direto e rápido, eliminando o contrapiso e podendo ser utilizado para duas ou mais habitações geminadas, num único radier. A figura 8 mostra um radier de concreto com as tubulações executadas previamente.

Figura 8 – Radier em concreto armado



(fonte: CÊSTA, 2009)

4.1.2 Procedimento de Execução do Radier

Alguns cuidados quanto ao solo, segundo Almeida (2001, p. 49) devem ser tomados antes do início da execução do radier:

O subleito é tão importante quanto a própria laje para garantir que a laje desempenhe a função para qual foi projetada. O subleito como encontrado naturalmente pode ser melhorado pela drenagem, compactação ou estabilização do solo. O ponto mais importante é assegurar que as condições de apoio sejam uniformes para a laje. Por causa da rigidez da laje, as forças aplicadas são distribuídas em grandes áreas e as pressões no subleito são normalmente baixas.

Apresenta-se um breve procedimento para execução de radier de concreto armado para utilização em habitações térreas, segundo Loturco (2004, p. 45), sendo que este poderá sofrer alterações conforme os critérios anteriormente descritos:

- a) limpeza e nivelamento do solo;
- b) locação da obra e compactação da área a ser executado o radier;
- c) abertura de valas para colocação das hidrossanitárias e elétricas;
- d) execução de camada de brita 1 e 2 para lastro compactada;
- e) colocação de lona plástica para evitar a perda de líquido para a camada de lastro;
- f) posicionamento da fôrma;
- g) colocação das armaduras nas posições conforme projeto de fundações desenvolvido;
- h) concretagem;
- i) acabamento do radier;
- j) início e término da cura do radier;
- j) desforma.

Conforme os critérios de escolha de fundações citados anteriormente, para que se atinja o melhor tipo de fundação é importante a união entre os projetos estrutural e o de fundações num único projeto, uma vez que mudanças em um, provocam reações imediatas no outro. É necessário que a fundação suporte cargas da estrutura com segurança e estejam de acordo com os fatores topográficos, solos, e sobre tudo seja avaliada quanto a fatores técnicos e econômicos.

4.2 FÔRMAS: SISTEMAS E CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO

Em busca dos benefícios em se edificar com o método construtivo em concreto celular espumoso moldado no local, houve uma evolução na área de fôrmas para paredes de concreto.

Para Lordsleem Junior (1998, p. 57):

A utilização de fôrmas metálicas ou mistas para a produção de paredes maciças moldadas no local está potencialmente associada a um grau superior de industrialização do processo construtivo, representando uma evolução nas técnicas tradicionais de se construir.

Faria (2009) afirma que “Não há como executar um sistema construtivo sem um bom jogo de fôrmas.”. Esta afirmação pode ser fundamentada em duas análises, técnica e econômica como será apresentado na seção 4.2.2.

4.2.1 Sistemas de Fôrmas para Paredes de Concreto

Por meio da classificação de fôrmas proposta por Cichinelli (2010), procurou-se identificar quais tipos estão disponíveis no mercado, ou seja, fôrmas:

a) de plástico,

- composto por módulos intercambiáveis de diversos tamanhos com encaixes do tipo macho e fêmea;
- travamento a partir de quadros metálicos, barras de ancoragem com limitadores para cada espessura de parede, perfis alinhadores, estroncas e aprumadores;
- gabaritos de tubos retangulares fixados no radier para o posicionamento das fôrmas e como base de apoio dos quadros metálicos de travamento do sistema;
- indicadas para moldar paredes de concreto para unidades de baixo custo;
- baixo peso – 10 kg/m^2 – sendo facilmente transportadas manualmente;
- aproveitamento de até 60 vezes por painel;

b) metálicas com contato de madeira,

- painéis metálicos combinados com chapa de compensado plastificada;
- disponíveis em diversas medidas sendo combináveis geometricamente;
- montagem a partir de escoras aprumadoras, peças de alinhamento e barras de ancoragem;
- transportada manualmente quando usado em edificações térreas;
- aproveitamento de até 60 vezes por painel;

c) de alumínio,

- composta por painéis leves de alumínio soldado nas uniões;
- disponíveis em diversas medidas sendo combináveis geometricamente;
- pode ser utilizada para concretagem de paredes de lajes simultaneamente;
- utilizável em unidades habitacionais de diversas alturas;
- aproveitamento de até 1500 vezes por painel;
- painéis mais rígidos e duráveis;
- muito leve, sendo transportada manualmente em quaisquer condições de uso.

Para auxiliar no conhecimento dos sistemas de fôrmas disponíveis no mercado, Vaquero Y Mayor (2008, p. [18]) apresenta um comparativo dos sistemas indicando vantagens e desvantagens (quadro 1).

Quadro 1 – Comparativo dos sistemas de fôrmas

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Fôrmas plásticas	*Painéis leves *Baixo custo de aquisição *Possibilidade de modulação *Disponibilidade de locação	*Dificuldade com prumo e alinhamento *Acabamento superficial ruim *Menor durabilidade *Poucos fornecedores
Fôrmas convencionais (metálica e chapa compensada)	*Equipamentos nacionais tem custo menor *Maior durabilidade *Montagem fácil *Bom acabamento superficial *Grande disponibilidade	*Painéis mais pesados *Necessidade da troca frequente de chapas compensadas *Grandes quantidades de peças soltas
Fôrmas de alumínio	*Painéis duráveis *Equipamentos muito leves *Qualidade de prumo e alinhamento *Bom acabamento superficial *Rigidez de montagem *Boa estanqueidade	*Alto custo para aquisição *Pouca disponibilidade no mercado *Dificuldade de modulação *Necessidade de capacitação de mão de

(fonte: VAQUERO Y MAYOR, 2008)

4.2.2 Critérios para Escolha das Fôrmas

Conforme apresenta Faria (2009), a escolha pode ser realizada por uma matriz de decisão técnica e outra econômica. Em relação a decisão técnica avalia-se:

- a) produtividade média informada (hh/m²): deve-se tomar cuidado com este valor, pois geralmente é medida a produtividade da montagem da fôrma, esquecendo-se das instalações, armaduras, transporte e desenforma;
- b) peso por metro quadrado: deve ser manoportável, possuir alças de transporte e pesar no máximo 30 kg/m²;
- c) número de peças soltas: quanto menor a quantidade, melhor, pois há diminuição do tempo de montagem e minimização do risco de perda de peças;
- d) número de reutilizações,
 - sistemas em chapas de alumínio tendem a ser melhores, pois unem leveza e durabilidade;
 - chapas de madeira compensada plastificada possibilitam uma superfície mais plana, mas precisam ser trocadas regularmente;

- e) durabilidade da estrutura: geralmente a estrutura é de aço ou alumínio, garantindo alta durabilidade, porém é necessário que sejam rígidas e resistentes a quedas que podem provocar empenamento e comprometimento do alinhamento das paredes;
- f) modulação: o projeto deve ser adaptado à modulação das fôrmas evitando a utilização de complementos de madeira;
- g) solução para oitões: normalmente é utilizada a solução de fôrmas em escada, usando a modulação disponível. O ideal seria que as fôrmas fossem executadas na inclinação necessária, mas isso só se viabilizaria em empreendimentos com um número considerável de casas;
- h) embutidos: deve-se pensar antes de iniciar a execução em como serão fixadas as instalações elétricas, hidráulicas, portas, janelas, etc., pois caso sejam alugadas as fôrmas, serão cobradas as peças danificadas.

A matriz de decisão elaborada pelo autor atribui peso (1 a 3) para cada um dos itens dos quesitos técnicos e econômicos e nota (1 a 5) para cada item levando em consideração o empreendimento no qual serão utilizadas as fôrmas. A multiplicação do peso pela nota resulta numa classificação por pontuação (1 a 15). Somando a pontuação, chega-se na melhor solução técnica (quadro 2) e econômica (quadro 3) para a obra. A composição é assim distribuída:

- a) peso (1 a 3), sendo 3=muito importante; 2=importância média; 1=pouco importante;
- b) nota (1 a 5), deve levar em conta as especificidades de cada empreendimento, ou seja, a relevância de cada item;
- c) pontos (1 a 15), multiplicação entre a nota e o peso em cada linha;

Em relação a análise econômica, Faria (2009) cita os itens que deverão ser observados para obtenção da melhor condição de escolha:

- a) atendimento: considera-se neste item a capacidade das empresas comercializadoras de fôrmas em atender a demanda, seja na entrega, treinamento ou assistência técnica;
- b) comercialização: se são comercializadas via locação, venda, *leasing*, etc. Verifica-se também o contrato da locação quanto a tempo, custo de peças perdidas, etc., verificar se a empresa fornecedora compartilha do cronograma da obra, cobrando por unidade concretada;
- c) custo: frete, manutenção, área de estocagem, custo amortização do investimento, etc.

Quadro 2 – Análise técnica para especificação de fôrmas

		SISTEMA DE FÔRMAS							
		Estrutura metálica e madeira compensada		Alumínio		Plástico		Aço	
Item	Peso	Nota	Pontos	Nota	Pontos	Nota	Pontos	Nota	Pontos
Produtividade									
Peso/m ²									
Número de peças soltas									
Durabilidade - chapa									
Durabilidade - estrutura									
Modulação									
Solução para oitões									
Embutidos									
Pontuação da análise técnica									

(fonte: FARIA, 2009)

Quadro 3 – Análise econômica para especificação de fôrmas

		SISTEMA DE FÔRMAS							
		Estrutura metálica e madeira compensada		Alumínio		Plástico		Aço	
Item	Peso	Nota	Pontos	Nota	Pontos	Nota	Pontos	Nota	Pontos
Atendimento									
Comercialização									
Custo									
Pontuação da análise econômica									

(fonte: FARIA, 2009)

De outra maneira, Cichinelli (2010), apresenta como critério de escolha das fôrmas o *check-list* abaixo:

- a) os elementos devem permitir a montagem manual das fôrmas, com o menor peso e o menor travamento possível de peças soltas. As peças devem garantir o alinhamento, travamento e prumos de todos os painéis;
- b) a desforma não pode gerar impactos sobre as paredes recém concretadas;
- c) como o concreto utilizado na maioria das vezes é autoadensável, fôrmas mal vedadas podem comprometer a concretagem e o aspecto final da parede;
- d) os painéis devem garantir uma superfície de parede lisa e sem imperfeições. Quanto menor o número de ancoragens melhor;
- e) o sistema deve se adaptar ao menor múltiplo dimensional possível, ajustando-se à arquitetura proposta da casa ou apartamento, sem necessidades de complementos de madeira. Essa modularidade deve ocorrer tanto na horizontal como na vertical (ajustando-se a diversos pés-direitos) e ainda oferecer solução para os oitões;
- f) os painéis devem permitir a fixação de peças hidráulicas, elétricas, portas e janelas, maximizando assim o processo construtivo e permitindo a moldagem das paredes já com todos estes elementos fixados.

4.3 CONCRETO CELULAR ESPUMOSO: DEFINIÇÃO, PROPRIEDADES, EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E PROCEDIMENTOS DE APLICAÇÃO

Avaliando-se a importância da utilização do concreto celular espumoso moldado no local para o sistema proposto, vê-se que esta é fator determinante para melhoria do isolamento térmico e acústico, além da elevada trabalhabilidade e tempo de desforma reduzido, conforme cita Teixeira Filho (1992, p. 1). O mesmo autor separa os concretos celulares entre aerados e as microporitas. Neste trabalho será abordado apenas o grupo dos concretos celulares aerados a base de agente espumígeno, independente da forma de geração da espuma, podendo estas serem pré-formadas e pós-formadas.

Nos itens a seguir, apresenta-se a definição e as propriedades do concreto celular espumoso, bem como, os equipamentos utilizados para a sua elaboração.

4.3.1 Definição de Concreto Celular Espumoso

De acordo com a NBR 12.645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992a, p. 1), o concreto celular espumoso é definido como:

Concreto leve obtido pela introdução, nas argamassas, de bolhas de ar, com dimensões milimétricas, homogêneas, uniformemente distribuídas, estáveis, incomunicáveis e indeformadas ao fim do processo, cuja densidade de massa aparente no estado fresco deve estar compreendida entre 1300 kg/m^3 e 1900 kg/m^3 .

Nota: As bolhas de ar podem ser obtidas na forma de uma espuma pré-formada ou geradas no interior do misturador por ação mecânica deste, devido a um agente espumante.

Teixeira Filho (1992, p. 3) caracteriza a forma de geração de espuma da seguinte maneira:

- a) pré-formada: nesta forma, a espuma é gerada anteriormente em equipamento específico e posteriormente adicionada a argamassa, sendo esta melhor controlada em termos de qualidade e quantidade;
- b) gerada por ação mecânica do misturador: juntamente com as matérias primas é adicionado o agente espumígeno já diluído em água.

A NBR 12.645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992a, p. 1), também cita que o agente espumígeno é o “Produto de composição química capaz de produzir

bolhas de ar estáveis no interior de pastas de cimento ou argamassas.”. Essas bolhas devem se manter íntegras em todas as etapas de produção do concreto.

4.3.2 Propriedades do Concreto Celular Espumoso

Conforme cita Neville (1997, p. 675), o concreto leve tem sua massa específica reduzida devido a substituição de parte de materiais sólidos por poros localizados nas partículas de agregados e na pasta de cimento. Citam Cortelassi e Toralles-Carbonari (2008, p. [10]), que esta redução de massa específica tem grande influência nas propriedades mecânicas do concreto celular, pois o aumento do teor relativo de espuma causa a redução em maior ou menor grau nas propriedades dos concretos no estado endurecido, estando este relacionado com a quantidade de vazios incorporados a massa de concreto.

Segundo Freitas (2004, p. 34), as massas específicas do concreto celular podem ser determinadas no estado fresco, logo após a desforma do material ou após a secagem em estufa até a constância do peso. O mesmo autor ainda afirma que as massas específicas apresentadas são influenciadas pela quantidade de água contida na mistura. De acordo com Cortelassi (2005, p. 56), “A massa específica também é influenciada pelo tempo de mistura empregado na produção do concreto celular espumoso, pois o tempo de mistura influencia a uniformidade e a distribuição das células ou bolhas de ar na massa.”.

A NBR 12.646 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992b, p. 2), no item 5.1, cita que a densidade da massa específica aparente no estado fresco, quando aplicado em obra, não deve ser inferior a 5% do valor indicado em projeto. Para determinação de tal percentual, deve-se seguir as recomendações do item 6.1.2 que prescreve que a cada 1 m³ de concreto celular produzido em betoneira estacionária ou misturadores especiais, deve ser feita a determinação da densidade de massa aparente no estado fresco e no caso de caminhões betoneiras ou centrais de mistura, deve-se fazer a determinação da massa específica no início da descarga, rejeitando ou aprovando conforme os resultados das amostras.

Além da massa específica aparente do concreto celular espumoso, outra propriedade que é importante quando se trata de concreto fresco é a trabalhabilidade. Cortelassi (2005, p. 58) afirma que “Os concretos celulares apresentam maior trabalhabilidade que os concretos convencionais, uma vez que tem maior quantidade de vazios em sua estrutura.”.

Complementando, Neville (1997, p. 553) cita que no lugar dos agregados graúdos se incorpora o agente espumígeno, que é gerador de bolhas de ar de grande elasticidade e baixo atrito superficial, fazendo com que o concreto celular espumoso possua grande trabalhabilidade, fluidez e plasticidade da matriz.

Ainda referente à trabalhabilidade, Ferreira (O. A. R., 1986, p. 42) explica que:

No concreto celular espumoso, a perda de ar incorporado pode ocorrer quando se utiliza o processo de bombeamento. A correção da quantidade de espuma e ar incorporado à mistura deve ser feita de acordo com o tipo de bomba, pressão de bombeamento, comprimento e bitola da mangueira e altura de bombeamento. Este cuidado deve ser tomado para que não haja perda da principal característica do concreto celular, a baixa massa específica, já que não se deseja perder ar incorporado na forma de células macroscópicas.

Segundo Cortelassi e Toralles-Carbonari (2008, p. [2]), ao mesmo tempo em que a incorporação de ar no concreto celular melhora sua trabalhabilidade, piora sua resistência à compressão. Desta forma, a soma dos vazios formados pelos poros capilares e celulares, chamada de porosidade total do concreto, melhora as propriedades de congelamento, descongelamento, isolamentos térmico e acústico e resistência ao fogo. Assim considera-se que a redução de peso alcançada pelos concretos leves foi bem sucedida quando estas características forem alcançadas.

A retração do concreto, segundo explica Ferreira (O. A. R., 1986, p. 8), “[...] é uma manifestação física expressa pela variação dimensional de peças de cimento, argamassas ou concreto, que se verifica desde o final da compactação até o estado limite de equilíbrio com o ambiente [...]”. Cortelassi e Toralles-Carbonari (2008, p. [10]) afirmam ainda que quando se aumenta o teor de espuma adicionada ao concreto, aumentam-se os valores de retração, apresentando assim uma relação direta.

Freitas (2004, p. 40) acrescenta ainda que, pela perda de umidade do concreto celular ser mais rápida do que a umidade que recebe por permeabilidade, há uma deformação por redução do seu volume que é chamada de retração plástica ou inicial. Devido a estas ações, afirma Ferreira (O. A. R., 1987, p. 9), há o surgimento de tensões internas de tração entre os grãos do agregado, que se ultrapassarem a resistência à tração do concreto celular, provocam o aparecimento de fissuras, no concreto ainda jovem. Além disso, quando são curados ao ar, sofrem o ataque do gás carbônico da atmosfera, provocando carbonatação, o que agrava o processo de retração. Teixeira Filho (1992, p. 10) atesta a citação acima quando afirma que o

ambiente exerce grande influência devido aos efeitos de retração por carbonatação e que pode chegar a ser da mesma ordem da retração por secagem.

Por esses problemas, Sacht (2008, p. 68) ressalta a importância, devido à alta porosidade do concreto celular, de se evitar a aplicação em ambientes marinhos devido aos ataques de cloretos. De acordo com Freitas (2004, p. 42), uma forma de se diminuir a retração nos concretos celulares e aumentar a resistência à tração e deste modo, limitar as fissurações, é a adição de fibras leves a mistura de concreto, mas este procedimento depende ainda de mais pesquisas.

Quanto à variação da resistência à compressão, Freitas (2004, p. 48) cita:

A resistência à compressão do concreto celular espumoso varia com os seguintes fatores: consumo de cimento, fator água/cimento, finura do cimento, idade, tipo de cura (úmida ou ar), processo de produção, tipo de agente espumígeno, volume de espuma, quantidade e granulometria dos agregados adicionados à mistura e, principalmente, o volume de ar incorporado que representará a porosidade e a massa específica do concreto celular.

Teixeira Filho (1992, p. 559) indica que a porosidade é um dos parâmetros que limita a resistência do concreto e, como exemplo, um volume de poros de 5% em relação à massa específica, resulta em 30% menos da resistência mecânica.

4.3.3 Equipamentos Utilizados para a Produção do Concreto Celular

Conforme cita a NBR 12.645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992a, p. 2), a espuma pode ser pré-formada ou gerada no interior do misturador. No caso das espumas pré-formadas, estas são geradas por um misturador apresentado na figura 9.

Figura 9 – Misturador para geração de espuma pré-formada



(fonte: BUNKER-BRASIL, 2010)

O equipamento para a geração de espuma juntamente com as demais matérias primas é apresentado na figura 10, podendo este, no mesmo momento da mistura, bombear o concreto celular.

Figura 10 – Misturador padrão com bomba incorporada para concreto celular para geração de espuma com as demais matérias primas



(fonte: BUNKER-BRASIL, 2010)

Estes equipamentos, conforme informações do fornecedor, não estão disponíveis a pronta entrega e diferentemente de outros maquinários da construção civil, como guindastes, gruas e betoneiras, não são locáveis, o que muitas vezes pode inviabilizar o negócio.

4.4 ARMADURAS

Pode-se citar, segundo Missurelli e Massuda (2009, p. 78), que as armaduras inseridas em sistemas de concreto celular espumoso moldado no local devem atender, dentre outros, a três requisitos básicos:

- a) esforços de flexotorção nas paredes;
- b) controle da retração;
- c) estruturação e fixação das instalações inseridas antes da moldagem das paredes.

Os autores ainda afirmam que, usualmente, se armam as paredes em concreto celular com uma ou duas telas eletrosoldadas, estando dispostas no centro da parede ou em ambas as faces, dependendo, é claro, do dimensionamento das paredes de concreto. Barras específicas são colocadas como reforços em pontos estratégicos das paredes, como em vergas, contravergas e reforços superiores de paredes, além dos espaçadores plásticos, específicos para telas eletrosoldadas. Os espaçadores são fundamentais para garantir o distanciamento correto entre as telas, geometria dos painéis e o afastamento entre a tela de face e a fôrma. A figura 11 mostra um exemplo de posicionamento das armaduras nas paredes de concreto celular. Nota-se a colocação das instalações elétricas fixadas às telas.

Figura 11 – Parede de concreto celular armada:
vista das fôrmas e armaduras em tela eletrosoldada



(fonte: WENDLER, 2008)

Para o correto posicionamento das armaduras dentro da parede moldada, deverá ser desenvolvido o projeto de armaduras dentro das especificações da NBR 16.055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), que além do tipo de aço, informa cobertura mínimo, reforços e espaçamento entre barras e o posicionamento de aberturas de portas e janelas.

5 IDENTIFICAÇÃO DOS INCENTIVOS E OBSTÁCULOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO

Como forma de conhecer os motivos da implementação de um método construtivo inovador, destacando seus incentivos, bem como, seus obstáculos, foi aplicado um questionário diretamente aos agentes participantes da cadeia conforme descrito anteriormente. A escolha destes agentes deu-se devido as suas participações como protagonistas da mudança, sejam elas no âmbito da proposição, da regulação ou diretamente, no caso da construtora, da execução. No caso específico da construtora, devido ao posicionamento de mercado e pelas informações apresentadas no questionário serem estratégicas, foi solicitado sigilo quanto à divulgação do nome, ficando apenas identificada como construtora X.

5.1 AGENTE INCENTIVADOR – ABCP

A ABCP é uma entidade sem fins lucrativos e é mantida pelas indústrias do cimento portland, que compõem seu quadro de associados. Foi fundada na década de 1930 com o objetivo de desenvolver estudos sobre o material cimento portland e suas possíveis aplicações. Desenvolve transferência de tecnologia das mais diversas formas, como por exemplo:

- a) cursos de aperfeiçoamento e formação, seminários e eventos técnicos;
- b) parceria com universidades, escolas e instituições técnicas;
- c) apoio às indústrias de produtos a base de cimento;
- d) publicação de livros, revistas e documentos técnicos;
- e) suporte à geração de normas técnicas brasileiras.

Referente ao último item, a ABCP por meio da sua participação no grupo Paredes de Concreto, da Comunidade da Construção, auxiliou a criação da NBR 16.055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), abrindo assim a possibilidade da maior utilização do sistema construtivo. Sendo um dos grandes focos da ABCP, o desenvolvimento de tecnologias para a construção civil, mas especificamente, ações na área de interesse social, é fator determinante na ajuda ao combate do déficit habitacional, podendo ser citado o projeto

Habitação 1.0, que propõe duas alternativas, sendo uma em blocos de concreto (alvenaria estrutural) e outra em concreto celular moldado no local.

Tem como missão consolidar e expandir o mercado de produtos e sistemas a base de cimento, prestando serviços tecnológicos de excelência e representando técnica e institucionalmente a indústria do cimento, principalmente nas áreas de competitividade industrial, normalização, qualidade e meio ambiente. A escolha como agente incentivador é pela representatividade e reconhecimento como referência em tecnologia e informação relacionadas a produtos cimentícios como o concreto celular.

5.1.1 Tópicos Abordados no Questionamento ao Agente ABCP

No quadro 4 são apresentados os tópicos abordados no questionamento aplicado ao agente incentivador.

Quadro 4 – Tópicos abordados - ABCP

AGENTE INCENTIVADOR - ABCP	
Tópicos Abordados	Mecanismos de difusão do Método Construtivo em Concreto Celular diretamente aos profissionais de engenharia por meio de palestras, cursos, etc.
	Acompanhamento e suporte técnico prestados pela ABCP diretamente no canteiro de obras
	Auxílio no desenvolvimento de fornecedores de insumos e equipamentos voltados para a aplicação do Método Construtivo em Concreto Celular
	Ações da ABCP para difusão do Método Construtivo em Concreto Celular que facilitem a aprovação do sistema junto aos agentes financeiros

(fonte: elaborado pelo autor)

5.1.2 Respostas do Questionamento ao Agente ABCP

Recebidas as respostas fruto do questionamento efetuado ao agente, foram identificados como incentivos para implementação do método construtivo, os seguintes:

- a) estímulo para a formação de um grupo de estudos que auxiliou no desenvolvimento da NBR 16.055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

NORMAS TÉCNICAS, 2012), referente a paredes de concreto moldadas no local para construção de edificações. Este grupo é formado por construtoras, associações e fornecedores de materiais e visa fomentar a utilização deste sistema usando qualquer tipo de concreto;

- b) disponibilização de material para consulta no site da ABCP referente a paredes de concreto;
- c) ações voltadas para o estímulo a criação de novos produtos e serviços específicos para a área de concreto. Dentro deste item estão sendo desenvolvidos temas referentes a concreto, revestimentos, esquadrias e instalações;
- d) promoção de palestras para a divulgação da NBR 16.055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) através do grupo Paredes de Concreto, do qual a ABCP faz parte.

Em relação ao obstáculo apresentado, pode-se citar que a ABCP não dispõe de técnicos para o auxílio direto às construtoras quanto a ações no canteiro de obras que visem o acompanhamento na execução de um método construtivo inovador.

5.2 AGENTE FINANCEIRO – CAIXA

A Caixa Econômica Federal é um dos agentes mais importantes da cadeia produtiva constituindo-se no principal financiador dos programas de habitação de interesse social, que objetivam viabilizar o acesso a moradia adequada a população de baixa renda. Constituída como empresa pública na década de 1960, a Caixa é responsável pela operacionalização das políticas do governo federal para o setor de habitação popular e saneamento básico. A Caixa financia e repassa desenvolvimento urbano e implementa às políticas do governo para habitação, disponibilizando recursos e investindo na disseminação de informações, qualificação e capacitação de agentes e gestores públicos, além de operacionalizar recursos destinados ao repasse, que poderão ser divididos em recursos onerosos, que exigem retorno e estão vinculados a linhas de crédito, e recursos não-onerosos, que não exigem retorno e sim, apenas contrapartida. Estes últimos estão vinculados a operações de repasse destinadas a estados, municípios ou entidades e organizações não governamentais (trabalho não publicado¹¹).

¹¹ Trabalho não publicado. Apresentação realizada no âmbito do projeto Moradia é Central durante a Oficina 3 – Financiamento para habitação social em centros. Data: 05 de Dezembro de 2008, Local: Instituto Pólis.

5.2.1 Tópicos Abordados no Questionamento ao Agente Caixa

No quadro 5 são apresentados os tópicos abordados no questionamento aplicado ao agente financeiro.

Quadro 5 – Tópicos abordados - Caixa

AGENTE FINANCEIRO - Caixa	
Tópicos Abordados	Reação interna da Caixa quanto a garantia de segurança na aplicação de um novo Método Construtivo Inovador em relação ao Método Tradicional
	Que critérios são utilizados na liberação de recursos para aplicação de um Método Construtivo Inovador
	Como é feita a avaliação da capacidade técnica de um construtor
	Exigências de realização de ensaios para parâmetros de desempenho a fim de liberação de recursos
	Desenvolvimento de procedimentos de fiscalização de obras onde há a utilização de Métodos Construtivos Inovadores

(fonte: elaborado pelo autor)

5.2.2 Respostas do Questionamento ao Agente Caixa

Recebidas as respostas fruto do questionamento efetuado ao agente, foram identificados como incentivos para implementação do método construtivo, os seguintes:

- a) como agente financeiro, aceita e até estimula propostas que envolvam sistemas construtivos inovadores que tragam melhor qualidade, melhor desempenho, menor custo e menor impacto ambiental;
- b) desde que apresentado laudo técnico emitido por um agente técnico qualificado (laboratório ou consultor tecnológico), financia a produção e aquisição de unidades isoladas e pequenos empreendimentos, mediante a realização de monitoramento da obra por entidade habilitada de terceira parte. Após a homologação do sistema construtivo pelo Sinat, financia a produção e aquisição sem limitações aos empreendimentos.

Em relação aos obstáculos apresentados, podem-se citar os seguintes:

- a) possui manual normativo específico para propostas que envolvam sistemas construtivos inovadores, com vistas a verificar a qualidade, vantagem em relação ao sistema construtivo convencional e garantia de desempenho proposto, porém não divulga este manual para conhecimento externo;
- b) não dispõem de recursos para o desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores, nem para o financiamento de avaliação do sistema ou pagamento para ensaios necessários a comprovação de desempenho.

5.3 AGENTE CONSTRUTOR – Construtora X

A construtora escolhida para aplicação do questionário possui grande representação nacional e está no mercado brasileiro desde 1979. É considerada a maior construtora e incorporadora do país no segmento de imóveis para classe média e baixa, sendo uma das primeiras a possuir uma linha de financiamento própria para população de baixa renda. Em 2009, ao lado de outras seis empresas do setor, ajudou o Governo Federal na elaboração do programa habitacional MCMV, implantado com o objetivo de reduzir o histórico déficit habitacional brasileiro. A experiência da construtora com introdução de sistemas inovadores na construção convencional começou com a utilização de blocos de concreto para alvenaria estrutural, chegando hoje, às lajes prontas (içadas), estruturas pré-moldadas e paredes de concreto moldadas no local.

5.3.1 Tópicos Abordados no Questionamento ao Agente Construtora X

No quadro 6 são apresentados os tópicos abordados no questionamento aplicado ao agente construtor.

Quadro 6 – Tópicos abordados – Construtora X

AGENTE EXECUTOR - CONSTRUTORA	
Tópicos Abordados	Como foi o surgimento do Método Construtivo em Concreto Celular como alternativa para construtora
	Existência de profissionais capacitados dentro da empresa para execução do Método Construtivo
	Disponibilização por parte dos demais agentes da cadeia de estrutura para fornecimento de conhecimento no Método Construtivo
	Desafios encontrados no primeiro contato com o Método Construtivo
	Disponibilidade de recursos materiais ou equipamentos
	Problemas enfrentados com insumos e equipamentos críticos
	Percepção quanto a produtividade, custo e acabamento final
	Resistência por parte da mão de obra na utilização do Método Construtivo
	Resistência por parte do consumidor na compra da habitação
	Manutenção em relação ao Método Construtivo Tradicional
	Adaptações de projeto para utilização do Método Construtivo
	Dificuldades apresentadas para aprovação do Método Construtivo junto a Caixa

(fonte: elaborado pelo autor)

5.3.2 Respostas do Questionamento ao Agente Construtora X

Recebidas as respostas fruto do questionamento efetuado ao agente, foram identificados como incentivos para implementação do método construtivo, os seguintes:

- a) adaptação do Método Construtivo direcionando a um foco de mercado (baixa renda) visando redução de custos, padronização dos serviços e a melhora contínua dos empreendimentos;
- b) melhoria dos índices de produtividade comprovados pelos números no canteiro de obras;
- c) economia de recursos maior que em relação ao sistema convencional. Todos os materiais são racionalizados, com redução da perda a quase zero e baixa geração de resíduos;
- d) acabamento de paredes e arremates muito superior em relação ao sistema convencional;
- e) alta liquidez do imóvel pronto;
- f) alta aceitação do consumidor em função do material utilizado e do acabamento final;
- g) menor manutenção de pós-obra em relação ao sistema convencional;
- h) facilitação de financiamento da construção após a implementação do Sinat.

Em relação aos obstáculos apresentados, podem-se citar os seguintes:

- a) houve a necessidade de desenvolvimento de conhecimento para engenheiros e técnicos;
- b) resistência da mão de obra habituada com a construção convencional, gerando falta de interesse em utilização desta. Desenvolvimento de mão de obra específica oriunda de outros setores;
- c) baixa disponibilidade de estrutura para a informação e conhecimento por parte de universidades, órgãos públicos, entidades, ABCP, etc.;
- d) necessidade do desenvolvimento do próprio traço de concreto;
- e) pouca flexibilidade para modificação nos sistemas prediais devido a fixação das instalações elétricas e hidráulicas no interior das fôrmas, além de, necessidade de prevenir vedação de esquadrias, junções de fôrmas, etc;
- f) falta de disponibilidade de equipamentos e materiais no local do empreendimento;
- g) dependência da bomba misturadora de concreto – equipamento extremamente crítico;

5.4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDAS NOS QUESTIONAMENTOS AOS AGENTES

Analisando as respostas obtidas no questionário aplicado, verifica-se que alguns tópicos discutidos tem relação direta entre os agentes e a grande maioria possui comportamento distinto, devendo ser analisado de forma independente em função do papel de cada instituição.

De acordo com as respostas da ABCP, esta Associação incentiva o método construtivo por meio da criação e promoção de palestras para a divulgação da NBR 16.055, norma criada com o intuito de fomentar a utilização deste sistema usando qualquer tipo de concreto, e também disponibilizando material para consulta no site. Em contrapartida, ela não presta auxílio direto às construtoras no canteiro de obras, afirmando, em sua resposta ao questionário enviado, a não disponibilidade de técnicos para o auxílio às construtoras quanto a ações no canteiro de obras que visem o acompanhamento na execução dos serviços. Este fato foi constatado também na resposta obtida do construtor, no qual ele informa que é baixa a disponibilidade da estrutura para informação e conhecimento por parte não só da ABCP, mas de universidades, órgãos públicos, entidades, etc.

Devido a essa falta de acessibilidade, todo o desenvolvimento de mão de obra técnica, incluindo engenheiros, partiu da própria construtora, por meio de ações internas e promoção a ambientação ao novo método construtivo. Outro problema enfrentado pela construtora foi em relação à mão de obra de canteiro, que acostumada com a construção convencional, teve grande resistência ao método no início do empreendimento. Tal fato levou o desenvolvimento da mão de obra a partir de outros setores do mercado, tendo como exemplo dessa migração a função de carpinteiro. Este profissional, habituado à construção de fôrmas em madeira compensada, não obtinha produção compatível na montagem ao que o empreendimento necessitava, sendo substituído posteriormente por um profissional oriundo do setor mecânico, mais habituado com ajustes, níveis e precisão.

Além dos itens citados anteriormente, a ABCP informa, que como forma de incentivo, trabalha com ações voltadas para o estímulo a criação de novos produtos e serviços específicos para a área de concreto, muitos deles sendo focados no desenvolvimento para a construção de habitações de interesse popular. Tal informação não foi comprovada na resposta do agente executor, relatando este, a necessidade de desenvolvimento do próprio traço do concreto celular por ausência de auxílio da ABCP e a dificuldade de encontrar

equipamentos e materiais disponíveis no local do empreendimento, pois não há sequer fontes de difusão de informações tecnológicas, como por exemplo: consultores técnicos, laboratórios de P&D, detentores de máquinas, insumos, etc. Além desses entraves, houve ainda: a dependência de um único fornecedor de bomba misturadora de concreto, equipamento identificado como extremamente crucial; a necessidade de um número grande de adaptações em vedações de esquadrias e junções de fôrmas; e adequações em instalações elétricas e hidráulicas, o que diminui consideravelmente a flexibilidade do sistema.

A Caixa possui disponibilidade de crédito para sistemas inovadores, apesar de que uma das premissas da liberação de crédito é a habilitação técnica atendida, item verificado nas respostas da construtora, pois como agente financeiro, a Caixa aceitando e até estimulando propostas envolvendo sistemas construtivos inovadores, é altamente incentivador. De outra forma, mesmo tendo recursos disponíveis para o financiamento de moradias prontas, não há disponibilização destes recursos para o desenvolvimento do sistema, nem para avaliação e comprovação de desempenho, sendo este um obstáculo para as empresas que estão em processo de desenvolvimento interno de um método construtivo inovador. Esta objeção a liberação de recursos, se dá muito em função de não ser o papel da Caixa (tendo para isso a Finep como entidade fomentadora a inovação, por exemplo). Nenhum dos agentes citou, talvez por desconhecimento, as agências de fomento a inovação tecnológica, nem suas linhas de financiamento. A dificuldade de acesso ou desconhecimento deste item leva a restrição ao desenvolvimento de novos sistemas construtivos

Outro item relevante que pode ser considerado como um obstáculo na implementação do método, é o fato da Caixa possuir um manual normativo de avaliação de sistemas construtivos inovadores restrito a consulta interna, cujo o objetivo é a verificação de qualidade, desempenho e, vantagens e desvantagens em relação ao método convencional.

Em termos técnicos, segundo as informações da construtora, verifica-se que a utilização do método construtivo em concreto celular moldado no local é incentivada pela redução de custos em larga escala, padronização dos serviços pela industrialização de algumas etapas e a evolução constante dos empreendimentos pelo fator repetição. A melhora de índices foi medida em canteiro, chegando até 37% de aumento de produtividade e a um custo geral de 40% inferior em relação à alvenaria convencional de blocos cerâmicos. A racionalização da construção pelo sistema reduz significativamente a geração de resíduos e a perda de materiais,

Concreto celular espumoso moldado no local: identificação dos incentivos e obstáculos enfrentados pelas empresas construtoras para a implementação do método construtivo

dois dos fatores geradores de economia no produto final. Em razão da padronização da construção e da melhoria constante do processo, há sem dúvida, um produto de acabamento final superior ao da construção convencional, seja em acabamento superficial de paredes ou em termos de desempenho. Desta forma, obtêm-se índices de manutenção no pós-obra muito inferiores aos dos métodos mais difundidos. Segundo informações do construtor, o acabamento final superior e o fato do produto empregado na construção das paredes passar a imagem de resistência e durabilidade tornam a habitação de concreto celular um produto de alta aceitação pelo consumidor. Assim, o imóvel pronto tem alta liquidez no mercado, sendo este um dos maiores incentivos apontados pelo construtor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O governo brasileiro está investindo em programas de aquecimento do mercado e trabalhando incisivamente na redução do déficit habitacional. Uma mostra disso são as metas exigidas pela Presidente Dilma Rousseff no lançamento da segunda fase do PAC quando afirma que a prioridade volta-se para a redução da deficiência em moradias e saneamento básico, aplicando investimento pesado nestas áreas. A demanda por moradias populares é histórica, e sua tendência é continuar a crescer devido ao aumento da facilidade da aquisição de moradias por boa parte da população, graças ao programa Minha Casa, Minha Vida, e a estabilidade em que o Brasil vive hoje, viabilizada pela redução de taxas de juros e pela manutenção de programas sociais.

O resultado do trabalho demonstra que há hoje um ambiente favorável à implementação do método construtivo inovador que atenda ao mesmo tempo os requisitos básicos em termos de desempenho e tenha custo atrativo para as empresas construtoras. Este equacionamento sugere o atendimento do custo em sentido amplo, não sendo somente atrativo por gerar um lucro maior, mas sim, por se enquadrar nos valores ofertados pelo mercado e pelo governo dentro de seus programas habitacionais. Corroborando com essa afirmação, há a possibilidade de busca de recursos para fomento por meio de linhas de crédito a inovação (subvenção econômica), dependendo apenas da estrutura da empresa, da capacidade técnica para o desenvolvimento de protótipos e da mão de obra qualificada para a execução.

Fundamental na simplificação de processos e padronização de execução, a Norma NBR 16.055, recém aprovada, é uma ferramenta importantíssima no estímulo a aplicação do método construtivo, pois algumas barreiras estruturais que antes eram um entrave, hoje foram desmanchadas. Isso pode ser comprovado pelo enquadramento das paredes de concreto dentro da Norma NBR 6.118, que eram tratadas como pilares de concreto, tendo muitas vezes, uma espessura maior do que a necessária, tornando assim, sua aplicação onerosa. A Norma NBR 16.055 possibilita a adaptação de diversos tipos de concreto, sendo um instrumento poderoso no incentivo a utilização do método.

Há diversas condições favoráveis para investimento no setor, entretanto, após questionário aplicado, identificou-se alguns dos obstáculos enfrentados pelas empresas construtoras na implementação do método construtivo. O principal entrave na utilização do método é a falta de conhecimento e o acesso a esta, visto que não há uma organização que preste auxílio ao construtor quando este busca informação técnica. Acredita-se por meio das respostas obtidas, que se houvesse auxílio às construtoras e desenvolvimento técnico lastreado por uma associação de porte como a ABCP, incentivadora da utilização do concreto como material construtivo, haveria um maior número de empresas com o sistema em processo de aprovação no Sinat e empreendimentos utilizando o método construtivo. A criação do Sinat foi benéfica para a regulação de ensaios e abertura para o mercado de métodos inovadores. Porém, devido a precariedade e morosidade da estrutura de aprovação corre-se o risco de demora no processo de avaliação, acarretando a entrada de métodos não aprovados quanto a desempenho. Por isso, é de grande valia o fortalecimento da estrutura por meio do crescimento da capacidade de avaliação dos métodos, incorporando novas instituições avaliadoras ao Sistema.

Outro ponto relatado nas respostas foi a falta de materiais e equipamentos desenvolvidos especificamente para o método construtivo, ficando a cargo de cada construtora a solução para problemas decorrentes da execução, desde compatibilização de materiais, até desenvolvimento de traço de concreto. Além disso, a dependência de um determinado equipamento sugere que não há um trabalho efetivo por parte da ABCP na busca de fornecedores capacitados para suprir esta lacuna.

Necessita-se imediatamente da criação de uma estrutura mais aberta a informação, com procedimentos padronizados, tendo materiais e equipamentos desenvolvidos especificamente para o método construtivo, abandonando assim a ideia de adaptações exclusivas às empresas que possuem capacidade de P&D que é parte inerente dos processos de geração de inovação. Deve-se lembrar de que o desenvolvimento de processos não faz parte da competência da grande maioria das construtoras, pois demanda recursos e disponibilidade de profissionais. Idealiza-se que a parametrização de processos, vindo das mãos de entidades capacitadas, abriria o mercado, possibilitando as construtoras obterem qualidade, desempenho e custo compatíveis com o mercado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. **Laje sobre solo para fundação de residência**. 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual técnico para implementação**: Habitação 1.0 – Bairro Saudável, População Saudável. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.645**: execução de paredes de concreto celular espumoso moldadas no local. Rio de Janeiro, 1992a.

_____. **NBR 12.646**: paredes de concreto celular espumoso moldadas no local. Rio de Janeiro, 1992b.

_____. **NBR 6.118**: projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 15.575-1**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008a.

_____. **NBR 15.575-2**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 2: requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2008b.

_____. **NBR 15.575-3**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 3: requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro, 2008c.

_____. **NBR 15.575-4**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 4: sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008d.

_____. **NBR 15.575-5**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 5: requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2008e.

_____. **NBR 15.575-6**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 6: sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2008a.

_____. **NBR 6.122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 16.055**: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

AZEVEDO, S.; ARAÚJO, M. B. Questões metodológicas sobre o “déficit habitacional”: o perigo de abordagens corporativas. **Cadernos Metrópole/Observatório das Metrópoles**, n. 17, p. 241-255, 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Ministro anuncia novo déficit habitacional durante FUM5**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/noticias/ministro-anuncia-novo-deficit-habitacional-de-5-8-durante-fum5/?searchterm=deficit%20habitacional%202009>>. Acesso em: 3 nov. 2010.

_____. Ministério da Cidades. **PAC Habitação**: portal Brasil. Brasília, DF, 2011a. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/pac/o-pac/pac-minha-casa-minha-vida>>. Acesso em: 3 nov. 2011.

_____. Ministério das Cidades. **Diretriz Sinat n. 001**: Diretriz para avaliação técnica de sistemas construtivos em paredes de concreto armado moldadas no local, DF, 2011b. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_sinat.php>. Acesso em: 5 jan. 2012.

BUNKER-BRASIL. **Equipamentos para concreto celular**. Belo Horizonte, 2010. Informativo comercial. Não paginado. Disponível em: <<http://phmac.com.br/venda-equipamentos>>. Acesso em: 4 nov. 2011.

CÊSTA, G. A. Porque utilizarmos paredes de concreto. In: SEMINÁRIO: O SISTEMA PAREDE DE CONCRETO NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL BRASILEIRA, 1., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP; ABESC; IBTS, 2009. p. 1-42. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/sala_de_imprensa/noticias/concrete_show_09_seminario_parede_concreto/05_Porque_utilizamos_parede_Concrto_Geraldo_Cesta_Rodobens.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2011.

CICHINELLI, G. C. Sistemas de fôrmas. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 19, n. 155, fev. 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/155/artigo162891-1.asp>>¹². Acesso em: 6 nov. 2011.

CORTELASSI, E. M. **Avaliação do comportamento de concretos celulares espumosos de alto desempenho**. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

CORTELASSI, E. M.; TORALLES-CARBONARI, B. M. Avaliação da resistência mecânica de concretos celulares espumosos de alto desempenho. In: GERAÇÃO DE VALOR NO AMBIENTE CONSTRUÍDO: INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008. Não paginado.

FARIA, R. Paredes Maciças. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 18, n. 143, fev. 2009. Não paginado. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/143/artigo126454-1.asp?o=r>>¹³. Acesso em: 7 nov. 2011.

FERREIRA, A. R. **Programa de combate ao déficit habitacional brasileiro**. 2009. 71 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Ciências Econômicas) – Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FERREIRA, O. A. R. **Concreto leves**: o concreto celular espumoso. 1986. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

_____. **Concretos celulares espumosos**. São Paulo: EPUSP, 1987. Boletim Técnico PCC n. 10.

¹² É necessário *login* e senha para acesso.

¹³ Idem.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. **Programa de subvenção econômica.** Brasília, DF, 2010. Disponível em:
<http://www.finep.gov.br/programas/subvencao_economica.asp>. Acesso em: 1 nov. 2011.

FREITAS, I. **Produção e propriedades físicas e mecânicas do concreto celular espumoso.** 2004. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A.. **Formulação de critérios para avaliação de desempenho de habitações.** São Paulo, IPT, 1981. Relatório n. 16.277.

_____. **Critérios mínimos de desempenho para habitações de interesse social.** São Paulo, IPT, 1998.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. O processo de produção das paredes maciças. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. p. 49-66.

LOTURCO, B. Fundação direta e rápida. **Revista Técnica**, São Paulo, Pini, ano 12, n. 85, p. 44-45, abr. 2004.

MARGANELLI, L. **CDHU e ABCP desenvolvem projeto piloto de casas populares.** São Paulo, 2004. Não paginado. Disponível em:
<http://www.arquitetura.com/tecnologia.php?id=2&id_tec=20040728100919>. Acesso em: 4 out. 2011.

MISURELLI, H; MASSUDA, C. Paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 17, n. 147, p. 74-80, jun. 2009.

MITIDIARI FILHO, C.V.; THOMAZ, E.; VITTORINO, F.; ROCHA, A. L. Sistema de avaliação técnica de novos produtos e sistemas para construção de habitações: uma proposta para o Brasil. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 11, n. 69, dez. 2002. Não paginado. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/69/artigo32505-1.asp>>¹⁴. Acesso em: 30 out. 2010.

NEVILLE, A. M. **Propriedade do concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1997.

PRADO, E. S.; PELIN, E. R. **Moradia no Brasil:** reflexões sobre o problema habitacional brasileiro. São Paulo: FIPE/USP; CBMM, 1993.

REIS, A. T. da L.; LAY, M. C. D. O projeto de habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Ambiente construído.** Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 99-119, 2010.

SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldados *in loco*:** avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. 2008. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

¹⁴ É necessário *login* e senha para acesso.

SCHWARK, M. P. Inovação: porque o desinteresse na indústria da construção civil. In: INOVAÇÃO em construção civil – coletânea 2006, São Paulo: Uniemp, 2006. p. 43-52.

SOUZA, R. **Sistemas construtivos inovadores para habitação econômica**. São Paulo, CTE 2010. Não paginado. Disponível em: <http://www.cte.com.br/site/artigos_tecnologia_ler.php?id_artigo=1697>. Acesso em: 2 nov. 2011.

TEIXEIRA FILHO, F. J. **Considerações sobre algumas propriedades dos concretos espumosos**. 1992. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

VAQUERO Y MAYOR, A. Parede de concreto: uma alternativa competitiva. In.: SEMINÁRIO HABITAÇÃO: PAREDES DE CONCRETO, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2008. Não paginado.

VELLOSO, D.; LOPES, F. R. Concepção de obras de fundações. In: HACHICH, W., FALCONI, F. F., SAES, J. L., FROTA, R. G. O., CARVALHO, C. S., NIYAMA, S. (Ed.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 211-226.

WENDLER, A. Paredes de concreto em habitações: velocidade com qualidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL, 11., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP; ABECE; 2008. Não paginado. Disponível em: <http://www.abece.com.br/web/download/pdf/enece2008/Palestra_Arnoldo_Wendler.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2011.

APÊNDICE A – Questionamentos e Respostas dos Agentes

1º) Agente Incentivador – ABCP: foco em difusão da tecnologia

Questão 1 - Qual o suporte que a ABCP oferece em termos de cursos, palestras, etc, para a informação dos profissionais da Engenharia Civil na difusão do método construtivo em concreto celular?

A ABCP estimulou a formação de um grupo de estudo, que vem trabalhando desde 2007 para desenvolver o sistema construtivo de parede de concreto moldado no local. Este grupo é formado por construtoras, associações e fornecedores e visa fomentar a utilização deste sistema usando qualquer tipo de concreto. No site da ABCP pode-se fazer download gratuito do material desenvolvido pelo Grupo Paredes de Concreto.

Questão 2 - A ABCP dispõe de técnicos para auxílio aos construtores no desenvolvimento de ações no canteiro de obras quanto ao acompanhamento da execução com o método construtivo? Se sim, qual a estrutura de atendimento oferecida? Qual o ônus do construtor?

Não.

Questão 3 - Há auxílio por parte da ABCP no desenvolvimento de fornecedores de insumos e equipamentos que estejam de acordo com parâmetros pré-estabelecidos de qualidade e capacitação?

O grupo Parede de Concreto, do qual a ABCP faz parte, tem ações voltadas para estimular criação de novos produtos e serviços específicos para o sistema. Os temas trabalhados este ano serão: concreto, revestimento, esquadrias e instalações.

Questão 4 - Quais as ações a ABCP têm realizado para facilitar a aprovação da tecnologia por agentes financiadores (CEF), fiscalizadores (prefeituras), etc

O grupo Paredes de Concreto, do qual a ABCP faz parte, promove palestra para divulgação da norma ABNT NBR 16055 - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos.

2º) Agente Fomentador/Fiscalizador – CEF: foco em segurança com a tecnologia

Questão 1 - No âmbito da garantia de segurança para a aplicação do método construtivo inovador, como CEF reage internamente a uma técnica não conhecida, em relação ao método tradicional?

A CAIXA tem um manual normativo específico para propostas que envolvam sistemas construtivos inovadores, com vistas a verificar a qualidade, vantagens em relação ao convencional e a garantia de desempenho do produto proposto, denominado AE 091 003. Este normativo é de uso interno da instituição e prevê uma série de procedimentos internos para o tratamento da matéria e também os procedimentos a serem adotados pelos proponentes. Como agente financeiro de fomento a CAIXA estimula propostas que envolvam sistemas construtivos inovadores que tragam melhor qualidade, melhor desempenho, menor custo ou menor impacto ambiental.

Questão 2 - Que critérios são utilizados pela CEF para a liberação de recursos a um construtor interessado em edificar com o método construtivo inovador?

A CAIXA não dispõe de recursos para o desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores nem para o financiamento de avaliação do sistema ou para o pagamento dos ensaios necessários à comprovação de desempenho. O BNDES, por seu perfil e atribuições, teria este papel. Entretanto uma vez apresentado à CAIXA um Laudo de Avaliação emitido por entidade habilitada, preferencialmente credenciada no SINAT, a CAIXA passa a financiar a produção e aquisição de unidades isoladas e pequenos empreendimentos, mediante realização do monitoramento da obra por entidade habilitada de terceira parte, com o objetivo de verificar conformidade, gestão da produção e qualidade do produto final.

Questão 3 - Como é feita a avaliação da capacidade técnica da empresa proponente do método construtivo inovador?

O proponente do sistema poderá executar diretamente a obra ou ceder a tecnologia através de contrato formal e responsabilidade solidária. A construtora passa pela análise de risco no caso

de empreendimentos. No caso de unidades isoladas, a regra é flexibilizada, em função do risco pulverizado.

Questão 4 – Qual é o critério para liberação de recursos para execução de projetos no método construtivo? Há a exigência da realização de ensaios a fim de obtenção de parâmetros de desempenho?

A CAIXA normalmente não prevê o financiamento de projetos nas operações do setor privado. Existe esta possibilidade para operações de natureza social, envolvendo associações ou cooperativas sem fins lucrativos, com recursos do Fundo de Desenvolvimento Social, mediante comprovação de propriedade de terreno ou aquisição de terreno e desenvolvimento de projetos, mediante análise de viabilidade prévia pela CAIXA. Neste caso o financiamento se direciona ao empreendimento e não ao sistema construtivo, porém pode envolver sistemas construtivos inovadores.

Existe a exigência de ensaios de comprovação de desempenho com base na ABNT NBR 15.575:08, Norma de Desempenho de Edificações até 05 Pavimentos, acompanhados de laudo de avaliação conclusivo sobre o desempenho do sistema emitido por entidade habilitada.

Questão 5 - Há o desenvolvimento de procedimentos especiais para fiscalização de obras utilizando métodos construtivos inovadores?

Para o financiamento de empreendimentos com sistemas construtivos inovadores a CAIXA exige a apresentação prévia do Plano de Monitoramento e do Plano de Controle Tecnológico, que são analisados antes da contratação do financiamento. O monitoramento deve ser contratado pelo proponente, devendo ser realizado por entidade habilitada e profissionais especializados. A fiscalização das obras, por definição, cabe aos agentes promotores no caso de empreendimentos do setor público.

3º) Agente Executor – Construtora: foco em produção com a tecnologia

Questão 1 - Como surgiu o concreto celular como alternativa para a construtora?

Surgiu como nova tecnologia para edificações de baixa renda (que é o nosso foco em determinadas áreas), visando a redução de custos, a padronização de serviços, a melhora contínua da qualidade em nossos empreendimentos;

Questão 2 - A construtora possuía no seu quadro técnico profissionais com conhecimento no método construtivo?

Não, partimos do zero, desenvolvendo soluções para cada problema, em reuniões com os profissionais do setor de obras e projetos, treinando e conscientizando as equipes de obra para quebrar os paradigmas do novo e inusitado para nosso quadro e nosso negócio;

Questão 3 - A ABCP, órgãos públicos, universidades ou laboratórios particulares disponibilizaram sua estrutura para fornecimento de conhecimento à construtora?

Não. Cada obstáculo encontrado era um motor de propulsão para buscarmos conhecimento por conta própria. A partir das primeiras etapas vencidas, a equipe toda ficou motivada para apresentar sugestões, buscar soluções e alternativas;

Questão 4 - Quais foram os principais desafios encontrados no primeiro contato com o método?

Desenvolver projetos de fôrmas e modulação do sistema. A partir deste momento, desenvolvemos os traços, as instalações embutidas (as fixações) e os vãos de portas e janelas;

Questão 5 - Houve em algum momento a falta de recursos ou materiais no mercado?

Sim, os recursos foram planejados, revisados e revistos muitas vezes, de acordo com nossa capacidade de investimento. Alguns materiais e equipamentos foram trazidos de fora do estado.

Questão 6 - *Quais são os insumos ou equipamentos críticos?*

A bomba de mix do concreto. O sistema pex de instalações hidráulicas exigiu um treinamento intensivo da equipe de execução;

Questão 7 - *Qual a percepção da empresa quanto a produtividade, custo e acabamento do produto final?*

Houve um ganho de produtividade da ordem de 30% na mão-de-obra, em comparativo com a alvenaria de blocos de concreto e 37% em comparação ao sistema de blocos cerâmicos (construção convencional); O custo inicial direto é equivalente ao sistema de alvenaria de bloco estrutural, quando comparado ao custo final o sistema chega a 40% de economia; O acabamento do produto final é o grande apelo junto ao cliente final, é um diferencial significativo que alavanca a venda e o fechamento rápido de negócios;

Questão 8 - *Houve resistência por parte da mão de obra?*

Sim, por este motivo optamos por treinar profissionais de outras áreas do mercado (serralheiros, marceneiros de móveis e mecânico de automóveis) para a montagem do sistema; Após o primeiro empreendimento realizado, muitos interessados do setor nos procuraram visando parcerias (não concretizadas até o momento);

Questão 9 - *Há resistência por parte do consumidor?*

Em projeto não negociamos nenhuma unidade. Após o primeiro bloco realizado, negociamos rapidamente as 20 unidades disponíveis;

Questão 10 - *Em relação ao método anteriormente utilizado, em alvenaria tradicional, há a percepção de menor manutenção pós-obra? Se sim, em qual intensidade e quais são os principais problemas enfrentados?*

Sim. Alguns problemas que eram recorrentes em construção convencional, como prumo, alinhamento e deficiência de nível em rebocos, foram eliminados. Optamos pelo uso da textura acrílica externa diretamente sobre a parede finalizada, pois não há necessidade do

acabamento fino e massa corrida PVA interna e posterior pintura. Não ocorreram fissuras do tipo “bigode” em janelas, pois na armação das paredes já foram previstos os reforços de vergas e contravergas. Após a instalação de portas, janelas e a pintura realizada, nenhuma manutenção em paredes foi necessária até o presente momento;

***Questão 11** - Quais foram as adaptações de projeto e do sistema de produção para utilizar a tecnologia?*

O projeto foi modulado para otimizar o sistema de formas, pé-direito, portas e janelas. O sistema de produção foi 100% desenvolvido em nossos escritórios e os profissionais treinados especificamente para esse sistema construtivo;

***Questão 12** - No processo de aprovação junto a CEF houve alguma dificuldade?*

Muita resistência até o ano de 2009, pois simplesmente não reconhecia o sistema. Havia muita dificuldade para financiamento e aprovação. Após 2010 a CEF abriu-se ao novo sistema, facilitando o financiamento com a mesma oportunidade de outros sistemas do mercado, desde que aprovados pelo Sinat;