

# CONCRETO

& Construções

Ano XXXVIII | # 59  
Jul. • Ago. • Set. | 2010  
ISSN 1809-7197  
www.ibracon.org.br



**IBRACON**  
Instituto Brasileiro do Concreto

## ■ ACONTECE NAS REGIONAIS



52º CONGRESSO  
BRASILEIRO  
DO CONCRETO  
Novas Tecnologias do Concreto  
para o Crescimento Sustentável.

Congresso técnico-científico  
do IBRACON em Fortaleza

## ■ PRODUTOS DO CONCRETO



Macrofibras poliméricas  
no concreto

## ■ NORMALIZAÇÃO TÉCNICA



ABNT NBR 15823 - Norma brasileira  
do concreto autoadensável

# Pré-moldados de concreto:

soluções sustentáveis e  
competitivas para obras  
habitacionais, esportivas  
e de infraestrutura



## O NOSSO TRABALHO É GARANTIR QUALIDADE PARA O SEU PROJETO.

Com os pré-fabricados T&A, você pode otimizar o tempo da obra, atender prazos e, principalmente, ter a garantia de execução dentro do orçamento previsto. A nossa linha de produtos é reconhecida pela alta performance, estética e durabilidade. Preocupada com a preservação ambiental, a T&A não utiliza fôrmas de madeira, permitindo que todo o processo de fabricação seja ecologicamente correto. Esses são apenas alguns dos muitos motivos que fazem da T&A a escolha certa.



# T & A

PRÉ-FABRICADOS

concretizando o futuro

[www.tea.com.br](http://www.tea.com.br)

**21 Solucionando problemas**  
As vantagens dos sistemas pré-fabricados de concreto no equacionamento das demandas habitacional, esportiva e por infraestruturas



**31 Avaliando fissuras e trincas**  
Critérios para aceitação ou não de estacas pré-fabricadas de concreto com fissuras e trincas

**39 Macrofibras poliméricas**  
Importância da dosagem no uso de macrofibras poliméricas no concreto

**44 Normalização técnica**  
Os temas, desafios e referências no âmbito das discussões do texto-base da ABNT NBR 14861 - a norma brasileira de lajes alveolares



**51 Paredes duplas**  
Os aspectos técnicos, industriais, de segurança e de sustentabilidade do sistema construtivo industrializado conhecido por Paredes Duplas



**58 Normalização técnica**  
Ensaio para classificação do concreto autoadensável preconizados na Norma Brasileira ABNT NBR 15823

**65 Construção racionalizada**  
A viabilidade técnica-construtiva dos pré-fabricados e seu controle tecnológico rigoroso



**Créditos Capa:**

Arte a partir de fotos de estruturas pré-fabricadas de concreto | Ellemento-Arte

## SEÇÕES

- 4 Editorial
- 6 Converse com IBRACON
- 12 Personalidade Entrevistada: *Sidonio Porto*
- 27 Mercado Nacional
- 37 Entidades Parceiras
- 56 Mantenedor
- 70 Acontece nas Regionais
- 74 Pesquisa Aplicada
- 82 Mercado Editorial



INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO  
Fundado em 1972  
Declarado de Utilidade Pública Estadual | Lei 2538 ce 11/11/1980  
Declarado de Utilidade Pública Federal | Decreto 86871 de 25/01/1982

**Diretor Presidente**  
José Marques Filho

**Diretor 1º Vice-Presidente**  
(em aberto)

**Diretor 2º Vice-Presidente**  
Túlio Nogueira Bittencourt

**Diretor 1º Secretário**  
Nelson Covas

**Diretor 2º Secretário**  
Sonia Regina Freitas

**Diretor 1º Tesoureiro**  
Claudio Sbrighi Neto

**Diretor 2º Tesoureiro**  
Carlos José Massucato

**Diretor Técnico**  
Carlos de Oliveira Campos

**Diretor de Eventos**  
Luiz Prado Vieira Júnior

**Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento**  
Ângela Masuero

**Diretor de Publicações e Divulgação Técnica**  
Inês Laranjeiras da Silva Battagin

**Diretor de Marketing**  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

**Diretor de Relações Institucionais**  
Mário William Esper

**Diretor de Cursos**  
Flávio Moreira Salles

**Diretor de Certificação de Mão-de-obra**  
Júlio Timerman



**Revista Oficial do IBRACON**  
Revista de caráter científico, tecnológico e informativo para o setor produtivo da construção civil, para o ensino e para a pesquisa em concreto

ISSN 1809-7197  
Tiragem desta edição 5.000 exemplares  
Publicação Trimestral  
Distribuída gratuitamente aos associados

**JORNALISTA RESPONSÁVEL**  
Fábio Luís Pedroso - MTB 41728  
fabio@ibracon.org.br

**PUBLICIDADE E PROMOÇÃO**  
Arlene Regnier de Lima Ferreira  
arlene@ibracon.org.br

**PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO**  
Gill Pereira (Ellemento-Arte)  
gill@ellemento-arte.com

**ASSINATURA E ATENDIMENTO**  
office@ibracon.org.br

**Gráfica:** Ipsis Gráfica e Editora  
Preço: R\$ 12,00

As ideias emitidas pelos entrevistados ou em artigos assinados são de responsabilidade de seus autores e não expressam, necessariamente, a opinião do Instituto.

Copyright 2010 IBRACON. Todos os direitos de reprodução reservados. Esta revista e suas partes não podem ser reproduzidas nem copiadas, em nenhuma forma de impressão mecânica, eletrônica, ou qualquer outra, sem o consentimento por escrito dos autores e editores.

**PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL**  
Túlio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil

**COMITÊ EDITORIAL**  
Ana E.P.G.A. Jacintho, PUC-Campinas, Brasil  
Ângela Masuero, UFRGS, Brasil  
Hugo Rodrigues, ABCP, Brasil  
Inês Battagin, ABNT, Brasil  
Íria Lícia Oliva Doniak, ABCIC, Brasil  
José Luiz A. de Oliveira e Sousa, UNICAMP, Brasil  
José Marques Filho, IBRACON, Brasil  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, UFRGS, Brasil  
Maryangela Geimba de Lima, ITA, Brasil  
Paulo Helene, PCC-EPUSP, Brasil



**IBRACON**  
Rua Julieta Espírito Santo Pinheiro, 68 - CEP 05542-120 - Jardim Olímpia - São Paulo - SP  
Tel. (11) 3735-0202

editorial

# 52º Congresso Brasileiro do Concreto: contribuindo com o desenvolvimento da engenharia do concreto

**E**stamos às vésperas da realização do maior fórum técnico anual de debates sobre concreto no Brasil e, quiçá, na América Latina, o 52º Congresso Brasileiro do Concreto, sob a égide das “Novas Tecnologias do Concreto para o Desenvolvimento Sustentável”.

O Congresso Brasileiro do Concreto (CBC) vem sendo realizado desde 1972, quando da fundação do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), nas dependências do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Pode-se dizer que o CBC foi responsável por parte da evolução da engenharia civil e, em especial, dos temas relacionados ao Concreto, ao longo desses trinta e oito anos. Os artigos e trabalhos técnicos publicados nesses 51 congressos têm contribuído significativamente no desenvolvimento científico e tecnológico do país. Tal afirmação é comprovada pelo reconhecimento da comunidade do concreto e pela fidelidade dos associados a cada nova edição. A frequência ao CBC, ano a ano, cresce a olhos vistos, assim como a participação de engenheiros e professores estrangeiros. Todos os anos os registros de congressistas, de resumos enviados e de trabalhos aprovados também comprovam o reconhecimento ao CBC como “o” fórum técnico do concreto brasileiro.

Outro aspecto a ser lembrado é o crescimento acelerado da participação de estudantes, interessados tanto nos concursos quanto nas apresentações técnicas. Por exemplo, a participação no Congresso é o “prêmio” de dois concursos levados a cabo durante a Concretshow, em São Paulo: o ConcreteLight e o ConcretePower; no caso deste último, as duas melhores equipes disputarão a “final” em Fortaleza.

Este ano, de 13 a 17 de outubro, em Fortaleza/CE, certamente seremos mais de mil engenheiros, arquitetos, estudantes e técnicos a discutir e trocar experiências a respeito de mais recentes tecnologias e metodologias construtivas e das últimas novidades em ferramentas e modelos matemáticos para cálculo estrutural; a divulgar trabalhos realizados em escritórios de projeto, canteiro de obras e laboratórios, bem como as pesquisas e trabalhos desenvolvidos em universidades; a acompanhar os divertidos concursos estudantis; mas, em especial, a encontrarmos os velhos, e fazermos novos, amigos.

Foram aprovados 477 trabalhos para apresentação nas sessões orais e pôsteres, provenientes de todas as regiões do país. Para a verificação e

aprovação desses trabalhos, o IBRACON contou com o esforço de 71 profissionais das diversas áreas correlatas.



Já estão confirmadas as participações e apresentações técnicas de diversos expoentes da engenharia internacional, tais como: Patrick Poultre, de Sheerbrook/Canadá, e Robert Stark, da Universidade do México, a respeito de ações dinâmicas; Jacky Mazars, de Grenoble/França, sobre modelos estruturais; Hani Nassif, de New Jersey/EUA, acerca de CAD e CAA; e Ernie Schrader, consultor de diversos projetos e obras de grande porte, em Concreto Compactado com Rolo (CCR). Vale lembrar que diversos outros especialistas de renome participarão dos seminários e de apresentações especiais.

O 52º CBC será realizado no Centro de Convenções Edson de Queiroz, com cerca de 15.200 m<sup>2</sup>, que tem condições de abrigar, além das trinta sessões científicas previstas, dos quatro seminários, dos 2 “workshops” referentes a temas controversos, de dois cursos específicos e da arena para os concursos estudantis, a já tradicional FEIBRACON, este ano a sexta edição, ao longo dos quatro dias de duração. Até o momento, mais de trinta patrocinadores e expositores apóiam o IBRACON neste 52º CBC.

Finalmente, cabe ressaltar que Fortaleza, capital do Ceará, é um dos destinos preferidos pelos turistas brasileiros e estrangeiros. Nos últimos anos, tem havido um crescimento notável no número de visitantes. O que torna Fortaleza e o Ceará tão atrativos são as praias ensolaradas, a vida noturna agitada, a deliciosa cozinha regional, a rica cultura, o povo simpático e amigável. Fortaleza é um excelente local para comprar artesanato. Artistas talentosos produzem diversos tipos de artesanato (madeira, cerâmica, tecidos), de alta qualidade, e vendem por preços relativamente baixos, quando comparados aos cobrados no Sul do Brasil. Há diversos locais para compra de artesanato, mas os dois mais conhecidos, que oferecem mais produtos e onde vale pechinchar, são o Mercado Central de Artesanato e a Feirinha da Beira-Mar.

Esta é, portanto, uma excelente oportunidade de juntar o “útil ao agradável”, um programa para toda a família. Contamos com a presença de todos para participar tanto da parte técnica quanto da diversão no 52º Congresso Brasileiro do Concreto.

**LUIZ PRADO VIEIRA JÚNIOR**  
DIRETOR DE EVENTOS - IBRACON

# O QUE GRANDES SHOPPINGS TÊM EM COMUM? LAJES ALVEOLARES E SOLUÇÕES INDUSTRIALIZADAS COM A MARCA CASSOL PRÉ-FABRICADOS



SHOPPING IGUATEMI

*"A laje alveolar é um produto cada vez mais utilizado no mercado, em função de sua elevada eficiência ao vencer grandes vãos e altas sobrecargas. É o maior e melhor exemplo da racionalização da Construção Civil."*

Carlos Melo  
CMA Engenharia



SHOPPING BOURBON

*"Considero as lajes alveolares para pisos uma solução prática, econômica e que atende perfeitamente as exigências estruturais."*

Eduardo Barros Millen  
Zamarion e Millen Consultores



*"As lajes alveolares Cassol proporcionam a Almeida Junior uma excelente relação custo-benefício que são fundamentais na qualidade e tecnologia das obras dos shoppings da nossa rede, garantindo cronograma cada vez mais curtos."*

Jaimes Almeida Junior  
Almeida Junior Shopping Centers



JOINVILLE GARTEN SHOPPING



VIA BRASIL SHOPPING

SEGURANÇA, CONFIANÇA E QUALIDADE

## LAJES ALVEOLARES CASSOL. QUEM USA, RECOMENDA.

Referência entre os mais exigentes empreendedores do país por sua logística privilegiada, a Cassol possui a maior capacidade em produção e fornecimento de lajes alveolares.



CASSOL  
PRÉ-FABRICADOS



Nossas Fábricas: | PR . Tel. (41) 3641 5900  
SC . Tel. (48) 3381 5900 | RS . Tel./Fax (51) 3462 5900  
RJ . Tel. (21) 2682 9400 | SP . Tel./Fax (19) 3879 8900

[www.cassol.ind.br](http://www.cassol.ind.br)

**CASSOL**  
PRÉ-FABRICADOS

# Converse com o IBRACON

## **Victor M. de Souza Lima - Fragmentos da memória de um amigo**

Entramos juntos na Poli, em fins de 1946, ele em segundo lugar, eu em nono. No primeiro ano, em 1947, pouco falamos um com outro. Éramos de “panelas” diferentes: ele, brasileiro, vindo do Colégio São Luiz; eu, italiano, do Colégio Dante Alighieri. Em minha “panela”, o Dante Martinelli e o Vincenzo Albanese; na dele, o Luiz Patrício Cintra do Prado e o Wilson de Araújo Costa. Acho que talvez o primeiro contato tenha sido assim: o Victor dizendo “...Mario, você que é tão bom em Física, veja se resolve esta dúvida”. (Eu andara tirando notas máximas nas provas de Física e era apelidado - com característica ironia universitária - “o pai da Física”.) Não lembro se resolvi o “galho”, mas foi o começo de nossa amizade.

Já a partir do segundo ano, as trocas de idéias foram ficando mais e mais freqüentes: “Cálculo II” (o temível Camargo, cujo livro de Cálculo Vetorial era apelidado “Aventuras de um vetor travesso”), “Mecânica Racional” (o brilhante Breves), “Física II” (o excelente Cintra do Prado). Tivemos longas conversas sobre as equações diferenciais da Eletrodinâmica. E com as aulas do Prof. Telemaco van Langendonck, passou a haver uma infinidade de assuntos a discutir. Nessa época, o Victor vinha freqüentemente à Poli com o belíssimo Cadillac cor de vinho do pai e me dava “carona” até em casa. A amizade começou a crescer e ele passou a freqüentar a minha residência na Alameda Jahú, para estudarmos juntos. À casa dele, na Avenida Angélica, em frente à Praça Buenos Aires, fui convidado por ocasião de um memorável jantar, que contou com vatapá e com a presença musical de Inezita Barroso; era a primeira festa brasileira de que participava, visto que eu vivia em ambiente predominantemente italiano. Foi, também, nesse período, que passamos

longas horas conversando sobre religião, ele tentando entender porque eu, judeu, não queria me converter ao catolicismo. Creio que, ao longo do tempo, acabou aceitando meus argumentos (identidade, tradição) e formou-se, assim, uma sólida base de respeito recíproco, que permeou todo o nosso relacionamento posterior.

Pouca gente sabe, mas, logo depois de nossa formatura, o Victor trabalhou por um brevíssimo período como Engenheiro na JKMF, escritório de cálculo estrutural que havia sido fundado por Julio Kassooy e por mim, em 1952. Mas, naqueles primeiros tempos, a rotina de projeto era repetitiva e tediosa, e o Victor se queixava disso dizendo: “Mario, você precisa almejar coisas maiores: tornar-se especialista em vigas de grande vão, em edifícios altos...”. Não é preciso dizer que, daí por diante, essa frase passou a nortear meus planos profissionais. Logo, saiu da JKMF para ser Assistente da Cadeira de “Pontes e Grandes Estruturas” (Gravina) e, em seguida, da de “Resistência dos Materiais e Estabilidade das Construções” (van Langendonck), início de uma fulgurante carreira universitária. Suas impecáveis apostilas foram fundamentais para o ensino de gerações de politécnicos

É dessa época o interesse do Victor pela Teoria da Plasticidade, cuja semente inicial foi plantada por uma memorável palestra proferida na Poli pelo Prof. Belluzzi de Bologna (cujos livros-texto formaram parte obrigatória de nossas bibliotecas.) O Victor, caracteristicamente, estudou o assunto, aprofundou-o e conquistou meu interesse, dando-me um resumido curso de Plasticidade, com sua extraordinária clareza. Logo, colocou-me a seguinte questão: “O aço tem capacidade praticamente ilimitada de plastificação, obedecendo assim rigorosamente àquela Teoria. Mas, e o concreto? Quais são suas limitações quanto à



surgiram daquela motivação inicial que o Victor provocou!

Por indicação do Victor, fui convidado, em fins dos anos 1950, pelo Prof. Telemaco, para lecionar “Exercícios de Resistência dos Materiais” a uma turma de Mecânicos-Eletricistas, como professor substituto. Foram dois anos muito interessantes para mim, pois precisei me aprofundar (com a preciosa ajuda do Victor) em Teoria da Elasticidade, estudando Sokolnikof, Timoshenko e Den Hartog. Depois de mais de dois anos na Cadeira de Concreto (Prof. Nilo Amaral), a pressão do Escritório, sendo muito grande, eu desisti de dar aulas. Mas ficou, por sugestão do Prof. Nilo, a idéia de fazer doutorado. No início dos anos 1960, ainda não existia

plastificação das seções?” Incentivou-me a estudar esse assunto, do que resultou, em 1957, um pequeno artigo que publiquei na Revista do Instituto de Engenharia. Excepcionalmente o Victor, que eu saiba, aqui no Brasil, ninguém o leu; no entanto, meses depois, recebi do próprio Victor um envelope que havia chegado, em meu nome, no Departamento de Estruturas da Poli: tratava-se de uma carta em francês do professor tcheco Milik Tichy (que acabou tornando-se um mestre em plasticidade do concreto), comentando o meu artigo. É claro que compartilhei essa alegria com o Victor, meu mentor; iniciou-se uma intensa correspondência, acompanhada pelo envio de diversos interessantíssimos artigos do Prof. Tichy, sempre em francês com tradução russa ao lado (tempos de Cortina de Ferro!). Quantas conseqüências positivas

a análise matricial das estruturas por meio de computadores (da qual, como veremos, o Victor foi um pioneiro); e a análise global dos edifícios altos para cargas laterais começava, então, a ser efetuada com o “Método do Meio Elástico Contínuo”. Este foi o tema de minha tese, na qual apliquei os princípios do Método a estruturas espaciais com dois eixos de simetria; até então, só se conhecia a análise plana. Após montar minhas equações diferenciais (um sistema de 5 equações lineares de 2ª. Ordem, reduzidas, depois, a uma única equação linear de 4ª. Ordem), precisava, uma vez integrada essa equação (o que consegui), fazer aplicações numéricas. O Victor, que acompanhava de perto meus esforços, já estava, então, começando a trabalhar com o computador IBM 1640 da USP e sugeriu-me escrever um programa para poder com facilidade efe-

tuar tais aplicações. Ensinou-me Fortran IV, linguagem com a qual escrevi a tese; ajudou-me a perfurar os “decks” de cartões e prontificou-se a levá-los à USP, para processar meus exemplos. Nunca esquecerei a emoção (minha, é claro, mas também dele), quando apareceram os primeiros resultados impressos: estavam certos!!!

Enquanto escrevia minha tese (levou alguns anos e só foi defendida em 1967, diante de uma banca da qual o Victor participou), ele defendeu a dele e, em seguida, em 1964, enfrentou a livre-docência. Fui à Poli assistir à defesa. Lá estava a família do Victor, lá estavam os colegas e amigos. Um dos membros da banca era o Prof. Figueiredo Ferraz. Chegada a vez dele argüir, fez uma série de graves objeções e, finalmente, pegou um pequeno livro, dizendo: “O que Vossa Senhoria apresenta em sua tese está tudo aqui, neste livro russo” (o Prof. Ferraz tinha estudado Russo). Gelei. Pensei: “o Victor está perdido, será reprovado!” Mas, enganava-me: chegada a vez de responder, ele levantou-se calmamente, rebateu ponto por ponto todas as questões levantadas, informou que conhecia, sim, o tal livro russo, mas que o que ele apresentara na tese não estava naquele livro. Ao que o Prof. Ferraz disse: “Sabia disso tudo, mas minha intenção era justamente evidenciar a força do candidato”. Deu nota máxima, como, aliás, deram os demais membros da banca.

Quando, em 1967, defendi tese, minha mulher Gabriella estava muito doente, com leucemia, vindo a falecer em janeiro de 1968, depois de 14 anos de casados. Tínhamos 4 filhos, com 13, 11, 10 e 4 anos. Foi o período mais sombrio de minha vida. Em 1969, estava pensando em casar novamente, com a Ilda, que é 16 anos mais jovem. Diante de vários pareceres contrários, fui pedir conselho ao Victor, cuja opinião eu prezava acima de qualquer outra. Lembro até hoje os detalhes de nossa conversa. “Victor, eu gosto muito dela, mas é bem mais jovem do que eu”. “Sorte sua! Case!”, disse ele enfaticamente. Foi decisivo: casei e fiquei devendo ao amigo Victor os mais de 40 anos desse meu feliz segundo casamento e da filha que dele nasceu.

Nessa época (continuo falando dos anos

1960), o Victor começou a estudar “Análise Matricial das Estruturas” (tema de sua tese de livre-docência, em 1964.) Lembrome das explicações, que me dava, escritas com precisa caligrafia e com a clareza que o caracterizava:... “matriz de rigidez do elemento”, “matriz de rigidez da estrutura desmontada”, “matriz de incidência”... Era a aurora da nova era da “Análise Matricial”, disciplina da qual foi, em seguida, professor na Poli, juntamente com “Teoria dos Elementos Finitos”. Logo, escreveu programas para a análise de pórticos planos e grelhas; e foi, em 1964, que, prestando consultoria a meu Escritório, processou, com programa por ele desenvolvido, um grande pórtico destinado suportar os pesados fornos elétricos da Eletrosiderúrgica Brasileira (SIBRA), em Salvador. Foi a primeira estrutura projetada em minha empresa com auxílio de computador.

Em 1969, Victor foi a Portugal com a família. Estavam em Lisboa, quando ocorreu o grande terremoto daquele ano, que, voltando ao Brasil, nos descreveu dramaticamente, com minúcias. Lá teve contatos com os professores Júlio Ferry Borges, Eduardo de Arantes e Oliveira e José de Oliveira Pedro, iniciando sólidas amizades e alcançando o merecido respeito dos portugueses, que marcou profundamente toda a sua vida profissional. Visitou a Ponte sobre o Tejo (então, Ponte Salazar) e trouxe ao Brasil exemplares do livro publicado, em 1966, pelo Gabinete da Ponte, doando-me um deles. Em 1971, participou, na África Portuguesa, das Jornadas Luso-Brasileiras de Engenharia Estrutural, experiência que, depois, compartilhou, como sempre com entusiasmo, com seus amigos.

A partir do pórtico pioneiro da SIBRA, o Victor, paralelamente à sua brilhante carreira universitária, passou a atuar como consultor de diversas empresas de projeto estrutural, entre as quais a SERETE e, também, a JKMF. Em 1969, processou a meu pedido, a esbelta casca poliédrica do Palácio das Convenções do Parque Anhembi. Tinha passado a época da tediosa rotina dos primeiros tempos, as estruturas tornavam-se mais complexas e desafiadoras, já havendo programas poderosos, que ele passou a dominar e que

necessitavam do emprego dos grandes computadores da época: surgiram o STRESS, o STRUDL, o ANSYS, o SAP e outros programas de análise estrutural. Os diversos problemas de meu Escritório eram, por nós, minuciosamente estudados de modo a modelá-los eficientemente; o Victor se encarregava do preparo dos cartões e do processamento. Começou com o IBM 1160 e, depois, passou a utilizar “mainframes” de grande porte, como o da Control Data e outros. Mas, igualmente importante, era a cuidadosa análise e interpretação dos resultados, que fazíamos à noite, debruçando-nos sobre os resultados numéricos e procurando dar-lhes lógica e significado. Era a etapa necessária para se tirar corretamente o máximo proveito da grande massa numérica de informação. Analisamos grandes viadutos curvos em seção caixão e passamos a dominar os problemas da torção de St. Venant, da flexo-torção e da deformação transversal das seções. Os resultados numéricos enriqueciam nossa bagagem teórica, aumentando nossa compreensão desses problemas.

Em 1971, o Victor era Chefe do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Poli, por sinal o mais jovem professor daquele Departamento. Naquela época, por força da recente Reforma Universitária, as disciplinas da área de Estruturas e Fundações já eram ministradas na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP (FAU), por professores do Departamento da Poli. E naquele ano, estava havendo uma crise na FAU, nas disciplinas “Resistência dos Materiais e Estabilidade das Construções” e “Sistemas Estruturais I”, com reprovação em massa. Sabedor de meu interesse pela Arquitetura e do bom diálogo que, no exercício da profissão, eu conseguia manter com os arquitetos, convidou-me a lecionar essas disciplinas naquela Faculdade: “Mario, a FAU é sua”, disse com o tom enfático que, por vezes, o caracterizava. O desafio era grande: montar um curso de estruturas que despertasse o interesse dos alunos, motivando-os a adquirir aquela que é uma das ferramentas essenciais do arquiteto: a profunda compreensão do funcionamento estrutural. Foi um grande presente, este que recebi do Victor, pelo qual lhe sou mui-

to grato. O curso (que discuti amplamente com ele, então meu Chefe) foi, creio, bem sucedido, a julgar pelos muitos ex-alunos que encontrei mais tarde em meus contatos profissionais. Em 1974, o Victor e eu organizamos na FAU (onde acabei lecionando até os meus 70 anos, em 1998) um encontro nacional sobre o ensino das estruturas em faculdades de arquitetura; gerou intensos e apaixonados debates e, certamente, foi um divisor de águas no ensino daquelas disciplinas pelo Brasil afora.

Em meados dos anos 1970, o Victor foi convidado pela PROMON para trabalhar naquela empresa, com cargo de Diretor. Manteve, em tempo parcial, sua brilhante atividade acadêmica, porém cessou a possibilidade de prestar consultoria a empresas de estruturas. A JKMF começou a desenvolver programas próprios (com preciosa orientação do Victor) e a utilizar diretamente os serviços computacionais da Control Data. Na PROMON, o Victor passou a se interessar pelas grandes barragens que, naquela época, começavam a ser construídas no Brasil; participou ativamente dos projetos de Itaipu, de Xingó e de outras usinas hidrelétricas, passando a integrar a Comissão Internacional de Itaipu, na qual permaneceu até o fim da vida. Escreveu importantes trabalhos sobre temas relacionados às barragens, pelo menos um dos quais, com o também inesquecível Décio de Zagottis, do qual era colega de trabalho na PROMON e no Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Poli. Participou de importantes encontros sobre barragens em Portugal e, também, na Índia, em mais uma de suas memoráveis viagens, que tanto gostava de relatar aos amigos. Sabendo que, na época, eu começava a lecionar, na FDTE, um curso sobre edifícios altos, trouxe-me da Índia uma foto da alta torre de Qtab, construída em pedra, explicava-me, ao mesmo tempo da Torre de Pisa.

O Victor gostava de viajar. Em 1975, havíamos estado, minha esposa Ilda e eu, em Madrid, em companhia dele e da Nilza. Em 1981, planejávamos uma viagem aos Estados Unidos, país que ele conhecia bem, desde sua viagem de núpcias, em 1954 (contava ter lá conhecido o Prof. Hardy Cross!),

mas no qual eu nunca havia estado. O Victor estudou minuciosamente os detalhes da viagem. Em Los Angeles, primeira etapa, lá estavam eles nos esperando: hotel, visita a Disneyland, aluguel de carro, tudo predefinido por ele. Viagem espetacular pela costa da Califórnia, passando por Monterey e Carmel, até San Francisco. Lá também, conhecia tudo: hotel Francis Drake, Embarcadero, Ghirardelli Square, Pier 31.... Até um musical, "Annie", ele tinha escolhido para assistirmos. E, finalmente, a última etapa, New York: hotel com vista para o Central Park, Museum of Modern Art, Metropolitan Museum, Museum of Natural History, a "Frick Collection", de que ele tanto gostava, circum-navegação da ilha de Manhattan, jantar no restaurante mais alto do mundo, numa das Torres Gêmeas. Será impossível voltar a New York sem lembrar aquela primeira, longínqua viagem em companhia deles.

No começo dos anos 1980, a minha atenção e a dele voltaram-se para os problemas de instabilidade, flambagem, "snap through", não-linearidade física e geométrica. Tivemos inúmeras conversas (sempre noturnas) sobre esses temas, que ele dominava com sua peculiar clareza. Eu estava projetando uma estrutura particularmente alta e esbelta, e pretendia efetuar uma análise P-Delta, por iterações manuais sucessivas (não havia ainda programas disponíveis para efetuá-la automaticamente). Para verificar a precisão desse método, combinamos que ele processaria o modelo, através do programa NO-LINE ao qual tinha acesso, para depois apresentarmos ambas as soluções numa palestra no Instituto de Engenharia. No entanto, não houve tempo para compararmos nossos respectivos resultados e, assim, chegamos à palestra, cada um sem saber o que o outro tinha encontrado: comecei apresentando minha metodologia e meus números, e o Victor me acompanhava dando os números dele. Fomos, assim, descobrindo, na hora, que os resultados praticamente coincidiam, o que acrescentou "suspense" a nossa apresentação. Anos mais tarde, faríamos outra palestra improvisada, esta "a 10 mãos" de que falarei adiante.

Outro tema de interesse comum prendia-se à personalidade e à obra de Einstein; em 1985, deu-me o Victor a belíssima biografia "Subtle is the Lord", de Abraham Pais. Intrigavam-no as equações da Relatividade Restrita. Anos mais tarde, retomamos o tema: havíamos lido ambos um pequeno volume, escrito em 1916, por Einstein, "Relativity", e o Victor, não satisfeito com uma das deduções ali contidas, apresentou-me, nada menos, outra dedução, desenvolvida por ele, mais rigorosa. Isso, em 2008, quando me deu outro livro sobre a vida de Einstein, de Walter Isaacson. Ele pretendia voltar ao tema das equações de Einstein, para novas discussões; infelizmente, não houve tempo.

Creio que foi, em 1989, que se desligou da PROMON, para ficar na Poli em tempo integral. Já há bom período Professor Titular, foi, pela segunda vez, Chefe do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações. Desta vez, era o professor mais idoso daquele Departamento, fato que, divertido, gostava de comentar. Naquela época, foi também Presidente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Pró-Reitor de Graduação da USP. Recebeu o título de Professor do Ano.

Em 1995, tanto o Victor como eu, estávamos notando que nosso amigo Décio de Zagottis não estava bem de saúde. Combinamos um jantar com ele, para transmitir-lhe a nossa percepção e alertá-lo. Estávamos realmente preocupados e, pouco tempo depois, soubemos tratar-se de doença gravíssima, que acompanhamos juntos passo a passo e que o levou à morte poucos meses depois, em 1996. Foi um luto profundo, que compartilhamos, pois o Décio era um nosso grande amigo, cuja falta se fez dolorosamente sentir.

Em 1995, "inventamos", por iniciativa do Victor, outra palestra no Instituto de Engenharia, que denominamos "Novos diálogos sobre a ciência das construções". Tratava-se de falar dos recentes progressos da engenharia estrutural. Resolvemos apresentá-la de forma original e que pudesse motivar os ouvintes, sem aborrecê-los. Fizemos a palestra, iniciando-a sob forma de diálogo entre Galileu (represen-

tado por mim) e seu interlocutor Salviati (representado pelo Victor), nobre sábio veneziano que comparece efetivamente nos “Dialoghi di due Nuove Scienze” do gênio pisano. Falamos da engenharia estrutural dos edifícios altos, em termos apropriadamente arcaicos, referindo-nos - como Galileu - aos fenômenos dinâmicos (vento, sismos) como sendo “movimentos violentos” e chamando os computadores, protagonistas obrigatórios de nossa palestra, como sendo “máquinas matemáticas”. Seguiu uma apresentação sobre catedrais góticas, por Henrique Lindenberg, rebatizado, para a ocasião, “Tilimontanus”, o sobrenome dele (Linden=tílias; Berg=montanha) latinizado à moda renascentista. O Ruy Pauletti (“Paulus”) falou do palpitante tema da fusão nuclear controlada, que será, um dia, imensa fonte inesgotável e limpa de energia e que vem sendo estudada por físicos do mundo inteiro com utilização de máquinas (há duas na USP) chamadas “Tokamak”, uma das quais o Ruy tinha ajudado a projetar. Por fim, o Fernando Stucchi (nem sei se teve pseudônimo) discorreu sobre a engenharia das pontes. A longa palestra improvisada, quase uma apresentação teatral, foi um grande sucesso, que pudemos medir não somente pela reação entusiástica do público, mas também, sobretudo, por nossa grande diversão em prepará-la e apresentá-la. Pediram-nos para refazê-la, mas tratava-se de evento não repetível. Creio que foi gravada em áudio pelo IESP.

Quando, em 2001, foi-me concedido, pelo Instituto de Engenharia, o título de “Engenheiro do Ano”, coube ao Victor dirigir-me a saudação de praxe. A solene cerimônia realizou-se no auditório do Palácio do Governo, com a presença do Prof. Helio Guerra Vieira, Presidente do IESP e ex-Diretor da Poli, do Governador do Estado, Dr. Geraldo Alckmin, e de grande público. O Victor pronunciou um magnífico, vibrante discurso, que me emocionou muito e que provocou o seguinte comentário do Governador: “Não sabia que houvesse poetas entre os engenheiros!”, frase que foi lembrada por nós, com satisfação, em diversas ocasiões.

Há três anos, escrevi um trabalho sobre bases circulares de tubulões, que estudei com elementos sólidos, utilizando o programa SAP 2000. No processamento do modelo tridimensional que montei aparecia, no eixo de simetria, uma singularidade numérica. Quanto apresentei o trabalho no Instituto de Engenharia, o Victor ficou intrigado com aquela singularidade. Depois, junto com o Ruy Pauletti, processou meu modelo no ANSYS e, através de uma modelagem diferente, eles conseguiram remover a singularidade. Vieram juntos em minha casa, uma noite, com o “notebook” do Ruy, para mostrar seus resultados. Mudei, então, a estratégia de modelagem e, dias depois, consegui eliminar a singularidade também no SAP, apresentando uma segunda palestra com dados mais refinados. Mais uma vez, obrigado, Victor!

Abateu-o fortemente a longa doença do irmão Murilo, ao qual era afetivamente muito ligado. Contava-me de suas visitas ao hospital, do coma, dos momentos de lucidez, que ele vivenciava com grande intensidade e emoção, até o falecimento do irmão, há poucos meses.

Jantamos juntos, pela última vez, na casa de nossos amigos Lauro Modesto dos Santos (também engenheiro e ex-professor da Poli) e Edith, para que eu lhes apresentasse o resumo de uma palestra à qual eles não haviam podido comparecer. O Victor já estava muito doente, mas surpreendeu-nos, pela grande lucidez dos comentários, que fez, como sempre, com precisão conceitual, numa folha de papel, a lápis, com sua bela caligrafia. O tema relacionava-se com a metodologia construtiva dos edifícios altos, mas ele, prontamente, mencionou um exemplo de situação análoga e pertinente, referente à construção de barragens de gravidade, tema de sua especialidade. Faz pouco tempo.

Despedimo-nos no quarto do INCOR. Apertou minha mão com sua firmeza característica, olhou-me nos olhos e abriu seu largo sorriso.

Imagino-o agora entre os Eleitos, dialogando com Galileu e com Einstein, eternamente.

**Eng. Mario Franco**

**Escritório JKMF - 27/06/2010 ■**

# Sidonio Porto



NASCEU EM MINAS GERAIS, EM 1940. FORMOU-SE ARQUITETO PELA FACULDADE DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG, EM 1964. VEIO PARA SÃO PAULO, APÓS SUA FORMATURA, A CONVITE DO ARQUITETO MINEIRO RAIMUNDO ROCHA DINIZ, COM O QUAL DESENVOLVEU DIVERSOS PROJETOS NO ESTADO, ENTRE OS QUAIS: A FÁBRICA DA VELNAC, EM SANTO AMARO; O EDIFÍCIO OSCAR AMERICANO, NA AVENIDA PAULISTA; A URBANIZAÇÃO DA PRAIA DE ITAMAMBUCA, EM UBATUBA. NESSE PERÍODO, O ARQUITETO JÁ HAVIA SE NOTABILIZADO PELO USO INTENSIVO E CRIATIVO DO CONCRETO PRÉ-MOLDADO.

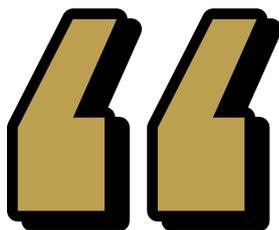
EM 1976, ABRE ESCRITÓRIO PRÓPRIO, CUJO PORTFÓLIO INCLUI PROJETOS DE CONJUNTOS INDUSTRIAIS, SHOPPING-CENTERS, CENTROS ADMINISTRATIVOS, RESIDÊNCIAS, HOTÉIS, GARAGENS DE ÔNIBUS, TERMINAIS DE CARGA, PARQUES RODOVIÁRIOS, PRÉDIOS DE ESCRITÓRIOS, AGÊNCIAS BANCÁRIAS, ENTRE OUTROS. FOI VENCEDOR, EM 2005, DO CONCURSO NACIONAL DE PROJETOS DE ARQUITETURA PARA A SEDE DA PETROBRAS EM VITÓRIA, NO ESPÍRITO SANTO, CONCORRENDO COM MAIS DE 200 PROJETOS INSCRITOS, DO BRASIL E DO EXTERIOR.

NO ANO PASSADO, EM COMEMORAÇÃO AOS 45 ANOS DE SUA CARREIRA PROFISSIONAL, SIDONIO FOI CONTEMPLADO COM O LANÇAMENTO DE LIVRO COM SEUS PRINCIPAIS PROJETOS, ORGANIZADO PELA PROFESSORA DA FACULDADE DE ARQUITETURA DA USP, MÔNICA JUNQUEIRA DE CAMARGO (“SIDONIO PORTO - UM INTÉRPRETE DE SEU TEMPO”).

O ARQUITETO JÁ RECEBEU VÁRIOS PRÊMIOS COMO O PRÊMIO RINO LEVI DO INSTITUTO DE ARQUITETOS DO BRASIL - IAB-SP, O PRÊMIO ASBEA DE ARQUITETURA INDUSTRIAL, OS PRÊMIOS DA BTICINO E O PRÊMIO CAUÊ.

**IBRACON - COMO SURTIU SEU INTERESSE PELA ARQUITETURA?**

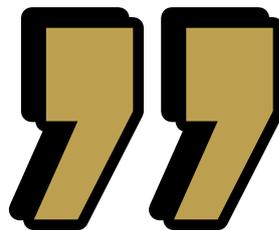
**Sidonio** - Isso é uma coisa bem antiga. Eu sempre gostei muito de desenhar, desde os sete ou oito anos. Minha mãe era professora de desenho, o que me estimulou, por um lado. Por outro, eu tinha muita atenção voltada para a construção. Quando adolescente, visitei Pampulha, em Belo Horizonte, e naquele momento eu tomei uma decisão, mas não sabia exatamente que aquilo era arquitetura, uma profissão consolidada, definida e tal. Com melhor informação, vendo a intensidade e a abrangência da atuação profissional, eu tomei a decisão de ser arquiteto.



**IBRACON - MAS, NO MOMENTO DE SEU INGRESSO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, VOCÊ FICOU EM DÚVIDA ENTRE A ENGENHARIA E A ARQUITETURA. POR QUE ESCOLHEU A ARQUITETURA?**

**Sidonio** - É que, naquele momento, ainda persistia a dúvida sobre o que seria melhor e mais adequado para se atingir um certo desenvolvimento profissional. Eu procurei me informar bastante para tirar as dúvidas. No colégio (Colégio Santo Antônio, em Belo Horizonte) em que estudei, havia um incentivo em relação à engenharia ou à medicina. Mas, aí comecei a entrar em contato com o pessoal da Faculdade de Arquitetura, fiz um cursinho pré-vestibular e minhas dúvidas se dissiparam.

A FIGURA DO ENGENHEIRO É A DO POETA DA ESTRUTURA, O CARA QUE TEM A SENSIBILIDADE PARA CALCULAR UMA ESTRUTURA.



**IBRACON - O QUE O SENHOR PENSA SOBRE A DUPLA FORMAÇÃO? NA USP, EXISTE UM PROGRAMA ENTRE A FACULDADE DE ARQUITETURA E A ESCOLA POLITÉCNICA EM QUE OS ALUNOS CURSAM SIMULTANEAMENTE OS DOIS CURSOS. É IMPORTANTE AO ARQUITETO ENTENDER COMO PENSA O ENGENHEIRO, E VICE-VERSA?**

**Sidonio** - Acho que isso é importante. Na minha época de Faculdade, tínhamos muitos bons professores, e entre eles, alguns engenheiros. Um deles, professor de cálculo estrutural, levou um colega de turma acabar por fazer a opção por ser engenheiro calculista. Com a formação que teve na Faculdade de Arquitetura, estudou um pouco mais, para se especializar em cálculo de estrutura, fazendo a opção de ser um calculista de concreto. Não tínhamos o preconceito de engenheiro contra o arquiteto, mas sempre tivemos em mente que a convivência entre os profissionais seria um coisa muito positiva, que deveria ser levada em frente, como um sentimento de trabalho em equipe. Felizmente, desde o início como estudante, tive uma convivência muito boa com calculistas de estruturas. Era o grande momento de Brasília, com aquela ebulição nacionalista, nós víamos o exemplo do Oscar Niemeyer, que tinha um contato profissional muito intenso e de amizade com Joaquim Cardoso, que foi um grande calculista, além de poeta. Assim, a figura do engenheiro, para nós, era a do poeta da estrutura, o cara que tinha sensibilidade para calcular uma estrutura, trabalhando com um expoente da arquitetura, isso nos deu uma visão muito positiva da participação do engenheiro, uma verdadeira parceria. O respeito profissional é fundamental, pois não se faz nada sozinho, você precisa das cadeiras técnicas: engenheiro, instalador, projetista de elétrica e hidráulica, enfim, todos eles são fundamentais na elaboração do projeto.

**IBRACON** - MAS, EXISTEM DISCORDÂNCIAS?

**Sidonio** - Olha, se existem, não podem ser levadas muito a sério. É preciso saber onde é que pode haver, eventualmente, uma discordância. Claro, se você tem um engenheiro que tem pouca sensibilidade para as exigências de um projeto, e também, pelo lado contrário, um arquiteto que não tem noção daquilo que ele está querendo, se faz sentido, não há como entrar num diálogo de parceria. Dos dois lados deve haver um bom conhecimento: o arquiteto não precisa saber calcular uma estrutura, mas tem que saber o comportamento do material - se é concreto, se é aço, o que seja, ele precisa saber como o material se comporta para que se tire o máximo proveito do material; tem que ter uma noção do que seja uma estrutura bem equilibrada. Por outro lado, o engenheiro deve ter sensibilidade arquitetônica e artística, para saber o que venha a ser uma solução estética. Essa atitude pode contribuir para o seu desenvolvimento profissional. Foi o que aconteceu com a parceria do Oscar Niemeyer com o Joaquim Cardoso: havia um jogo de reciprocidade, onde um se virava para conseguir entender e interpretar o que queria o outro, com todo entusiasmo, com todo empenho, não fazendo coisas impossíveis, mas tirando partido daquilo. A contribuição dos arquitetos brasileiros para o desenvolvimento estrutural foi muito grande por isso, porque havia este diálogo, que é perfeitamente possível.

**IBRACON** - QUAL FOI A INFLUÊNCIA QUE O OSCAR NIEMEYER TEVE EM SUA FORMAÇÃO E EM SUAS OBRAS?

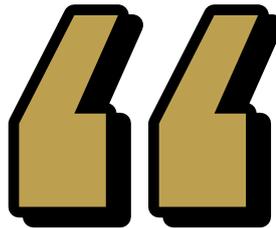
**Sidonio** - Olha, a influência foi muito

mais nessa minha decisão de fazer arquitetura, de ser um profissional se possível, criador, o que me incentivou a fazer arquitetura. Agora, a arquitetura dele, a liberdade com a qual ele procura criar, é algo que sempre influencia, de modo geral, os arquitetos. A gente não tem, obviamente, toda a liberdade que o Oscar pôde ter durante seu desenvolvimento profissional, pois em geral, ele fez obras de governo, palácios, obras de uma importância que transcendem essa coisa do dia a dia, como uma indústria, um prédio administrativo, um hospital, o que seja, obras que exigem um conhecimento intenso do programa, com restrições de economia, etc. O Oscar pôde trabalhar, exercendo sua liberdade criativa com muito mais generosidade. Você pode fazer obras funcionais, uma obra industrial ou uma obra comercial, e atingir níveis de grandes obras de arquitetura, não é impossível, mas, quanto mais liberdade você tem, maior será o resultado arquitetônico do projeto.

Enfim, a influência é essa busca da liberdade, da criatividade, de fazer com que a obra marque a instituição, seja governo, seja empresa; essa busca da personalidade da empresa, através da obra, é um aprendizado que tivemos com o Oscar; suas obras são emblemáticas, tudo mundo lembra, é um ponto forte na arquitetura dele.

**IBRACON** - UM DOS PRIMEIROS PROJETOS SEUS EM SÃO PAULO FOI A FÁBRICA DA VELNAC, EM 1966. POR QUE A ESCOLHA DO PRÉ-MOLDADO PARA A CONSTRUÇÃO DESSE PROJETO? FOI UMA INOVAÇÃO, NÃO?

**Sidonio** - Foi uma inovação. Existiam poucas fábricas de pré-moldado no Bra-



A BUSCA DA  
PERSONALIDADE DA  
EMPRESA, ATRAVÉS DA  
OBRA, É UM APRENDIZADO  
QUE TIVE COM  
O OSCAR NIEMEYER.



sil naquela época. Uma delas era a Cinas, que fez as peças. Mas, essa história de pré-fabricação veio muito antes, ainda na minha fase de escola, quando pensávamos no desenvolvimento de sistemas construtivos adequados a atender às grandes demandas sociais. Por outro lado, acompanhávamos algumas experiências embrionárias em pré-fabricação, em Brasília, do Oscar trabalhando com o Lelé. Vimos ainda nas publicações internacionais as construções, na Europa, que eram rápidas, econômicas, em massa; todas aquelas construções industriais de prédios, nos Estados Unidos - a arquitetura do Breuer. Tudo isso era uma coisa muito recente, muito nova, naquela época, e a gente naquela busca por informação. Então, como recém-formado, decidi trabalhar nessa linha.

Em São Paulo propus à Velnac que fosse um projeto todo feito em pré-fabricado de concreto. E aconteceu. Apenas os escritórios da fábrica não foram executados, cujas fachadas com módulos em desenhos especiais, depois foram reproduzidos nas fachadas do prédio da Companhia Brasileira de Projetos e Obras - CBPO (Prédio Oscar Americano).

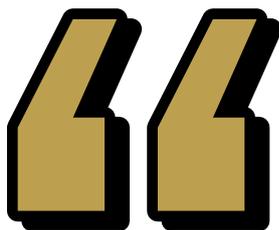
**IBRACON - E POR QUE FOI UMA INOVAÇÃO?**

**Sidonio** - Havia muita oferta de mão-de-obra não especializada no Brasil. A construção com um sistema artesanal - com fôrmas e escoramentos na obra - utilizava essa mão-de-obra barata e farta, com resultado final mais barato. Quanto ao pré-moldado, o convencimento vinha pela questão do acabamento do concreto, da rapidez de execução. Hoje, com a dificuldade de mão-de-obra, custo de madeira, proble-

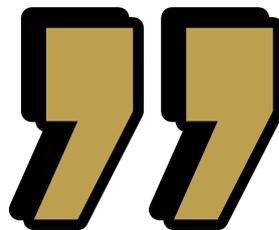
mas de certificação, é possível discutir a viabilidade de uma obra pré-moldado, em termos de preços.

Por outro lado, o pré-moldado era muito pesado, porque nós tínhamos soluções apenas simplesmente apoiadas, enquanto que, no sistema convencional, se tinha um sistema hiperestático, onde se conseguia engastar uma viga num pilar e reduzir a altura das vigas em função do vão. No pré-moldado, não. Como você tinha um pilar aqui, outro ali, e uma viga simplesmente apoiada, essa viga, em geral, era muito alta. Se a viga era protendida, melhorava a situação, pois ela ficava mais leve.

Mas, no geral, acabava ficando mais caro. Assim, o pré-moldado, naquela época, não era muito competitivo. Por isso, demorou um pouco a emplacar.



A HISTÓRIA DA PRÉ-FABRICAÇÃO COMEÇOU NO MEU TEMPO DE FACULDADE, ONDE ACREDITÁVAMOS QUE TÍNHAMOS QUE DESENVOLVER SISTEMAS CONSTRUTIVOS ADEQUADOS A ATENDER ÀS GRANDES DEMANDAS SOCIAIS.



**IBRACON - ESSAS FORAM, ENTÃO, AS DIFICULDADES QUE O SENHOR TEVE PARA CONVENCER O CLIENTE DO PRÉDIO DA CBPO A CONSTRUIR TODO O PRÉDIO EM PRÉ-MOLDADO?**

**Sidonio** - Sim. Eu queria construir todo o prédio em pré-moldado, inclusive a estrutura, o que era uma coisa inédita no Brasil naquele tempo: um prédio de 16 pavimentos pré-fabricado. Isso não consegui, somente as fachadas, o que foi uma vitória na época: foi difícil chegar ao ponto de equilíbrio, as

peças eram muito grandes, muito pesadas, e aí, foram afinando, recalculando, usando agregados leves, até que se conseguiu chegar ao módulo final para compor a fachada. Logo depois, a empresa que fez as peças, a Otalício Rodrigues Lima, com essa experiência, pôde repetir em outros edifícios as peças de fachadas com desenhos similares.

**IBRACON** - DO PONTO DE VISTA ARQUITETÔNICO, QUE VANTAGENS TRAZIAM OS PRÉ-MOLDADOS NA FACHADA?

**Sidonio** - Na época, o que estava em moda era a fachada envidraçada. Queríamos sair daquilo, porque já tínhamos consciência, naquele momento, de que, num país tropical, um prédio com fachada toda envidraçada, sem as devidas precauções, não é adequado; pelo menos, não em todas as fachadas - você pode ter uma fachada sul em vidro, com vidro laminado ou de baixa emissão, para o caso de, na incidência de muita luz e sol, o vidro corrigir. Mas, um prédio com as quatro fachadas em vidro é inviável, porque fica muito quente, requer muito ar condicionado e o custo de energia torna-se muito elevado.

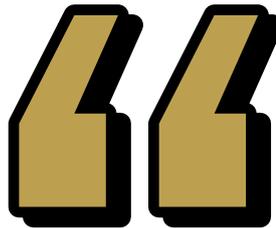
Neste aspecto, a própria arquitetura industrializada já entrava no conceito que hoje chamamos de sustentabilidade, porque também ela gera menos desperdícios e requer uma mão-de-obra mais especializada.

Então, quais as contribuições que esta solução traria? Primeiro: evitamos o prédio todo envidraçado. Segundo: a forma dos módulos da fachada cumpria a função de reduzir a superfície envidraçada e, também, o próprio desenho do módulo já trazia uma redução da incidência de sol (efeito de quebra-sol). Terceiro: a questão estética, achávamos que, por ser um elemento com aquele formato, traria uma personalidade ao prédio, diferente dos demais.

**IBRACON** - OK, COM RELAÇÃO ÀS RAZÕES PARA A FACHADA, MAS, POR QUE SUA CONCEPÇÃO ORIGINAL DE QUERER CONSTRUIR TODO O PRÉDIO EM PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO?

**Sidonio** - Por causa dos princípios trazidos pela construção industrializada. A construção artesanal, com fôrmas de madeira feitas na obra, pontaletes de madeira e toda a parafernália necessária, nós já tínhamos consciência, na época, de que era uma coisa pouco sustentável e pouco racional, embora a conta na ponta do lápis indicasse que aquilo era ainda mais viável economicamente. Tínhamos o exemplo de países - Estados Unidos e Europa - que estavam buscando a industrialização da construção.

A construção industrializada, seja de aço ou concreto, é mais lógica, porque não usa fôrmas nem escoramentos, permitindo uma construção mais limpa, mais rápida, variáveis que se encaixam hoje dentro do conceito de sustentabilidade. Na época falávamos em ecoeficiência, racionalidade. A primeira vez que ouvi a expressão 'casa ecológica' foi no terceiro ano de faculdade, numa aula de história da arquitetura, ilustrada por uma casa colonial brasileira, uma construção do século XV ou XVI, com grandes beirais, pé direito alto, com estrutura independente de madeira, como se fosse pré-fabricada, que depois era fechada com adobe ou pau-a-pique; enfim, um sistema muito racional: fazia-se o esqueleto da estrutura independentemente; depois vedavam-se os vãos com outro elemento; depois vinha a cobertura com grandes beirais, protegendo contra o sol e a chuva, com ventilação cruzada - uma casa ecológica, de acordo com o meio ambiente, com o clima, feita racionalmente, com uma lógica construtiva exemplificativa de como construir racionalmente, transplantada



A ARQUITETURA INDUSTRIALIZADA ENTRA NO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE, PORQUE GERA MENOS DESPERDÍCIOS E REQUER MÃO-DE-OBRA ESPECIALIZADA.



de uma casa colonial brasileira, uma construção do século XV ou XVI, com grandes beirais, pé direito alto, com estrutura independente de madeira, como se fosse pré-fabricada, que depois era fechada com adobe ou pau-a-pique; enfim, um sistema muito racional: fazia-se o esqueleto da estrutura independentemente; depois vedavam-se os vãos com outro elemento; depois vinha a cobertura com grandes beirais, protegendo contra o sol e a chuva, com ventilação cruzada - uma casa ecológica, de acordo com o meio ambiente, com o clima, feita racionalmente, com uma lógica construtiva exemplificativa de como construir racionalmente, transplantada

para o nosso tempo para a construção pré-fabricada em aço e em concreto.

**IBRACON - O QUE LEVOU À MULTIPLICAÇÃO DE OBRAS PRÉ-MOLDADAS NO PAÍS?**

**Sidonio** - No início, a construção artesanal era mais viável, mas, com o tempo, houve uma sofisticação das construções, principalmente com o concreto aparente, na área bancária, onde participei ativamente, as fôrmas chegaram a um nível de sofisticação que encareciam demasiadamente a obra - fôrmas em grelhas, com nervuras, com ranhuras, com detalhes; a coisa começou a ficar muito preciosa e, com isso, aquilo começou a ficar inviável em termos de mão-de-obra convencional (eram verdadeiros marceneiros a fazer aquelas fôrmas, não vou nem chamar de carpinteiros!). Então, naturalmente, teve que se partir para a industrialização das peças, buscando melhor acabamento.

**IBRACON - QUAIS AS INFLUÊNCIAS DE ARQUITETOS E DE CONCEPÇÕES ARQUITETÔNICAS QUE O SENHOR VÊ EM SUAS OBRAS COM PRÉ-MOLDADOS?**

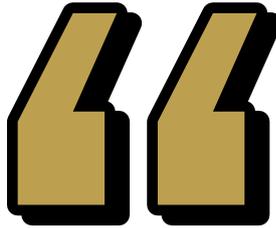
**Sidonio** - Inicialmente, tive uma influência do Breuer, arquiteto alemão que emigrou para os Estados Unidos. Houve essa influência, por exemplo, na obra da CBPO. Nas demais obras, o que ocorreu é que os próprios pré-moldados já vieram com soluções padrões de lajes, vigas e pilares da Europa e dos Estados Unidos. O que fizemos foi procurar adequar essas soluções às nossas condições aqui, no Brasil. Vieram as soluções de painéis, que procuramos utilizar dentro de uma linguagem que consideramos moderna e adequada às suas finalidades. Dentro do conceito de que 'quanto mais industria-

lizado, melhor', a gente, por exemplo, passou a usar lajes como painéis de vedação, aí a indústria passou a oferecer aquilo como uma coisa normal.

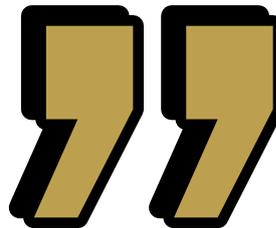
**IBRACON - PUXANDO ESTE CONCEITO QUE O SENHOR USOU DE QUE 'QUANTO MAIS INDUSTRIALIZADO, MELHOR', EU PERGUNTARIA: POR QUÊ?**

**Sidonio** - Pois é, eu acredito que 'quanto mais industrializado, melhor', desde que a industrialização traga o equilíbrio de custo-benefício ideal. Em princípio, o industrializado tende a ser racionalmente produzido, porque é produzido numa indústria, que procura ter condições mais favoráveis e econômicas de produção, inclusive com maior controle de qualidade. Você tem a possibilidade de fazer do canteiro de obras uma área de montagem - o exemplo que eu dou, inclusive, é o da indústria automobilística, porque ela é praticamente uma montadora: ela recebe peças de vários produtores, em outros países, inclusive, e monta, criando um produto. Nesse sentido, você tem uma melhoria de mão-de-obra, as obras saem mais perfeitas, mais bem executadas, mais rapidamente executadas, e evita, em consequência, grandes desperdícios que ocorrem nos canteiros de obras tradicionais. No Brasil, até há pouco tempo,

você tinha um desperdício de 30 a 38% em relação aos materiais, era uma perda enorme. Fora a insegurança dos canteiros de obra, que hoje melhorou muito. Um canteiro de obra com maior índice de industrialização, se torna mais racional, mais seguro, gerando economia na cadeia final, o que está dentro do discurso da sustentabilidade.



QUANTO MAIS INDUSTRIALIZADO, MELHOR, DESDE QUE A INDUSTRIALIZAÇÃO TRAGA O EQUILÍBRIO DE CUSTO-BENEFÍCIO IDEAL.



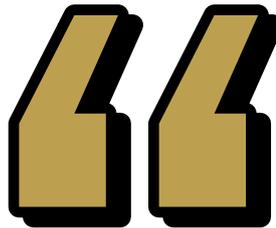
Por outro lado, tem a questão da rapidez da construção, o que impacta a questão do financiamento: quanto mais rápido você fizer a obra, mais barata a obra fica. Você pode mensurar melhor a questão do custo: se você faz uma encomenda fechada a uma indústria, você já sabe o quanto vai custar. Tem uma previsibilidade de prazos e de custos. Isso tudo soma em favor da industrialização na construção.

Em contrapartida, na construção artesanal, você tem uma maior falta de controle; às vezes, até uma coisa criminosa de querer economia na obra, economia de cimento, o que torna mais difícil garantir qualidade numa obra assim, feita tradicionalmente. Na indústria, não. Você tem a presença mais marcante do profissional em todos os níveis, tem os responsáveis com algo a perder se houver um problema. O produto é mais confiável, porque os controles são mais eficazes. No final, você tem um lucro social com isso. Se estamos falando de uma construção em massa, se aquilo tem um problema, o prejuízo é muito grande e em todos os sentidos. Por isso, nesses grandes empreendimentos, quanto mais controles, que são facilitados com a industrialização, maiores os ganhos. Esse é meu ponto de vista.

**IBRACON** - ENTÃO, O BRASIL DEVE BUSCAR A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO COMO SOLUÇÃO RACIONAL PARA OS PROGRAMAS DO GOVERNO FEDERAL - O PAC E O MINHA CASA MINHA VIDA?  
**Sidonio** - Sem dúvida, porque você atende com isso qualidade e prazo. Nós temos um déficit de milhões de moradias, e para cumprir um programa deste leva tempo; com a construção artesanal, não

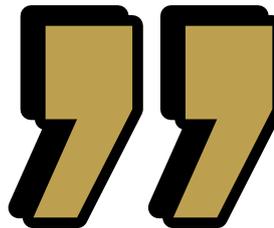
se consegue. Então, a industrialização da construção chega sob medida para estes programas, ganhando em qualidade e rapidez.

Agora, é importante que os sistemas sejam suficientemente abertos, permitindo uma disponibilidade maior de materiais e de soluções, onde a cobertura é fornecida por uma empresa diferente daquela que fornece a estrutura, propiciando uma certa intercambialidade entre os elementos. Por exemplo, tenho mostrado em palestras essa questão do casamento de soluções: moldadas “in loco”, pré-fabricadas de concreto, estruturas em aço. Porque este intercâmbio facilita a construção, você não se limita - não vou usar



NOS GRANDES EMPREENDIMENTOS, QUANTO MAIS CONTROLES, QUE SÃO FACILITADOS COM A INDUSTRIALIZAÇÃO, MAIORES OS GANHOS.

o concreto pré-moldado aqui porque esta peça eu não consigo fazer. Antigamente, as soluções de cobertura eram muito pesadas, porque nós usávamos o concreto pré-moldado; hoje, a gente faz a estrutura em pré-moldado de concreto, eventualmente as vedações em concreto, e a cobertura em aço. Que dizer: usamos os dois sistemas, tudo mundo fica satisfeito e se resolve bem a questão. Eu acho que esse espírito da parceria é fundamental, essa abertura para você poder intercambiar sistemas e soluções.



**IBRACON** - QUAIS SÃO OS FATORES QUE LIMITAM, NO BRASIL, A MAIOR INDUSTRIALIZAÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO HOJE?

**Sidonio** - Acho que é ainda a questão dos custos, das distâncias. O Brasil é um país muito grande. Temos regiões muito afastadas - como a Amazônia - onde, às vezes, torna-se muito difícil entrar com os pré-moldados como solução. Mas, isso é imponderável: uma obra minha foi to-

talmente montada em Vespasiano, perto de Belo Horizonte, com suas peças feitas aqui, em São Paulo, a 600km de distância. Hoje, talvez, ela não se viabilizasse, mas, naquele momento específico da economia brasileira, ela se viabilizou. A distância entre a indústria e a obra, no geral, não pode ser muita, pois o transporte tira uma parcela do resultado positivo.

Existe ainda, evidentemente, a questão do desconhecimento, não só por parte do cliente, das construtoras, mas, muito também, por parte dos arquitetos, que não veem o pré-moldado como uma possibilidade, uma solução construtiva. Por outro lado, muitos arquitetos veem a pré-fabricação como uma limitação à liberdade de criação. Mas, isso não é 100% verdadeiro. Claro que o pré-moldado não tem a flexibilidade do concreto moldado no local, porque este permite peças em curvas e diversos formatos. Porém, com criatividade, dentro de um princípio de racionalidade, você pode usar o pré-moldado de uma maneira satisfatória. Eu acho que escolhendo o material de acordo com sua finalidade, você

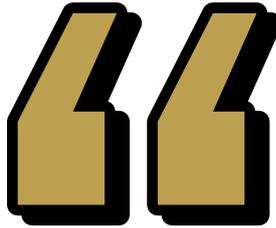
pode conseguir a criatividade, a praticidade, de uma maneira equilibrada na obra. Mas, se você quer um sistema fechado - eu quero o pré-moldado do princípio ao fim - aí você fica limitado aquele receituário; no entanto, se você fizer, por exemplo, como na Ipel, a estrutura e a vedação em concreto pré-moldado, a cobertura, metálica com curvas e soluções em 'shed' (que permite uma iluminação perfeita, com vidros adequados, laminados, que diminuem a incidência de sol), fica uma combinação esteticamente bem resolvida, adequada em termos de iluminação,

de ventilação e com custo razoável (claro, não é o custo de um 'caixote') e que cumpriu a finalidade. O cliente queria uma obra marcante, e eu, por conta disso, não fiquei limitado a um só sistema: fazer tudo metálico, ou em concreto aparente, não; eu procurei usar os materiais mais adequados em cada ponto da obra. Este é o ponto: o arquiteto não pode se limitar, se ele não tem essa versatilidade de usar várias soluções, ele fica realmente limitado; mas, com criatividade, você faz até um palácio com pré-fabricados. O fato de ser pré-fabricado não significa, enfim, que seja uma coisa com características essencialmente industriais.

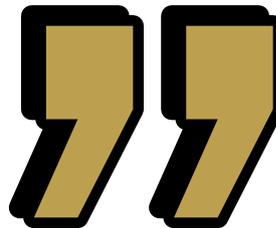
Outra questão sempre presente é a dos custos. Por exemplo: num projeto recente de um posto médico, queria a solução de quebrassóis em concreto pré-fabricado, já que a estrutura era toda em concreto pré-fabricado; como o volume era pequeno (uma média de 2000m<sup>2</sup> cada um), não se tornou viável fazer um pré-fabricado aqueles elementos em pré-fabricado, o que me levou a fazê-los em aço, porque

é algo mais artesanal, possível de fazer numa metalúrgica. A coisa esbarra sempre no custo. Talvez fosse viável, se o posto de atendimento fosse reproduzido em vários municípios, o que justificaria a produção das

fôrmas para os pré-fabricados. Tem que ter volume, escala. Hoje, os programas do Governo Federal se justificam em pré-fabricados, porque têm volume.



ESCOLHENDO O MATERIAL DE ACORDO COM A FINALIDADE, PODE-SE CONSEGUIR A CRIATIVIDADE, A PRATICIDADE, DE UMA MANEIRA EQUILIBRADA NA OBRA.



**IBRACON - QUAIS FORAM AS OBRAS MAIS MARCANTES EM PRÉ-MOLDADOS EM SUA CARREIRA PROFISSIONAL?**

**Sidonio** - A obra da CBPO, de 1968,

marcou bastante porque foi uma obra na Avenida Paulista, num momento em que se buscava prédios envidraçados. Vamos de um extremo ao outro: neste estariam as obras que tenho feito para a Petrobras, onde procurei marcar com a industrialização a questão da sustentabilidade, porque a Petrobras é muito preocupada com isso. Um dos argumentos que tive para que aceitassem o nível de industrialização proposto foi o da sustentabilidade, como também o da rapidez na execução, do bom acabamento das superfícies e dos elementos. Foram várias obras para a Petrobras, onde conseguimos imprimir essa característica da industrialização.

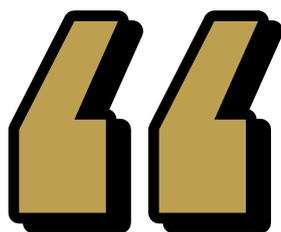
Outro projeto foi o para a Viação Itapemirim, no meio desse caminho, em 1979.

Foi um projeto marcante para mim porque num momento de virada: eu estava fazendo muitos projetos para a área financeira, onde deixei um pouco de lado a questão da industrialização da construção (os projetos, em concreto aparente, eram muito diferentes uns em relação aos outros); quando entrou esse projeto da Itapemirim, um projeto muito grande, onde era possível viabilizar a obra com o concreto pré-fabricado, retomei projetos, a partir daí, com a utilização intensa do pré-fabricado. A obra foi também muito importante para a época, porque, a partir dela, parece que houve uma intensificação do uso do pré-fabricado. É uma obra muito visível na Dutra. Nela, eu consegui fazer praticamente tudo em pré-fabricado. Mas, você olhando o prédio, não acha que é feito de estrutura pré-fabricada; você apenas vê que é, quando você entra. Esta obra é emblemática porque uma

viga de 50m de comprimento foi usada várias vezes nela: ela foi pré-fabricada na obra, numa fôrma de aço preparada no canteiro de obras, e depois içada; eu procurei repetir para justificar o custo daquela viga, o que foi uma solução inédita em construção civil naquela época, no Brasil.

**IBRACON - POR QUE NESTA OBRA PARA A VIAÇÃO ITAPEMIRIM O SENHOR PASSOU DE UMA CONCEPÇÃO DE ESTRUTURA METÁLICA PARA UMA CONCEPÇÃO DE ESTRUTURA EM PRÉ-MOLDADOS?**

**Sidonio** - Na minha busca de fazer experiência com novos materiais, que tem sido uma atitude muito constante em minha trajetória, a intenção inicial era fazer a obra em aço, porque se achava que, pelo volume e pelo prazo, era viável; mas a idéia não se viabilizou, na época, o Brasil não fazia os perfis que vemos hoje. O que fez com que partíssemos para a idéia do pré-moldado, que, eu tinha certeza, até pelas experiências passadas, que poderia resolver os problemas.

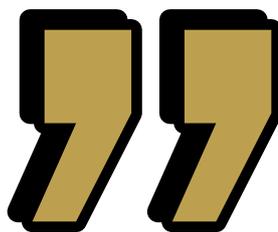


NAS OBRAS QUE FIZ PARA A PETROBRAS, PROCUREI MARCAR COM A INDUSTRIALIZAÇÃO A QUESTÃO DA SUSTENTABILIDADE.

**IBRACON - DE QUE FORMA ENTIDADES COMO O IAB,**

**IBRACON E ABCIC PODEM CONTRIBUIR PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO?**

**Sidonio** - Acho que quanto mais interrelação, melhor para todos. Quanto mais os grupos e os profissionais se conhecerem e se comunicarem melhor, pois os profissionais ficam conhecendo as possibilidades e os limites e é assim que se resolvem as questões. Neste sentido, as publicações de projetos marcantes abrem portas para os dois lados: para o cliente, para quem executa e para o arquiteto. É importante que haja essa comunicação. ■



solucionando problemas  
construção industrializada

# Industrialização em concreto - solução para o desenvolvimento habitacional

**DAVID FÉRNANDÉZ- ORDÓNEZ - PROFESSOR DOUTOR E COORDENADOR**  
UNIVERSIDADE POLITÉCNICA DE MADRID  
GRUPO DE HABITAÇÕES ECONÔMICAS NO ÂMBITO DA COMISSÃO 6 DE PRÉ-FABRICADOS  
DA FIB (FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DO CONCRETO)

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK - DIRETORA E MEMBRO**  
ABCIC (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA EM CONCRETO  
COMISSÃO 6 FIB E DO GRUPO DE HABITAÇÕES ECONÔMICAS)

## 1. INTRODUÇÃO

No mundo todo, há uma necessidade crescente para a construção habitacional, que tem acontecido de forma exponencial nas últimas décadas, principalmente nos países em desenvolvimento, onde a população tem uma taxa de crescimento elevada, sem falar da migração da população das zonas rurais para as cidades, gerando uma maior concentração urbana.

A Comissão de pré-fabricação da fib (Fédération Internationale du Béton - Federação Internacional do Concreto), consciente do problema, decidiu criar um grupo de trabalho para desenvolver um documento sobre habitações pré-fabricadas de concreto. Por ser uma questão social, o problema deve ser tratado além das questões técnica e de negócios, abrangendo requisitos de desempenho do ambiente construído, de rapidez e economicidade, no sentido de propor soluções que possam ser executadas com rapidez, mas que assegurem a qualidade e o custo de construção

e de manutenção. O presente artigo traz uma síntese dessa abordagem da fib, apresentando também soluções desenvolvidas e disponíveis no Brasil.

## 2. DIRETRIZES GERAIS PARA UMA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE QUALIDADE

A UNESCO estabelece que o direito de moradia para uma pessoa e sua família é uma condição para a cidadania. A Declaração dos Direitos Humanos estabelece que todas as pessoas têm o direito a um nível de vida adequado e estabelece a moradia dentro deste contexto.

As condições de moradia digna devem prever a proteção contra chuvas e condições adversas, o isolamento térmico e as instalações sanitárias adequadas, além das condições de segurança requeridas das habitações.

A industrialização da construção, por meio da pré-fabricação, é uma alternativa

viável para a construção de moradias dignas em grande escala, na medida em que busca racionalizar a construção de habitações, o que possibilita, por um lado, a construção de uma grande quantidade de moradias em curto prazo e, por outro, a otimização de processos e do uso adequado dos materiais para a construção.

Existem muitos exemplos de sistemas industrializados por todo o mundo que utilizam a pré-fabricação com elementos de concreto. Ainda assim, se faz necessário ampliar e divulgar o conhecimento relativo a esses sistemas, pois em muitas partes do mundo esses sistemas são desconhecidos.

Primeiramente, a industrialização da construção deve ser entendida como o resultado da aplicação da tecnologia à produção (engenharia de processos) e ao produto (engenharia do produto)

Em segundo lugar, é de vital importância ter em conta as possibilidades técnicas da construção industrializada em cada região. Para isso, importa considerar, por um lado, a capacidade de equipamento de produção, de transporte e de montagem, para a definição de elementos a serem utilizados nas construções habitacionais; e, por outro lado, a capacidade e a infraestrutura da região, que podem limitar a solução a ser adotada em cada região..

Outra diretriz para a adoção de soluções em sistemas industrializados para a construção diz respeito à grande variabilidade de custos e de disponibilidade de materiais de construção. Nesse sentido, deve-se buscar sempre a tecnologia mais adequada para cada situação.

A industrialização é interessante na medida em que é um meio para harmonizar a construção, a indústria e o resultado final da obra construída. O uso eficiente dos materiais devem ser combinados com uma utilização estrutural que assegure a durabilidade das habitações.

Considerando os aspectos mencionados, o Brasil vive um momento privilegiado, porque sua política habitacional voltada para os segmentos de baixa renda baseia-se não apenas em aspectos financeiros e de viabilidade técnica, mas também na racionalização dos processos construtivos, onde

a qualidade do ambiente construído passa a estar integrada. O desafio é de garantir que, neste momento de transição, no qual as normas estão sendo revisadas ou introduzidas, os sistemas construtivos estão sendo validados, a demanda seja atendida com a qualidade requerida, a fim de que passivos não venham a ser gerados. Neste contexto, a industrialização da construção e, em particular, a pré-fabricação em concreto, se apresenta como uma possibilidade real de se alcançar as metas de custo, de prazo e de qualidade requeridas, vencendo, inclusive, a carência da mão de obra.

Existem vários níveis de complexidade na industrialização da construção: desde sistemas pré-fabricados de ciclo fechado (completamente pré-fabricados) até sistemas abertos (que permitem composições mistas com diferentes materiais e tecnologias distintas, abrindo inúmeras possibilidades de projeto).

Por sua vez, o concreto é um material que apresenta inúmeras vantagens para as construções habitacionais: sua maior durabilidade implica menor custo de manutenção; seu bom desempenho térmico pode ser associado à sua função estrutural; sem contar também o bom acabamento possibilitado pela tecnologia

Tendo em conta esses aspectos, a Comissão de pré-fabricação da fib realizou um trabalho de investigação, de busca e de desenvolvimento das soluções disponíveis em pré-fabricação de concreto, no sentido de contribuir para a solução do problema. Os trabalhos foram selecionados com base em sua tipologia, localização geográfica, capacidade técnica e econômica necessárias para a construção. Iniciado em 2004, o trabalho está atualmente em fase de conclusão.. Por ter âmbito geográfico mundial, o estudo inclui soluções pré-fabricadas disponíveis no Brasil.

### 3. SISTEMAS BRASILEIROS CADASTRADOS

Em paralelo ao desenvolvimento da Comissão de pré-fabricados fib, no Brasil, a ABCIC (Associação Brasileira da Construção industrializada de Concreto), através de

seu comitê Habitacional, tem estruturado importantes ações a fim de incrementar a industrialização no contexto das políticas habitacionais propostas pelo governo. O desafio local reside na falta de mecanização dos canteiros de obras, na carga tributária elevada, quando comparada com sistemas convencionais, e no caráter inovador do processo construtivo industrializado, que ainda carece de maior elucidação perante agentes financeiros, embora existam obras no país com mais de 20 anos que adotam o sistema construtivo e se apresentam em excelente estado de conservação.

Por outro lado, ainda que tenham ocorrido, por parte de empresas tradicionais do setor de pré-fabricação, investimentos em ampliações, inovação e desenvolvimento tecnológico, ainda há necessidade de ajustes culturais, ao se comparar nosso contexto com o dos países desenvolvidos. Há capacidade de produção, de tecnologia, de materiais e de possibilidades de combinação de diferentes sistemas construtivos, mas barreiras precisam ser transpostas, para favorecer essa evolução. A Comunidade Tecnológica tem apoiado o desenvolvimento da industrialização.

Segundo ARROYO, professor do departamento de construções e tecnologias arquitetônicas da Escola Técnica Superior de Arquitetura de Madri (Espanha), “a industrialização é a única maneira de driblar a crise econômica e contribuir com a sustentabilidade. O futuro equilíbrio entre as necessidades sociais e de mercado deve ser construído através de uma nova indústria da construção”. Entre os benefícios da industrialização da construção, citam-se: a melhor qualidade dos produtos; a maior produtividade; a criação de empregos mais estáveis; as condições mais seguras de trabalho; a redução de desperdícios; entre outros.

No Brasil, para atender a essa demanda e cadastrados junto à fib, temos sistemas abaixo descritos.

### 1) PAINEL MACIÇO E PAINEL ALVEOLAR

Desenvolvido com o objetivo de viabilizar a construção de edifícios residenciais em estrutura pré-fabricada, com a utilização,



*Sistema em pré-fabricado com adoção de painel maciço e painel alveolar*

em conjunto, de placas maciças de concreto e placas alveolares.

#### PROCESSO

O sistema se viabiliza através da utilização de um núcleo rígido central, composto por placas maciças e escadas pré-fabricadas, que já sai pronto da fábrica.

Após a montagem do núcleo no local da obra, são posicionadas outras três placas maciças com função estrutural: duas laterais e uma central.

Logo em seguida, tem início a montagem dos painéis alveolares, com função de vedação, nas fachadas do edifício. Estes elementos servem também para travar as placas maciças.

Na próxima etapa as lajes alveolares são posicionadas em cima das paredes maciças (placas maciças).

Esta seqüência é repetida a cada andar até a completa montagem da estrutura pré-fabricada do edifício.

Após a entrega da estrutura pré-fabricada, a construtora responsável pela complementação da obra deverá executar os serviços de

acabamento, como as divisórias internas em Dry-Wall, a vedação com esquadrias e placas cimentícias entre os painéis alveolares das fachadas, serviços de elétrica, hidráulica, incêndio, gás, ar condicionado, pintura, cerâmica e acabamentos em geral.

#### VANTAGENS

- Qualidade Assegurada (Durabilidade, Resistência, Estética);
- Sistema Construtivo Modular adaptável às necessidades da arquitetura proposta para a edificação e compatível, na interface, com projetos complementares;
- Produtividade: totalmente industrializado - as peças são produzidas na indústria e montadas na obra; velocidade; atendimento a cronogramas.

## 2) PAREDES DUPLAS

As paredes duplas consistem em duas placas de concreto armado, unidas por treliças de aço. Elas podem ser utilizadas para a produção, desde casas de pequeno porte até edifícios multi-pavimentos. O sistema confere à construção um acabamento excelente, mas também permite que outros sistemas sejam mesclados a ele.

#### MONTAGEM

O sistema todo é baseado na união entre as paredes duplas e a pré-laje treliçada, com a finalidade de forro ou piso, onde, após montada a laje, os vazios entre as placas das paredes duplas são concretados, constituindo, assim, uma estrutura monolítica.

#### VANTAGENS

O excelente acabamento e o alto grau de precisão das peças são devidos ao sistema produtivo automatizado. A produção acontece em um sistema circular, onde uma central controla todo o processo. As formas são aferidas através de lasers; o concreto é distribuído automaticamente, assim como todo o sistema de cura das peças.

Podem ser agregados às paredes duplas materiais que proporcionem um ótimo isolamento térmico e acústico. A adição desses materiais pode, inclusive, reduzir o valor final de uma casa construída com este sistema.



*Sistema com adoção de paredes duplas, durante a montagem*

Outro ponto a ser destacado no sistema de paredes duplas é a possibilidade dessas serem entregues com as caixas elétricas instaladas, assim como com os pontos hidráulicos. Os conduítes e tubos hidráulicos também são instalados entre as placas durante o processo produtivo, evitando, assim, que paredes sejam rasgadas na obra e que material seja desperdiçado.

## 3) PAINÉIS E LAJES PRÉ-MOLDADAS

Consiste na industrialização da construção, através da utilização de paredes e lajes pré-moldadas de concreto armado com um vazio interno, que proporciona ventilação entre as faces, baixando a umidade e demonstrando-se eficaz no isolamento térmico e acústico (“plenun”).

Destina-se à construção de residências e edifícios horizontais e verticais, tendo como principais benefícios a alta produtividade, o aumento da qualidade e a diminuição dos custos.

#### COMPONENTES DO SISTEMA

- Fundações com radier moldado “in loco” ou profundas, em função do tipo de edificação e das condições do terreno;
- Painéis de paredes pré-moldados com “plenun” interno, com espessura variável conforme projeto;
- Lajes pré-moldadas ;
- Cobertura com diversos tipos de telha;
- Instalações elétricas e hidráulicas embutidas nos painéis de parede;
- Caixilhos e outros acabamentos podem ser aplicados na própria fábrica.



*Montagem de painéis do sistema industrializado lajes e painéis*

O sistema pode ser dividido em três etapas:

- A) Implantação da unidade de produção no próprio canteiro ou isoladamente, com assessoria da empresa;
- B) Produção e acabamento das peças pré-fabricadas na fábrica, incluindo projeto, fabricação, instalação de elétrica e hidráulica, colocação de caixilhos, pré-pintura e embalagem;
- C) Transporte, montagem e acabamento final: transporte até o local da obra, onde as fundações já devem estar prontas; montagem das peças com ajuda de caminhão *munk* ou guindaste, conforme porte da obra; instalação do telhado, pintura, acabamento final e entrega.

#### 4) PAINÉIS PORTANTES

Os painéis têm função de vedação e de estrutura, sendo responsáveis por re-



*Aspecto geral do empreendimento, em fase final de construção, com a adoção de painéis portantes*

ceber as cargas das lajes e transmiti-las à fundação, em um modelo estrutural específico, com capacidade de resistir aos esforços da estrutura e do vento.

#### COMPONENTES DO SISTEMA

- Painéis externos e internos em concreto;
- Pré-lajes;
- Capeamento e arremates.

Incorporam todos os detalhes da parede acabada, ou seja, elementos arquitetônicos, inserts, instalações elétrica e hidráulica, o que torna a obra mais ágil e racionalizada.

Os detalhes de junção dos painéis são produzidos de forma a permitir a estanqueidade em relação à entrada de água e a solidarização entre os elementos do sistema.

## 4. CONCLUSÕES

A crescente demanda por habitações nos países emergentes enseja urgência de construções com custo acessível. Muitos são os intervenientes até que se obtenham resultados efetivos. Dentre as soluções que podem facilitar esse processo, está a industrialização da construção. A pré-fabricação em concreto apresenta muitas vantagens em relação aos sistemas construtivos tradicionais.

A Comissão de pré-fabricados fib decidiu, há alguns anos, criar um grupo de trabalho que pudesse reunir a experiência acumulada em diversos países, a fim de poder elaborar uma publicação que seja referencial no mundo todo, para possibilitar, por um lado, o intercâmbio e a troca de experiências que possam levar soluções a países que ainda não dispõem dessa prática construtiva industrializada. e, por outro, propiciar discussões que agreguem valor, pela melhoria contínua dos sistemas existentes, incluindo o desenvolvimento de novas tipologias.

Este trabalho deverá estar concluído até o próximo ano. Os sistemas brasileiros cadastrados no material estão alinhados com a mais alta tecnologia em pré-fabricação, bem como com a capacidade produtiva capaz de atender as demandas atuais e futuras. São consideradas também as possibilidades de construções mistas na viabilização dos empreendimentos.

Um grande número de soluções técnicas e sistemas desenvolvidos pela indústria de concreto pré-moldado, podem ser agrupados em número reduzido de sistemas básicos. Dessa forma, diferentes soluções podem ser citadas a exemplo das referenciadas neste artigo.

A pré-fabricação em concreto pode ser usada para todas as categorias de elementos estruturais (pilares, vigas, painéis, lajes) utilizadas em residências e edifícios habitacionais. As vantagens fundamentais da utilização

desses sistemas são a elevada resistência e durabilidade e a resistência ao fogo. A melhor solução será determinada através do custo x benefício, levando em consideração as condições específicas de um determinado empreendimento.

## 5. AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem as empresas brasileiras que disponibilizaram informações sobre seus sistemas construtivos: CASSOL, SUDESTE, BRASITHERM e PREMO.

## Referências Bibliográficas

- [01] D.Fernández-Ordoñez; J.Fernández Gómez; Industrialización para la construcción de viviendas. Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón. In: Informes de la Construcción, Publicada por el INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA. Volume 61/514 Abril-junio 2009.
- [02] fib, Planning and Design Handbook on Precast Building Structures, 2nd edition 2004.
- [03] BANCO MUNDIAL, 2005, World Development Indicators worldbank.org
- [04] ARROYO, S.Pérez; Industrializar (Do it Industrial): Informes de la Construcción, EDUARDO TORROJA. Volume 61/513 enero-marzo 2009. ■

# 52º Congresso Brasileiro do Concreto

## Curso IBRACON Pré-moldados de Concreto

14 de outubro de 2010  
Centro de Convenções  
Edson Queiroz  
Fortaleza – CE



### OBJETIVO

O curso apresenta uma visão sistêmica do sistema construtivo com pré-moldados de concreto, desde a fase de contratação até a montagem das estruturas, incluindo controle de qualidade, normalização e sustentabilidade.

### PROGRAMA DO CURSO

- Princípios Elementares
- Tipologia e aplicação dos elementos da estrutura
- Projeto, Produção e Montagem
- Normalização
- Controle de Qualidade
- Vantagens
- Visita técnica à Fábrica da T&A PRÉ-FABRICADOS

### PROFESSORA

• Iria Lícia Oliva Doniak

Engenheira Civil, graduada pela PUC-PR em 1988. Atua no setor concreto desde 86, quando iniciou suas atividades em Laboratório de Controle Tecnológico. Posteriormente, atuou em central de concreto, gerência operacional e técnica. Atuou também na indústria cimenteira. Desde 97, é consultora da D.O. Engenharia e Projetos, com foco principal em construção pré-fabricada. Membro da Comissão de Revisão da NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Diretora de Qualidade da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (Abcic), de 2004 a 2007. Diretora Executiva da Abcic, desde 2008. Membro da fib comission 6 on prefabrication (federation internationale du beton). Membro da Comissão de Estudos da NBR 14861 Lajes alveolares pré-fabricadas de concreto.

### PÚBLICO ALVO

Engenheiros, Arquitetos, Tecnólogos, Fiscais, Professores, Estudantes e profissionais envolvidos com projeto, planejamento, pesquisa, controle tecnológico, execução e comercialização de edificações de concreto armado e protendido.

### PROGRAMA MasterPEC

#### Master em Produção de Estruturas de Concreto

Programa de cursos de atualização tecnológica, ministrado pelo IBRACON. Acumulando 120 créditos-hora nos cursos IBRACON, ao longo de no máximo 4 anos, o profissional terá direito ao título de Master em Produção de Estruturas de Concreto.

### INFORMAÇÃO GERAL

<b>Data</b>	14 de Outubro de 2010
<b>Local</b>	Centro de Convenções Edson Queiroz Avenida Washington Soares, 1141 – Fortaleza – CE
<b>Carga horária</b>	8 horas (8 Créditos no Programa MasterPEC)
<b>A inscrição inclui:</b>	Pasta com material didático, caneta e bloco de notas; Certificado IBRACON; Serviços de Coffee Break.

### INVESTIMENTO

	Até 30-09-2010	No local
<b>Sócios IBRACON</b>	R\$ 130,00	R\$ 170,00
<b>Não-sócios</b>	R\$ 150,00	R\$ 200,00

### INSCRIÇÃO

As inscrições serão feitas pelo IBRACON  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

### INFORMAÇÕES

Fone: (11) 3735-0202 • Fax: (11) 3733-2190  
[marta@ibracon.org.br](mailto:marta@ibracon.org.br)

### Patrocínio



[www.tea.com.br](http://www.tea.com.br)

mercado nacional

# O avanço do consumo aparente de cimento no país nos últimos anos

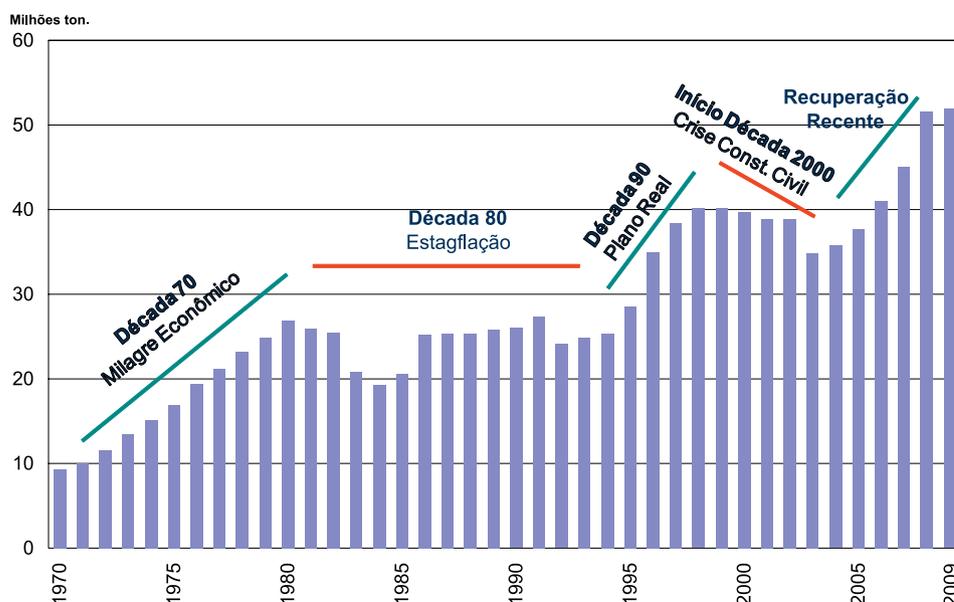
**JOSÉ OTAVIO CARVALHO - VICE-PRESIDENTE EXECUTIVO**  
SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC

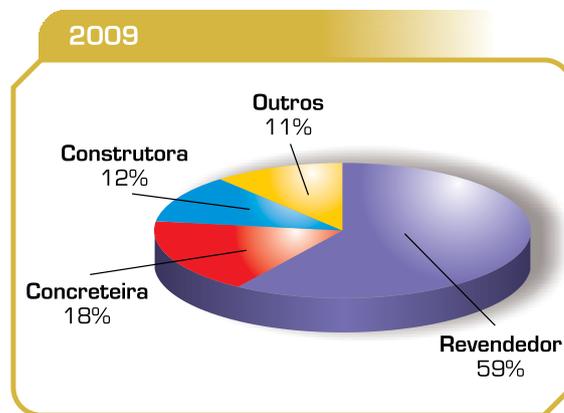
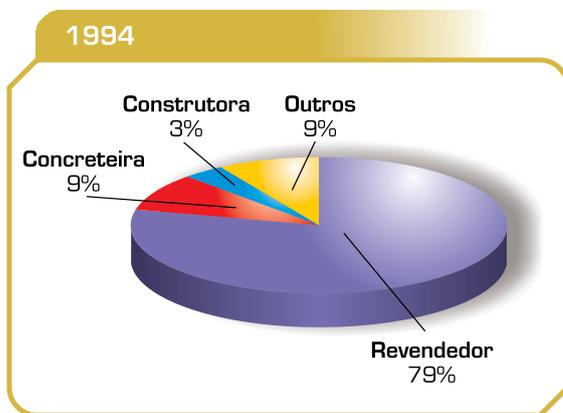
A indústria do cimento no Brasil dos dias de hoje é fruto de uma trajetória de investimentos e empenho das empresas nacionais e estrangeiras que aqui se instalaram desde 1926. Foi nesse ano que o cimento começou a ser fabricado em escala industrial, após um período pioneiro dessa atividade no país, nos idos do fim do século XIX.

O caminho percorrido de lá pra cá foi

longo e teve momentos de altos e baixos, com resultados que refletiram bem o desenvolvimento da economia do país. Hoje, o setor atinge números bastante positivos: 71 fábricas localizadas nas cinco regiões do país, pertencentes a 12 grupos industriais nacionais e estrangeiros, com capacidade instalada da ordem de 67 milhões t/ano, suficiente para atender à demanda interna.

Consumo aparente de cimento no Brasil





Em 2009, o consumo aparente de cimento\* atingiu o maior nível de sua história, totalizando 51,9 milhões de toneladas.

Um dado a se destacar nos números da indústria do cimento no Brasil em 2009 é relativo aos segmentos que mais consumiram o produto. Condizente com as mudanças que vêm ocorrendo no perfil das construções e refletindo a evolução nos métodos construtivos brasileiros, focada hoje na utilização mais intensiva de concreto usinado em central, as vendas diretas para concreteiras e construtoras/empreiteiras cresceram, respectivamente, 2,3% e 16,4%, elevando suas participações para 18% e 12% do total das vendas. No final dos anos 90, as concreteiras representavam menos de 10% e as construtoras, menos de 6%.

## RETRATO DO BRASIL

Para analisarmos o atual momento do setor, é necessário voltar no tempo e perceber como o comportamento da indústria do cimento no passado recente está diretamente relacionado aos diferentes momentos da economia brasileira. Nos anos 70, período conhecido por “Milagre Econômico”, a produção passou de 9 milhões de toneladas por ano para 27,2 milhões de toneladas no início dos anos 80. Já, a partir daí, o setor refletiu a expressão “Década Perdida”, quando a recessão interna levou a uma forte queda no consumo.

Na década seguinte, veio uma nova fase de crescimento econômico e, conseqüente-

mente, um grande aumento de produção. A produtividade desenvolvida na época da estagnação foi extremamente eficaz para a obtenção dos resultados nessa fase: o ano de 1999 alcançou a marca de 40,2 milhões de toneladas de cimento.

A partir de 2000, a crise da construção civil no país teve como conseqüência uma redução no consumo do cimento que se prolongou até 2003. No ano seguinte, o consumo estabilizou, indicando o início de uma retomada que levou a indústria, em 2006, ao patamar de 40 milhões de toneladas de cimento consumidas. Nos dois anos posteriores - 2007 e 2008 - o setor foi batendo recordes de consumo do produto, se mantendo praticamente estável em 2009.

Nos últimos quatro anos, quando o setor retomou de fato o crescimento, foram fatores determinantes para esse novo momento algumas medidas do Governo e da iniciativa privada, tais como: o crescimento do emprego e da renda real; a expansão das construções imobiliárias, incentivadas pelo marco imobiliário de 2004 (Lei nº 10.931) e Resolução nº 3.177, do Banco Central; a capitalização das construtoras e incorporadoras; a expansão do crédito imobiliário pelo governo e bancos privados; e as obras de infraestrutura do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

## A COMPLEXA LOGÍSTICA

Para fazer chegar ao consumidor final toda essa produção de cimento, no en-

tanto, é necessário vencer o desafio da logística em um país continental como o Brasil, onde o modal de transporte mais utilizado é o rodoviário. Noventa e quatro por cento do cimento que circula no país é via terrestre. A dificuldade é muita, não somente pela condição das estradas, como também pelas características do produto.

Por ser um produto perecível, ocupar grandes espaços, ter uma baixa relação preço-peso, sua distribuição é feita em um raio médio de distância de 300 a 500 quilômetros nas regiões Sudeste e Sul. Esse número, no entanto, pode chegar a mais de mil quilômetros no Norte e Nordeste do país, regiões onde existe a necessidade do uso do modal hidroviário.

O “simples” movimento de retirada do cimento das fábricas representa uma circulação diária de mais de doze mil caminhões carregados de cimento nas rodovias de todo o Brasil.

Mesmo com a privatização do sistema ferroviário, não foi possível observar um

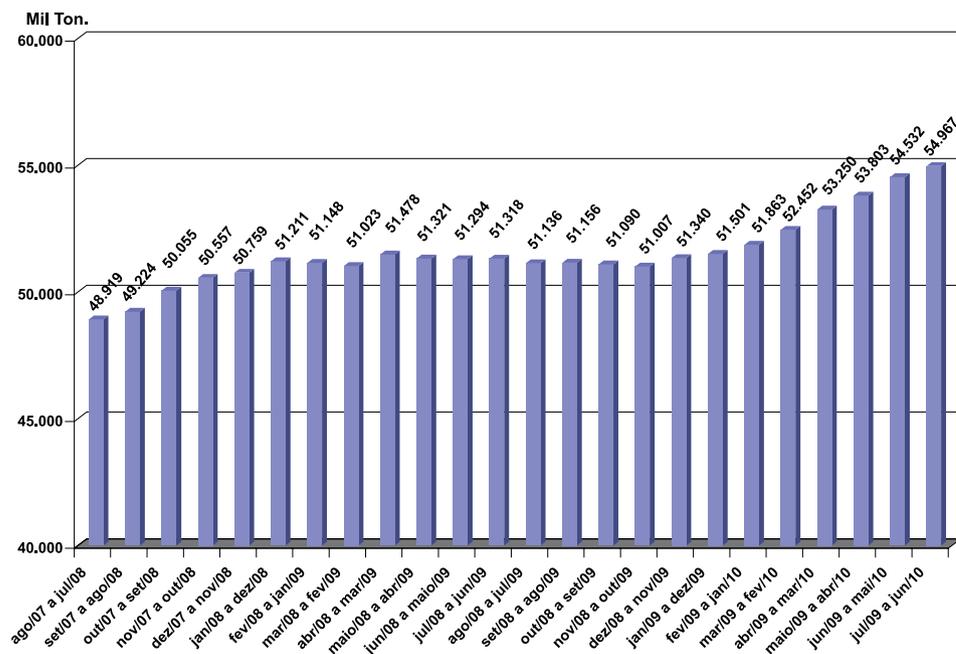
aumento no fluxo de cimento transportado por trens, ainda longe do ideal. Para levar uma carga que chegaria em um dia em seu destino final se fosse em uma rodovia, são necessários cinco dias de viagem de trem.

Além disso, há a disputa pelos meios de transporte com outros produtos. O cimento concorre diretamente com insumos, como aço, minérios e produtos agrícolas, que também são transportados por caminhões e, apesar de sazonais, competem ao longo do ano com o cimento, que fica em desvantagem devido à baixa relação preço-peso.

## O BRASIL NO CONTEXTO MUNDIAL

De acordo com os dados mundiais mais recentes, o Brasil, em 2008, foi o quinto maior consumidor de cimento do mundo. No entanto, o consumo per capita do produto - 272 kg/habitante, em 2008 - está muito abaixo do registrado em países desenvolvidos. O número é um dos menores

Venda acumulada 12 meses - mercado interno  
(vendas preliminares da indústria e estimativas de mercado)



Fonte: SNIC

das Américas, inferior ao dos Estados Unidos, Canadá, México, Chile e Venezuela.

Se o comparativo for com a média mundial de consumo per capita - 422 kg/habitante - os números do Brasil também saem perdendo. Ao comparar com um país como a China, maior produtor e maior consumidor do produto, essa diferença é gigantesca: lá, são consumidos 1.038 kg por habitante.

Já ao analisarmos o preço do cimento do Brasil em relação aos demais países, conforme o estudo Construction and Building Materials Sector, realizado semestralmente pelo Banco JPMorgan (o último dado disponível é de setembro de 2009), este é o mais baixo de todo o continente americano e um dos menores em comparação com os demais países pesquisados.

## PERSPECTIVAS

Dados preliminares da indústria e

estimativas de mercado indicam que as vendas de cimento para o mercado interno brasileiro acumuladas no período de julho de 2009 a junho de 2010 atingiram 55,0 milhões de toneladas. Isso representa um crescimento de 7,4% sobre igual período anterior (jul/08 a jun/09).

Ao todo, no primeiro semestre deste ano, foram vendidas 27,6 milhões de toneladas de cimento, com aumento de 14,6% sobre o mesmo período de 2009. Em junho de 2010, foram 4,7 milhões de toneladas no mercado interno, o que significou uma expansão de 10,2% sobre junho de 2009.

A previsão é de que o ano de 2010 represente um novo recorde no consumo de cimento no Brasil. As estimativas preliminares do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) indicam que esse número cresça 12%, em comparação com 2009. ■

# 52º Congresso Brasileiro do Concreto

## Curso IBRACON

Soluções de impermeabilização em obras de Arquitetura diferenciada

15 de outubro de 2010  
Centro de Convenções  
Edson Queiroz  
Fortaleza – CE



### OBJETIVO

O curso, de cunho prático, visa dar subsídios aos profissionais da construção civil para selecionar, detalhar e fiscalizar corretamente sistemas de impermeabilização eficientes para obras com arquitetura diferenciada, de forma a avaliar as interfaces entre diferentes sistemas e orientar a elaboração de procedimentos executivos das diversas áreas sujeitas à ação da água e demais fluidos. Serão apresentados casos reais de obras.

### PROFESSORES

#### • Arquiteta Leonilda de Fátima Gomes Ferme

Arquiteta formada, em 1985, pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Farias Brito – Universidade de Guarulhos. Há 23 anos atua no segmento de impermeabilização. Responde atualmente pela Gerência de Negócios - Aplicadores da empresa DENVER IMPERMEABILIZANTES, com diversos artigos técnicos publicados e apresentados em Congressos e Simpósios de Impermeabilização e entrevistas técnicas publicadas.

#### • Engenheiro Flávio de Camargo Martins

Engenheiro civil pela Universidade Paulista e MBA Executivo pela Escola Paulista de Propaganda e Marketing. Coordenador Técnico da Denver Impermeabilizantes, especialista na área de impermeabilização e recuperação estrutural, com diversos artigos e publicações na área. Participa da ABNT no Comitê Brasileiro de Normas Técnicas CB-22 – Impermeabilização, atuando como coordenador da comissão de sistemas poliméricos e secretário da comissão de estudos. Membro atuante do IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização.

### PÚBLICO ALVO

Engenheiros, Arquitetos, Tecnólogos, Fiscais, Professores, Estudantes de Pós-Graduação, Estudantes de graduação nos últimos anos, profissionais envolvidos com projeto, planejamento, pesquisa, docência, controle tecnológico, execução e comercialização de edificações de concreto armado e protendido.

### PROGRAMA MasterPEC

Programa de cursos de atualização tecnológica ministrado pelo IBRACON. Acumulando 120 créditos-hora nos cursos IBRACON, ao longo de, no máximo, 4 anos, terá direito ao título de Master em Produção de Estruturas de Concreto.

#### INFORMAÇÃO GERAL

<b>Data</b>	15 de Outubro de 2010
<b>Local</b>	Centro de Convenções Edson Queiroz Avenida Washington Soares, 1141 – Fortaleza – CE
<b>Carga horária</b>	8 horas (8 Créditos no Programa MasterPEC)
<b>A inscrição inclui:</b>	Pasta com material didático, caneta e bloco de notas; Certificado IBRACON; Serviços de Coffee Break.

#### INVESTIMENTO

	Até 30-09-2010	No local
<b>Sócios IBRACON</b>	R\$ 130,00	R\$ 170,00
<b>Não-sócios</b>	R\$ 150,00	R\$ 200,00

#### INSCRIÇÃO

As inscrições serão feitas pelo IBRACON  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

#### INFORMAÇÕES

Fone: (11) 3735-0202 • Fax: (11) 3733-2190  
[marta@ibracon.org.br](mailto:marta@ibracon.org.br)

#### Patrocínio

**DENVER**  
IMPERMEABILIZANTES

[www.denverimper.com.br](http://www.denverimper.com.br)

melhores práticas

avaliação de fissuras e trincas

# Critérios para avaliação de fissuras e trincas em estacas pré-fabricadas de concreto

**CLAUDIO GONÇALVES - DIRETOR TÉCNICO**  
SOTEF ENGENHARIA LTDA

**GEORGE DE PAULA BERNARDES - PROFESSOR DOUTOR**  
UNESP DE GUARATINGUETÁ

**LUIS FERNANDO DE SEIXAS NEVES - CONSULTOR E PROJETISTA DE FUNDAÇÕES**  
CEPOLLINA ENGENHEIROS CONSULTORES LTDA

A avaliação de uma fissura e/ou trinca em uma peça de concreto deve, antes de qualquer coisa, estar sempre embasada em grande parcela de bom senso. Na prática diária, se uma estaca encontra-se fissurada, parece haver tendência, quase universal, de condená-la ao uso. Nem sempre esse procedimento é correto, pois a simples observação visual que culmina com o descarte da peça, por mero sentimento de que uma fissura ou até mesmo uma pequena trinca possa significar um problema mais sério, não caracteriza experiência de quem o fez e nem tampouco bom senso. Um mecanismo muito simples e prático para efetuar observação de uma fissura, de tal modo a estabelecer um parâmetro que quantifique sua abertura, é o fissurômetro.



Figura 1 – Análise de trinca utilizando fissurômetro

Trata-se de um pequeno instrumento em forma de uma régua graduada em frações decimais de milímetros, ao qual se justapõe a fissura ou trinca a ser analisada, de tal forma a ajustar a medida da fissura a uma determinada medida prefixada na régua. Assim fazendo, pode-se tentar quantificar a magnitude da abertura da fissura analisada, correlacionando-a, assim, a determinados parâmetros prefixados de aceitabilidade. A Figura 1 apresenta trinca em estaca sendo analisada com fissurômetro.

Conforme se pode observar, trata-se de um processo bastante simples e que utiliza equipamento muito simples, prático e barato. O bom senso deve preponderar, pois é certo que a quantificação da abertura de

Figura 2 – Fissura transversal



uma fissura dessa forma pode, em alguns casos, gerar dúvida entre uma determinada medida e outra imediatamente inferior ou imediatamente superior.

Trabalho efetuado por Alonso (1998) procura abordar esse assunto e estabelecer critérios técnicos para dirimir tais dúvidas. Assim, sugere-se classificar como fissuras as aberturas cujo limite esteja situado em 1 mm. Acima desse valor, as aberturas são consideradas trincas.

### 1.1 CLASSE 1 - FISSURAS TRANSVERSAIS

São aquelas que apresentam aberturas inferiores a 1 mm (Figura 2), em plano transversal ao eixo da estaca. Neste caso, não são consideradas preocupantes quando as fissuras (ou pelo menos 85% delas) não ultrapassem os seguintes valores:

- **0,4 mm** - para estacas não protegidas e cravadas em meio de agressividade ambiental fraca;
- **0,3 mm** - para estacas não protegidas e cravadas em meio de agressividade ambiental moderada a forte;
- **0,2 mm** - para estacas não protegidas e cravadas em meio de agressividade ambiental muito forte.

Assim, se as fissuras estiverem dentro dessas faixas, nenhuma providencia especial deverá ser adotada. Quando as fissuras ultrapasarem esses valores, porém não excederem 1 mm, a estaca deverá ser marcada com lápis de cera no local da ocorrência da fissura para identificá-la, posicioná-la na torre do bate estacas e novamente medida. Como as fissuras tendem a fechar até os limites acima estabelecidos, principalmente no caso das estacas protendidas, indicando, assim, que a armadura longitudinal não ultrapassou o estado elástico, segue-se normalmente a cravação da estaca. Caso contrário, a estaca deverá ser rejeitada.

### 1.2 CLASSE 2 - FISSURAS LONGITUDINAIS (ESTACAS AINDA NÃO CRAVADAS)

São aquelas que apresentam abertura não superior a 1 mm, paralelamente

Figura 3 – Fissuras longitudinais em estacas ainda não cravadas



Figura 4 – Fissuras longitudinais em estacas em processo de cravação



ao eixo longitudinal das estacas. Neste caso, as estacas deverão ser sempre rejeitadas (Figura 3), pois, na maioria das vezes, não suportam a cravação a que serão submetidas.

### 1.3 CLASSE 3 - FISSURAS LONGITUDINAIS (ESTACAS EM PROCESSO DE CRAVAÇÃO)

São aquelas que apresentam abertura não superior a 1 mm, paralelamente ao eixo longitudinal das estacas (Figura 4). Neste caso, as estacas deverão ser sempre avaliadas, ou seja:

- Se, ainda em processo de cravação e estando em deslocamento, haver a tendência de propagação da fissura para toda a extensão longitudinal do fuste da estaca à medida que os golpes do martelo vão sendo desferidos, nesse caso, aconselha-se rejeitar a estaca.
- Se a trinca ocorrer no final da cravação, quando da coleta das últimas negas e/ou repiques elásticos, recomenda-se inspecionar a posição até onde a trinca se propagou, recompondo-se esse trecho e aceitando-se a estaca, pois esta já se encontra devidamente cravada.

### 1.4 CLASSE 4 - TRINCAS TRANSVERSAIS

São aquelas que apresentam abertura superior a 1 mm em relação ao plano transversal das estacas. Esse tipo de trinca é sinal de que a armadura longitudinal

ultrapassou o estado elástico de deformações e, portanto, as estacas armadas deverão ser rejeitadas. No caso das estacas protendidas, não são raras as vezes onde o procedimento adotado para a classe 1 apresenta resultado satisfatório, sendo recomendável, neste caso, tentar adotá-lo (Figura 5).

Evidentemente, estamos nos referindo neste caso a trincas eventuais, as quais

Figura 5 – Trincas transversais



Figura 6 – Trincas transversais concentradas

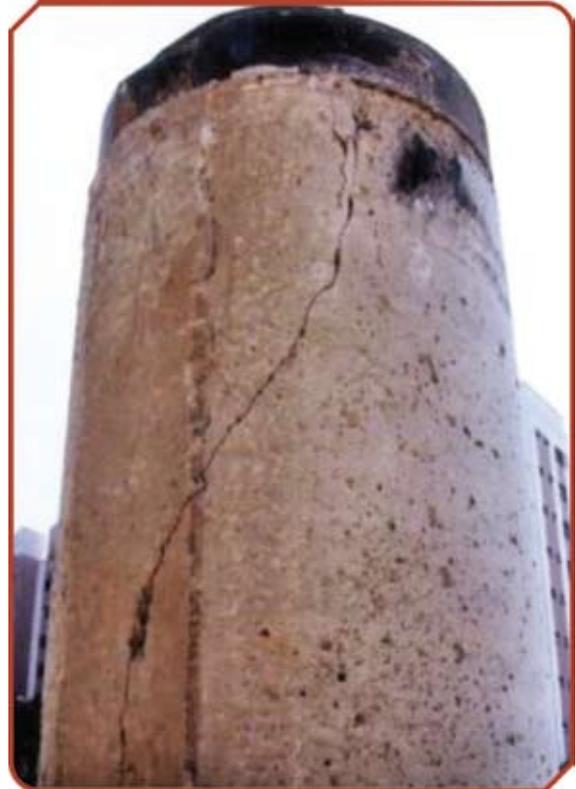


podem aparecer em um ou outro ponto ao longo do fuste. No caso de ocorrência de inúmeras trincas, principalmente em um determinado trecho do fuste, a estaca deve ser recusada. A Figura 6 ilustra uma estaca com inúmeras trincas em um pequeno trecho do fuste, a qual certamente deve ser inutilizada.

### 1.5 CLASSE 5 - TRINCAS LONGITUDINAIS

São aquelas que apresentam aberturas superiores a 1 mm, paralelamente ao eixo longitudinal das estacas e, analogamente ao transcrito na classe 3, as estacas que apresentarem tal problema eventualmente deverão ser rejeitadas. Se tais trincas ocorrerem próximas às cabeças das estacas, durante o processo de cravação, o trecho assim danificado pode ser demo-

Figura 7 – Trinca longitudinal



lido, recomposto e prossegue-se a cravação. A Figura 7 ilustra uma estaca com uma trinca longitudinal propagando-se do topo para o fuste.

### 1.6 CLASSE 6 - DESAGREGAÇÕES LOCALIZADAS DE CONCRETO

Neste caso, considera-se a ocorrência

Figura 8 – Exemplos de desagregações localizadas do concreto



Figura 9 – Esmagamento da cabeça de estacas durante o processo de cravação



de pequenas falhas de concretagem localizadas, pequenas partes superficiais que podem se soltar em decorrência de eventuais impactos decorrentes do manuseio, entre outros. Nestes casos, deve-se proceder à recuperação das partes afetadas (Figura 8).

#### 1.7 CLASSE 7 - ESMAGAMENTO DE CABEÇAS DE ESTACAS

Procedimento análogo ao descrito na classe 5, ou seja, remove-se o concreto danificado, incorpora-se um anel metálico e recompõe-se a parte danificada, conforme metodologia apropriada. A Figura 9 mostra algumas estacas com topo danificado durante o processo de cravação por percussão.

#### 1.8 CLASSE 8 - FISSURAS E/OU TRINCAS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS CONCOMITANTES

Nestes casos, embora bastante raros de ocorrerem, as estacas deverão ser rejeitadas (Figura 10).

#### 1.9 CLASSE 9 - FISSURAS E/OU TRINCAS DE RETRAÇÃO

Em geral, esse tipo de problema aparece na superfície das estacas e sempre na parte superior, a qual fica exposta ao tempo após a concretagem. Fissuras ou trincas de retração estão quase sempre associadas ao elevado consumo de cimento e/ou a alguma deficiência no processo de cura adotado. Não devem ser encaradas como um problema sério que deva jus-

Figura 10 – Fissuras transversais e longitudinais



Figura 11 – Fissuras e/ou trincas de retração



tificar a rejeição de estacas, porém recursos técnicos devem ser adotados para que sejam evitadas. Raramente ultrapassam alguns centímetros de comprimento e 2 a 3 milímetros de profundidade, apresentando-se sempre de forma desordenada na superfície das estacas. A Figura 11 ilustra esse tipo de problema.

#### 1.10 CLASSE 10 - FALTA DE COBRIMENTO ADEQUADO DA ARMADURA TRANSVERSAL

Neste caso, a armadura transversal (estribos), ficando muito próxima à superfície das estacas, acaba por provocar o surgimento de fissuras ou até trincas, exatamente nos pontos onde se encontra posicionada. Não raras as vezes esse tipo de problema é confundido com retração. Ocorre, porém, que neste caso, o surgimento dessas fissuras ou trincas, obedece ao mesmo espaçamento dessa armadura. Não se constitui motivo para recusa das estacas, porém, deve ser reavaliada a carga de trabalho a ser adotada nas mes-

Figura 12 – Fissuras e/ou trincas decorrentes de falta de cobertura da armadura transversal



mas, uma vez que a oxidação dessa armadura pode provocar, com o passar do tempo, a ruptura localizada do concreto que cobre essa armadura, reduzindo assim a seção útil a ser considerada dessas estacas. A Figura 12 ilustra tal tipo de fissuras e/ou trincas.

### Referências Bibliográficas

- [01] Alonso, U.R (1998) - Estacas Pré-Moldadas - Fundações - Teoria e Prática - Editora Pini - Capítulo 9.2 - Págs. 373 a 399
- [02] Gonçalves, C; Bernardes, G.P. E Neves, L.F.S. (2007) - Estacas Pré-Fabricadas de Concreto - Teoria e Prática - 1ª Edição - Editora Pini - Págs. 1 a 46
- [03] Gonçalves, C; Bernardes, G.P. e Neves, L.F.S. (2010) - Estacas Pré-Fabricadas de Concreto - Quebras, Vibrações e Ruídos (?) - 1ª Edição - Abcic - Págs. 1 a 105 ■

entidades parceiras

# Entidades sociais e empresas preocupadas com a qualidade das construções

O Brasil possuía, em 2007, 56,3 milhões de moradias, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD 2008, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. A esse montante, são adicionadas, a cada ano, entre 1 e 1,5 milhão de novas residências, estimativa lançada pela Associação Nacional dos Comerciantes de Materiais de Construção - Anamaco, em 2009. Desse estoque de moradias, 77% das unidades foram produzidas em regime de auto-gestão, constatou pesquisa da Booz Allen & Hamilton para a Anamaco.

Em outra pesquisa, dessa vez da Latin Panel para a Anamaco, foram detalhados mais aspectos dessas habitações:

- 79% das residências brasileiras têm apenas um banheiro;
- 70% têm, no máximo, dois dormitórios;
- 77% dos lares necessitam de algum tipo de reforma;
- Destes, apenas, 39% pretendem reformar;
- Destes, 65% utilizarão serviços de um pedreiro, 34% utilizarão mão-de-obra da



*Demóstenes Moraes, da Habitat Brasil, Zoltan Geocze, gerente de microcrédito do Santander, Julie Gattaz, gerente de marketing da Votorantim Cimentos, Sandra Kokudai, da Fundação Bento Rubião, Grasiella Drumond, da Ashoka e Valter Frigieri Júnior, gerente de Desenvolvimento de Mercado da ABCP.*

própria família ou de amigos e, apenas, 1% utilizará os serviços de uma construtora ou empreiteira;

- Mais da metade dessas reformas será de até 25m<sup>2</sup>.

Preocupada com essa realidade do mercado de reforma brasileiro, setor que enfrenta dificuldades estruturais, como a escassez de crédito, a oferta de materiais de baixa qualidade, a falta de mão-de-obra

qualificada, os desperdícios com compra equivocada ou a mais de materiais para a reforma, as patologias decorrentes dos fatores anteriores, a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, conjuntamente com outras entidades sociais, empresas, associações, instituições acadêmicas e movimentos sociais, somaram esforços numa empreitada para dar respostas a esses problemas: o Clube da Reforma.

Lançado no último 8 de junho, em evento na sede da ABCP, o Clube da Reforma tem a missão de melhor estruturar o mercado da reforma brasileiro, objetivando assegurar condições de moradia mais dignas e construções de maior qualidade e durabilidade para a população de baixa renda no país. A meta inicial é que suas ações impactem um milhão de famílias de baixa renda nos próximos cinco anos, de um gargalo estimado em 14 milhões.

Segundo o idealizador do programa, Valter Frigieri Júnior, gerente de Desenvolvimento de Mercado da ABCP, os gargalos neste setor são complexos, os agentes atuam sob óticas particulares e as experiências não são acumuladas. “O Clube da Reforma vem para agregar os diferentes interesses dos agentes a uma causa: a melhoria habitacional da população”. Ele completa: “às empresas interessam ações que melhorem seus produtos e serviços, adequando-os à necessidade do usuário final e, com isso, aumentando o interesse do consumidor por esses produtos e serviços; ao governo interessa a mobilização social, que integre o engenheiro, o arquiteto e o técnico neste mercado da reforma; e às organizações sociais em geral interessam atividades e programas que venham aumentar o impacto de suas ações”, explica.

Os membros até agora envolvidos com o Clube - 38 instituições, no total - são justamente as entidades sociais com alguma tradição na reforma habitacional e as empresas com programas de responsabilidade social voltados para esse mercado. Reunidos nos últimos 10 meses, essas instituições, num intercâmbio de conhecimentos e de práticas, formularam um programa de ação para os próximos 12 meses. “Trabalharemos com a adequação de produtos de crédito, kits de campanha e material téc-

nico para orientação de profissionais, moradores, vendedores e produtores”, destacou Frigieri.

Um primeiro desafio é a mobilização de agentes financeiros, para ampliar a oferta e a qualidade do crédito para a reforma habitacional. Esse desafio passa pelas fases de estudo do potencial do mercado de reforma, de estudo do processo de reforma autogerida e de estudo da relação desse setor com o crédito. Tem como última fase prevista a mobilização de agentes para implantação de produtos diferenciados de crédito para a melhoria habitacional. “O Clube da Reforma representa uma oportunidade para que o Santander crie um novo crédito voltado para o setor de reforma de habitações populares, com a expertise dos parceiros no Clube, de modo que seja sustentável”, destaca Zoltan Geocze, gerente de microcrédito do Santander, presente no lançamento do Clube.

Outro foco de atuação é o desenvolvimento de conhecimento técnico sobre reformas de obras, criando ferramentas práticas que auxiliem moradores, profissionais, lojistas e assistentes técnicos na contratação e no acompanhamento da reforma. Este desafio passa pelo processo de identificar, cadastrar e mapear iniciativas no setor de melhorias habitacionais, tarefa a que se dedicarão os parceiros do Clube nos próximos 12 meses. “O Clube desenvolverá uma plataforma na Web que reunirá as boas práticas existentes, consistindo de uma rede de iniciativas dos diversos agentes espalhados pelo país, que atuam na melhoria habitacional, para que as soluções alcançadas cheguem ao maior número de profissionais, atores e famílias”, detalhou Frigieri.

O Clube almeja ainda criar uma campanha de comunicação integrada para mostrar à população os benefícios de investir na melhoria da moradia. Serão explorados aspectos como satisfação pessoal, conquista familiar, qualidade de vida e valorização do imóvel nessas campanhas, no sentido de incentivar a população, em especial a de baixa renda, a promover melhorias em sua residência.

**Para saber mais:**

[www.clubedareforma.com.br](http://www.clubedareforma.com.br)

produtos do concreto  
macrofibras poliméricas

# O concreto com reforço de macrofibras poliméricas

**ANTONIO DOMINGUES DE FIGUEIREDO - PROFESSOR DOUTOR**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL, ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

## 1. INTRODUÇÃO

Desde as primeiras aplicações de concreto com fibras (CRF) até hoje, muitas inovações ocorreram. Exemplo disso foi o desenvolvimento de vários tipos de fibras de aço com características específicas para melhorar o desempenho do material, tanto no estado plástico como no endurecido. Com isso, viabilizaram-se várias aplicações, como o concreto projetado reforçado com fibras destinado ao revestimento de túneis, que trouxe uma facilidade executiva muito grande; e o uso de fibras em tubos de concreto que, além da simplificação do processo de produção, diminui perdas de peças por quebra de bordas durante o processo de transporte e aplicação. Inovações ocorrem, em geral, pelo fato de pesquisas terem sido desenvolvidas de modo a embasar essas aplicações sob o ponto de vista da engenharia. Vale ressaltar que, para aplicações com finalidade estrutural, é fundamental haver uma verificação do desempenho do material compatível com um modelo de

dimensionamento. Quando não há modelos públicos disponíveis, pode-se lançar mão de avaliações comparativas de desempenho, como ocorreu para a avaliação do concreto projetado reforçado com fibras de aço, que demonstrou desempenho igual ou superior às telas metálicas, desde que se tenha utilizado um teor adequado (Figueiredo, 1997). Atualmente, outra inovação tecnológica chegou ao mercado brasileiro: as macrofibras plásticas para o reforço do concreto e, como tal, também devem ter sua aplicação embasada nos fundamentos de engenharia.

## 2. FIBRAS E MACROFIBRAS POLIMÉRICAS

As fibras poliméricas, como as de polipropileno (PP), já são utilizadas no concreto há um bom tempo. Sua aplicação tradicional tinha o objetivo de promover um maior controle da fissuração nas primeiras idades ou proporcionar a proteção passiva do concreto durante incêndios (Figueiredo, Tanesi, Nince,

Foto 1 – Fibras de polipropileno de baixo módulo de elasticidade



Foto 2 – Cilindro de macrofibras poliméricas produzido para lançamento direto na betoneira, para mistura no concreto



2002). Nesse caso, são utilizadas fibras de pequenas dimensões feitas a partir de polipropileno de baixo módulo de elasticidade (Foto 1). Apesar de ainda haver algumas questões associadas à otimização da aplicação dessas fibras, que deverão ser motivo de pesquisas futuras, a sua aplicação foi possível em uma série de obras importantes, como os túneis da Rodovia dos Imigrantes. Isso ocorreu porque é sabido que o uso das fibras, mesmo não otimizado, trará algum benefício técnico para a estrutura. Em outras palavras, pode-se questionar se o teor de fibras de PP é exagerado ou insuficiente, mas sabe-se que será obtido algum ganho em termos de desempenho quando comparado com o concreto sem fibras.

As macrofibras de base polimérica surgiram no mercado internacional nos anos 1990, quando começaram a ser fornecidas em cilindros que consistiam em feixes de um grande número de fibras unidas por uma fita externa (Foto 2). As primeiras aplicações ocorreram com o concreto projetado, especialmente na Austrália e no Canadá (Morgan, Rich, 1996). Aos poucos essa tecnologia se disseminou e chegou ao Brasil em anos mais recentes. Atualmente, existem vários fabricantes disponibilizando diferentes tipos de macrofibras no mercado brasileiro (Foto 3). No entanto,

ao contrário do que se espera das fibras de PP convencionais, essas macrofibras são produzidas para se obter um reforço estrutural, nos mesmos moldes que uma fibra de aço.

O uso dessas macrofibras tem vários atrativos em relação às fibras de aço, como o fato de não estarem sujeitas à corrosão eletrolítica, o que possibilita uma maior durabilidade em ambientes mais agressivos. Outra vantagem está no menor impacto que essas fibras causam na trabalhabilidade do concreto pelo fato delas serem mais flexíveis que as fibras de aço. Com isso, as macrofibras dificultam menos a mobilidade relativa dos agregados, facilitando, inclusive, o bombeamento do material, para mesmos teores em volume. Isso é, particularmente, interessante para o caso do concreto projetado, onde as fibras poliméricas irão representar uma chance menor de entupimentos no processo. Para os pavimentos, a menor densidade da fibra irá representar um menor risco de segregação e, com isso, evitar falta de reforço na superfície da placa de concreto. Todavia, a maior flexibilidade, devida ao menor módulo de elasticidade, em conjunto com a menor resistência, irá demandar teores em volume diferentes daqueles utilizados para o reforço do con-

Foto 3 – Macrofibras poliméricas disponíveis no mercado brasileiro, fornecidas soltas em sacos



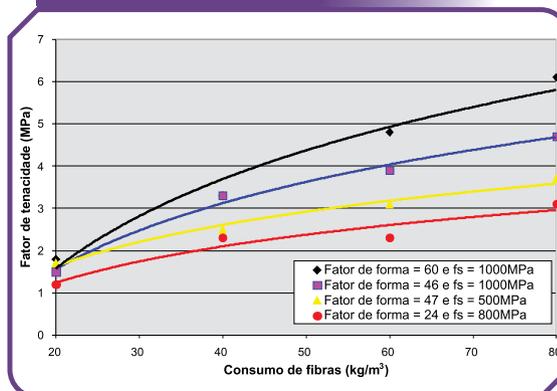
creto com fibras de aço, o que pode prejudicar a fluidez do material. Assim, não é possível realizar a mera substituição de uma fibra pela outra, mas deve-se, sim, realizar estudos de dosagem específicos.

### 3. DOSAGEM DO CONCRETO COM FIBRAS

Para realizar um bom estudo de dosagem, é fundamental a especificação dos requisitos de desempenho estrutural em projeto e que se tenha uma metodologia de ensaios bem estabelecida para a sua determinação. Metodologias de dosagem para o reforço do concreto com fibras de aço já foram desenvolvidas e publicadas no Brasil (Figueiredo, 1997; Higa et al, 2007) e, como é natural, essas procuram determinar o teor ótimo de fibras, que atende aos requisitos de tenacidade do concreto. Isso é avaliado por métodos de ensaio já padronizados no exterior, mas que, com a exceção dos tubos de concreto, ainda não contam com norma brasileira. Apesar dessa limitação, é possível realizar os estudos que permitam estabelecer teores distintos de diferentes fibras, que atendam aos mesmos requisitos de desempenho. O exemplo da Figura 1 contém diferentes curvas de dosagem para fibras de diferentes fatores de forma (relação entre o comprimento da fibra e o diâmetro do círculo com área equivalente à sua seção transversal) reforçando a mesma matriz de concreto. Nota-se que fibras com diferentes resistências do aço ( $f_s$ ) apresentam também diferentes desempenhos, mesmo quando possuem fatores de forma similares. Por essa razão, a norma de especificação de fibras de aço NBR 15530:07 classificou as mesmas segundo o fator de forma e a resistência do aço. Extrapolando o raciocínio, é natural esperar que haja diferenças de comportamento do concreto com fibras de aço em relação àquele com macrofibras poliméricas, dado que estes materiais possuem resistência e fatores de forma bem distintos.

Quando o concreto é reforçado com fibras poliméricas, o problema da deter-

Figura 1 – Correlações da tenacidade com o fator de forma obtidas para o concreto projetado reforçado com fibras de aço (produzido a partir dos resultados de Figueiredo, 1997)



minação da tenacidade fica ainda mais complexo, dificultando o seu controle e dosagem. Apesar de alguns trabalhos já terem sido desenvolvidos no Brasil, como se trata de um material de disponibilidade recente, o volume de pesquisas específicas ainda é reduzido.

### 4. O CONTROLE DAS MACROFIBRAS POLIMÉRICAS

O primeiro trabalho acadêmico brasileiro realizado sobre o assunto foi desenvolvido na Universidade de São Paulo e abordou justamente a metodologia de controle da tenacidade (Tiguman, 2004). O objetivo fundamental do trabalho era comparar os resultados obtidos segundo dois procedimentos de ensaio para determinação da tenacidade: o ensaio contínuo (JSCE-SF4 e EFNARC) e o ensaio descontínuo (ASTM C1399). Isso ocorreu pelo fato dos ensaios de flexão em prismas feitos em concretos com macrofibras apresentarem respostas bastante instáveis, dificultando a análise dos resultados. Demonstrou-se que a utilização de ensaios contínuos é pouco eficaz para avaliar o concreto com baixos teores de fibras, tornando a quantificação da tenacidade praticamente impossível. Já os ensaios descontínuos permitiram a avaliação dos concretos com valores muito baixos de

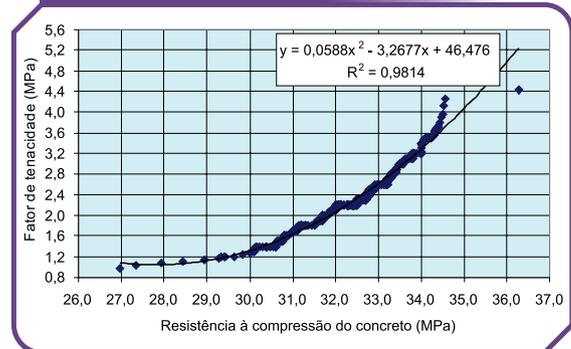
tenacidade. O problema é que os ensaios descontínuos não são utilizados como referência nas recomendações internacionais para o dimensionamento de estruturas com o reforço de fibras, o que gera dúvidas quanto à sua aplicabilidade no controle de obras como pavimentos e túneis. Como a respostas desses ensaios são diferentes, estudos vêm sendo desenvolvidos na direção de atender essa demanda e espera-se que, num futuro próximo, o ensaio descontínuo possa ser encarado como uma alternativa viável para o controle da tenacidade desses concretos.

## 5. PERIGOS DA FALTA DE CONTROLE TECNOLÓGICO

Assim, com as dificuldades apontadas, muitas vezes se lança mão de teores absolutamente empíricos para se especificar o material. Essa prática, infelizmente, também acontece para as fibras de aço, apesar de toda a tecnologia disponível e de todas as pesquisas já realizadas sobre o assunto. O problema é que especificar apenas um consumo de fibras, sem realizar o controle de qualidade, não garante o desempenho do material. Para exemplificar, na Figura 2, são mostrados os resultados obtidos no controle regular de uma obra de pavimento industrial, ficando claro que a resistência da matriz implicou um aumento da tenacidade do compósito. Vale ressaltar que esses resultados representam apenas a variação natural do material de uma obra específica.

O maior limitante para a introdução dessa tecnologia no mercado é a carência de uma cultura de incentivo a programas de controle de qualidade na execução de obras de pavimentos, que é o principal campo de aplicação dessas fibras no Brasil, o que permitiria uma melhor condição de avaliação das tecnologias alternativas. Ou seja, como os usuários já estão acostumados a realizar obras, onde a fibra de aço é especificada apenas fixando-se um consumo, sem haver controle tecnológico do material, é natural esperar que esses mesmos usuários fiquem satisfeitos apenas

Figura 2 – Correlação entre os valores de fator de tenacidade e de resistência à compressão obtida no controle corriqueiro do concreto reforçado com fibras de aço para pavimentos (Figueiredo, Mourad, Carvalho, 2000)



com a informação do teor recomendado de macrofibras para a obra, sem fazer qualquer verificação.

Mas, é preciso concluir que, independentemente do tipo fibra a ser utilizada como reforço do concreto, deve-se especificar um parâmetro de desempenho quanto à tenacidade para a sua dosagem e controle. Vale lembrar que, pelo fato do controle de recebimento ter um custo muito baixo, quando comparado ao montante de investimento destinado a obras de pavimentos e túneis, onde o CRF é frequentemente aplicado, não se pode justificar sua eliminação, tanto pelo ponto de vista tecnológico, como pelo ponto de vista econômico.

O fato de não haver uma prática do controle do material em campo faz com que o mercado perca referências importantes de avaliação de desempenho e, com isso, torne a tecnologia mais suscetível do ponto de vista de confiabilidade. Em outras palavras, como a decisão sobre que fibra utilizar e em que teor é normalmente embasada de maneira muito restrita no custo da fibra e no consumo especificado, sem verificação do desempenho mínimo adequado, acaba-se por comprometer gravemente a tecnologia, por descuidar de aspectos técnicos fundamentais. Isso é equivalente a uma situação hipotética

onde um concreto dosado para uma determinada obra, com seu traço específico para aquela obra, ser adotado em outra. O raciocínio é o seguinte: “como já foi aprovado anteriormente”, resolve-se eliminar o controle da qualidade do material para reduzir custos e, simultaneamente, troca-se o cimento por outro mais barato. Esta situação inaceitável para o cimento é, infelizmente, freqüente para as fibras, pois muitas obras são executadas apenas com a definição do consumo mínimo e, em alguns casos, substituem-se as fibras por outras com melhores condições comerciais, sem que qualquer avaliação de conformidade técnica do material seja feita.

## 6. CONCLUSÕES

A utilização dos concretos reforçados com macrofibras poliméricas pode vir a ser uma excelente alternativa técnica para o mercado brasileiro, mas isso está condicionado ao estabelecimento de uma prática de controle de qualidade nas obras correntes. É fundamental que os empreendedores lancem mão de estudos de dosagem, de modo a se ter um balizamento técnico para a tomada de decisão. Ou seja, comparar não só custos e duvidosos

consumos pré-estabelecidos, mas também resultados efetivamente obtidos, a partir de um plano de ensaios de avaliação de desempenho. Para isso, existem, atualmente, várias normas e recomendações publicadas internacionalmente para avaliar o desempenho pós-fissuração do concreto com fibras. Um bom exemplo disso é a recomendação proposta pela EFNARC ([www.efnarc.org](http://www.efnarc.org)), que prescreve, claramente, que concretos projetados com fibras devem ser especificados em termos de requisitos de desempenho por parte dos projetistas. Em outras palavras, encontrando-se um método de ensaio compatível com o modelo de dimensionamento utilizado para a obra em questão, nada impediria que um estudo prévio de seleção de fibra fosse utilizado, comparando-se, não apenas custo, mas desempenho. Em algumas aplicações de maior exigência técnica, como é caso do revestimento de túneis, é inadmissível a omissão dos estudos prévios para qualificação do material, pois isso gera riscos inaceitáveis para a obra. Tendo isso em vista, é possível prever que a promissora utilização de macrofibras, ou mesmo de outros tipos de fibras, irá ocorrer em bases seguras no futuro.

## Referências Bibliográficas

- [01] FIGUEIREDO, A.D. Parâmetros de Controle e Dosagem do Concreto Projetado com Fibras de Aço. São Paulo. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 1997.
- [02] FIGUEIREDO, A. D., MOURAD, F. A., CARVALHO, J. L. C. Aspectos do controle do concreto reforçado com fibras de aço para pavimentos. In: 42º Congresso Brasileiro do Concreto do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). Fortaleza, CE, 2000.
- [03] FIGUEIREDO, A. D., TANESI, J., NINCE, Andréia Azeredo. Concreto com fibras de polipropileno. *Téchne. Revista de Tecnologia da Construção.* , v.10, p.48 - 51, 2002.
- [04] HIGA, L. H., et al. Método de dosagem do concreto reforçado com fibras de aço para otimização da tenacidade. In: 49º. Congresso Brasileiro do Concreto do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). Bento Gonçalves, RS, 2007.
- [05] MORGAN, D.R.; RICH, L.D. Polyolefin fibre reinforced wet-mix shotcrete. In: ACI/SCA International Conference on Sprayed Concrete/Shotcrete - “Sprayed Concrete Technology for the 21st Century”, 10 a 11 sept. 1996. American Concrete Institute and Sprayed Concrete Association. Proceedings. p.127-38.
- [06] TIGUMAN, M. P. Estudo comparativo entre métodos de quantificação de tenacidade usando concreto reforçado com macrofibras de polipropileno. 2004. Dissertação (mestrado). Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. ■

# A norma brasileira de lajes alveolares: ações conjuntas da cadeia produtiva do setor

ENG<sup>A</sup> MSc. DANIELA GUTSTEIN - COORDENADORA  
CE DE LAJES E PAINÉIS ALVEOLARES DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADAS

ENG<sup>A</sup> INÊS LARANJEIRA DA SILVA BATTAGIN - SUPERINTENDENTE  
ABNT/CB-18

ENG<sup>A</sup> IRIA LÍCIA OLIVA DONIAK - DIRETORA EXECUTIVA  
ABCIC

ENG. DR. FERNANDO MENEZES DE ALMEIDA FILHO  
NETPRE/UFSCAR

PROF. DR. MARCELO DE ARAÚJO FERREIRA - COORDENADOR  
NETPRE/UFSCAR

## 1. INTRODUÇÃO

**E**m 2006, foi publicada a revisão da norma de Projeto e Execução de Estruturas Pré-moldadas de Concreto (ABNT NBR 9062)<sup>[1]</sup>. Essa revisão teve como objetivo a atualização frente às prescrições da norma de Projeto de Estruturas de Concreto (ABNT NBR 6118)<sup>[2]</sup>, bem como às tendências internacionais de normalização e inovações tecnológicas na área de estruturas pré-fabricadas. A ABNT NBR9062<sup>[1]</sup> trouxe especificações importantes para estruturas pré-moldadas e pré-fabricadas\*, a partir das quais elementos pré-moldados podem ser projetados, tendo como base ensaios de comprovação experimental. Mas, a metodologia para a realização dos estudos experimentais não é definida ou indicada e as especificações

referentes às lajes alveolares são pouco detalhadas nesta norma.

Por outro lado, a atual norma que trata do tema<sup>[3]</sup> está desatualizada e contempla apenas aspectos gerais das lajes alveolares.

No contexto internacional, normas específicas de produtos pré-fabricados têm sido publicadas e revisadas constantemente, sendo a EN 1168<sup>[4]</sup> o eurocódigo relacionado ao produto laje alveolar. O PCI (*Precast/Prestressed Concrete Institute*) e a fib (*Fédération Internationale du Béton*) também têm desenvolvido o tema por meio da publicação de manuais de referência para lajes alveolares, onde estão contidos os tópicos projeto, fabricação, montagem, controle tecnológico e sistemas estruturais compostos pelas lajes alveolares.

A importância da laje alveolar na construção civil brasileira e o desenvolvimento

do setor nos últimos anos motivaram ações conjuntas de fortalecimento do projeto, produção, controle tecnológico e ainda de parcerias entre fabricantes e entidades de pesquisa. Essas ações têm sido coordenadas pela ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto), desde 2001, envolvendo fabricantes associados e grupos de pesquisa, como o NETPRE/UFSCar (Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados de Concreto da Universidade Federal de São Carlos). Destacam-se os programas de ensaios desenvolvidos em parceria entre fabricantes e o NETPRE, bem como a filiação à *fib*, em 2008, onde representantes da ABCIC e do NETPRE têm atuado junto ao comitê de pré-fabricação da entidade. A ABCIC tem buscado a certificação de produtos e promovido o desenvolvimento tecnológico e empresarial do setor, de forma a atender às necessidades do mercado, o que requer a revisão e elaboração das normas técnicas em consonância com as tendências mundiais, bem como com a experimentação e a experiência brasileira adquiridas na área.

Assim, este artigo descreve o processo de elaboração da norma brasileira de lajes alveolares, as etapas e setores envolvidos, ilustrando a importância da normalização das lajes alveolares no Brasil, bem como alguns desafios que a Comissão tem enfrentado.

## 2. COMISSÃO DE ESTUDOS DE LAJES E PAINÉIS ALVEOLARES

A Comissão de Estudos de Lajes e Painéis Alveolares de Estruturas de Concreto Pré-fabricadas (CE-18:600.19) foi instalada em 2008 no âmbito do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-18). O objetivo principal da Comissão é a normalização de Lajes e Painéis Alveolares de estruturas de concreto pré-fabricadas, com a participação de pessoas diretamente envolvidas e especializadas no assunto.

A elaboração da norma de lajes alveolares constitui a primeira atividade desta Comissão. O produto painel alveolar será tratado posteriormente, uma vez que

apresenta características estruturais e funcionais diferenciadas das lajes alveolares. Além da elaboração dessas normas, dentro do planejamento da Comissão, poderão existir outras iniciativas para a elaboração de boas práticas de projeto, produção e montagem dos produtos, por exemplo.

Os trabalhos da Comissão de Estudo (CE) estão sendo desenvolvidos e pretende-se que a norma de lajes alveolares seja publicada em breve, mantendo-se o número ABNT NBR 14861, mas com novo escopo e título: “Lajes alveolares protendidas de estruturas de concreto pré-fabricadas - Requisitos e procedimentos”. Os demais produtos de lajes pré-moldadas terão suas normas específicas.

A Comissão escolheu a coordenação e secretaria, em função da experiência em normalização na área de estruturas pré-fabricadas e do conhecimento técnico sobre o tema. Inicialmente, a CE foi coordenada pelo Prof. Marcelo de Araújo Ferreira, pesquisador na área de lajes alveolares e coordenador do NETPRE/UFSCar. Este participou também da revisão da ABNT NBR 9062<sup>[1]</sup> e é atual representante brasileiro do comitê de Lajes Alveolares da *fib* (*Fédération Internationale du Béton*), organização não lucrativa criada em 1998, através da integração do CEB (*Comité Euro-International du Béton*) e da FIP (*Fédération Internationale de la Précontrainte*). Este Comitê *fib* vem trabalhando na elaboração de um manual que virá a complementar a atual norma europeia EN 1168<sup>[4]</sup>, dentre outros assuntos. No entanto, mudanças na coordenação da Comissão foram necessárias, devido a não permanência de seu coordenador no país e à necessidade de dar continuidade aos trabalhos de desenvolvimento da Norma. Assim, a coordenação da Comissão está atualmente a cargo da Eng<sup>a</sup>. Daniela Gutstein, representante de fabricantes, lotada anteriormente na secretaria e com experiência advinda de seu trabalho na revisão da ABNT NBR 9062, e a secretaria, do Eng. Fernando de Menezes Almeida Filho, representando o meio acadêmico, como pesquisador do NETPRE/UFSCar.

A CE conta com membros dos diversos setores da cadeia produtiva, tais como: fa-

bricantes de lajes alveolares, projetistas, fornecedores de insumos e fabricantes de equipamentos, bem como pesquisadores, em especial, os representantes do NETPRE, e consumidores do produto.

### 3. NORMA DE LAJES ALVEOLARES

#### 3.1 ETAPAS DO PROCESSO

As diretrizes da ABNT para o desenvolvimento das Normas Brasileiras seguem padrões internacionais de normalização e visam obter documentos com conteúdo coerente, claro e preciso, que considerem o estado da arte, que sirvam de base ao desenvolvimento tecnológico e que sejam suficientemente completos para a aplicação a que se destinam, permitindo que toda a sociedade possa deles fazer uso.

Como a ABNT é signatária do Código de Boas Práticas em Normalização da Organização Mundial do Comércio, as Normas Brasileiras devem ser elaboradas considerando o estado da arte no País e também o tratamento dispensado ao tema internacionalmente.

Seguindo essas diretrizes, para a elaboração do texto-base, a CE 18:600.19 definiu o sumário apresentado na Tabela 1, tendo como base a norma EN 1168<sup>[4]</sup> e sua aplicabilidade no contexto nacional. Esta

norma e demais manuais do *fib* e PCI também têm sido consultados na elaboração do texto-base.

Foram formados três grupos de trabalho para o desenvolvimento de parte do texto-base a ser apreciado em plenária. Os grupos são coordenados por membros da CE e todo o processo é acompanhado pela coordenação da CE. São os grupos:

■ **Grupo 1 - Materiais, Produto e Produção:** responsável pela elaboração dos Capítulos 5, 6, 12 e parte do Capítulo 11 (Tabela 1), a partir da análise dos procedimentos de produção e montagem de fabricantes e das especificações do Selo de Excelência ABCIC<sup>[5]</sup>, que foi elaborado por meio de um Comitê desta Associação, tendo como base normas de qualidade internacionais e as normas técnicas ABNT que são aplicáveis. O Selo consiste num programa de qualidade evolutivo específico para as indústrias de pré-fabricados que busca a melhoria das empresas com o avanço dos níveis do Selo. O Grupo 1 é coordenado pela Eng<sup>a</sup>. Íria Lícia Oliva Doniak. Fazem parte do texto do grupo os aspectos de fabricação, de montagem, equipamentos e do controle tecnológico de produção. Neste último, são tratados, por exemplo, os tipos de ensaios, a frequência mínima e aqueles ensaios específicos ainda não normalizados (em conjunto com o Grupo 2).

Tabela 1 – Sumário da norma de lajes alveolares

ABNT NBR 14861: Lajes alveolares protendidas de estruturas de concreto pré-fabricadas – Requisitos e procedimentos	
Título	
Capítulo 1	Escopo
Capítulo 2	Referências normativas
Capítulo 3	Termos e definições
Capítulo 4	Simbologia
Capítulo 5	Materiais
Capítulo 6	Requisitos para o produto acabado
Capítulo 7	Dimensionamento das seções transversais
Capítulo 8	Dimensionamento de sistemas estruturais compostos por lajes alveolares
Capítulo 9	Detalhamento
Capítulo 10	Outros Requisitos
Capítulo 11	Verificação experimental e controle tecnológico
Capítulo 12	Métodos de produção
Capítulo 13	Documentação técnica
Capítulo 14	Incumbências

■ **Grupo 2 - Dimensionamento de seções transversais de lajes alveolares pré-fabricadas - Verificações de projeto:** responsável pela elaboração dos Capítulos 7 e 11, a partir dos resultados das pesquisas, tanto na área experimental quanto analítica e numérica, do NETPRE em parceria com fabricantes e a ABCIC, dentre outras. Este grupo é coordenado pelo Prof. Marcelo de Araújo Ferreira e conta com a colaboração de outros pesquisadores do NETPRE e UFS-Car. São assuntos do grupo: as verificações de projeto da seção transversal propriamente dita, tais como, flexão, cisalhamento, fendilhamento e outras.

■ **Grupo 3 - Dimensionamento de sistemas estruturais - Critérios de projeto:** responsável pela elaboração dos Capítulos 8 e 9, bem como pela análise dos assuntos desenvolvidos para o Capítulo 7 quanto aos critérios de projeto usualmente adotados. Este grupo é coordenado pela Eng<sup>a</sup>. Daniela Gutstein e conta com apoio de demais membros projetistas e produtores. Fazem parte dos tópicos do grupo: efeito diafragma, comportamento de lajes contínuas, capeamento estrutural, detalhamento e outros sobre o tema.

### 3.2 DIMENSIONAMENTO DAS SEÇÕES

#### TRANSVERSAIS E PESQUISAS DE APOIO

São consideradas lajes alveolares protendidas pré-fabricadas os elementos produzidos por pré-tração, moldados em pistas de protensão de até 200m, de instalações industriais. Os processos mais difundidos em instalações industriais, devido à mecanização e produção elevada, são os de moldagem por extrusão e por moldadora, que empregam concreto de abatimento nulo, com alto grau de compactação. As lajes produzidas apresentam características compatíveis com o tipo de equipamento adotado.

A protensão e o emprego de cimento de alta resistência inicial (ARI ou ARI/RS - resistente a sulfatos) possibilitam que se tenha grande produtividade na fabricação das lajes alveolares e consequente agilidade no processo construtivo das lajes alveolares. Vãos elevados de até 20m podem ser vencidos por lajes alveolares nas fases de

construção e de vida útil, sem emprego de fôrmas, mesmo com grandes sobrecargas. A qualidade e durabilidade dos elementos são garantidas pela dosagem do concreto com baixa relação água-cimento, elevada resistência característica à compressão e cura controlada, muitas vezes a vapor. A armadura predominante é a ativa (protensão), não se adotando armaduras frouxas ou de cisalhamento nos processos por extrusão e por moldadora. Os alvéolos (vazios na seção transversal da laje) conferem economia de concreto, maior altura útil da laje alveolar, bom comportamento térmico e acústico da seção transversal da laje.

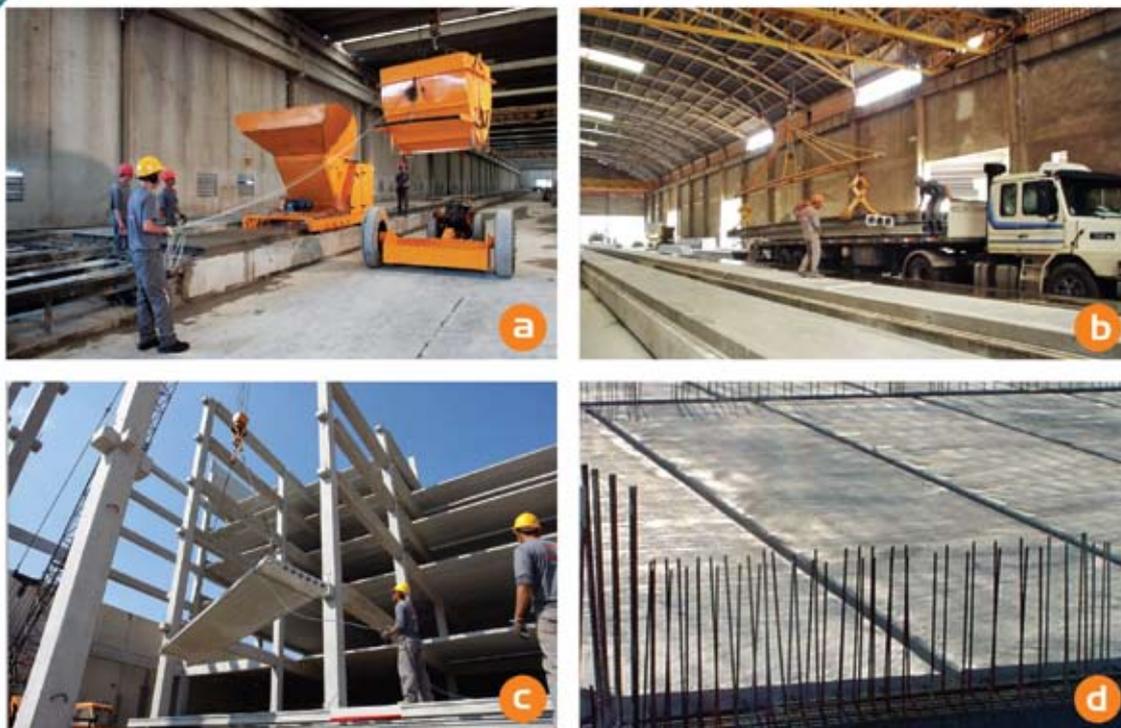
Dessa forma, a produtividade e rapidez da produção é maximizada pelo arranjo de produção, feito por cada fabricante, que envolve a extensão da pista, tipos de equipamentos e materiais, padronização dos elementos e mínimas intervenções nos mesmos, como recortes e preenchimento de alvéolos.

A normalização desse produto visa, então, a garantir a qualidade aliada a rapidez de todas etapas porque passam os elementos, para diferentes processos produtivos. Devem ser estabelecidas na norma as verificações de esforços a serem adotadas e as condições de carregamento de análise. O projeto deve considerar as condições de carregamento transitórias, tais como: protensão, içamento, transporte, armazenamento e montagem (Figura1), além das condições de carregamento de vida útil.

A normalização do dimensionamento das seções transversais de lajes alveolares (Capítulo7 do Projeto de Norma) está sendo feita a partir do estudo das pesquisas internacionais, como as realizadas em parceria com a *fib* e o PCI, e também das pesquisas nacionais. Conforme artigo publicado sobre a resistência de lajes alveolares pré-fabricadas ao cisalhamento<sup>[6]</sup>, essas pesquisas têm sido realizadas em parcerias entre fabricantes associados à ABCIC e o NETPRE, comparando os dados obtidos com a normalização brasileira e internacional de referência.<sup>[1],[2][3]e[4]</sup>

Essas pesquisas fornecem subsídios para fins de normalização quanto à avaliação de desempenho de produto e ao controle de

Figura I – Lajes Alveolares: (a) Produção em pista por extrusão; (b) Içamento e transporte; (c) Montagem - Ampliação do Shopping Total em Curitiba/PR e (d) Lajes alveolares montadas (antes do preenchimento de juntas ou chaveteamento e capeamento estrutural) - Centro Empresarial Terra Firme em São José/SC (fotos cedidas pela Cassol Pré-fabricados).



qualidade. Diversos fatores influenciam nos mecanismos resistentes e nas formas de ruptura das lajes alveolares. A verificação ao esforço cortante é uma das mais importantes a ser normalizada. Os mecanismos de ruptura ao cisalhamento são críticos, em geral, nas lajes de menores vãos e/ou de maiores carregamentos. Uma vez que a laje alveolar não utiliza armadura à força cortante, é projetada para atender aos requisitos de dispensa de armadura de cisalhamento em lajes e, algumas vezes, utiliza-se de artifícios, como o preenchimento dos alvéolos e a adoção de capa estrutural, para melhorar o seu comportamento ao cisalhamento.

Os ensaios realizados possibilitaram a validação da metodologia de ensaio do manual da FIP<sup>[7]</sup> em fábrica nacional, que será referência para ensaios de controle de qualidade de produto em fábrica. Embora os resultados desses ensaios não solucionem todas as dúvidas sobre o assunto, trazem

indicações importantes para a escolha das formulações de verificações de esforços na nova norma. As características nacionais devem ser levadas em conta, uma vez que a normalização internacional é baseada em pesquisas de produtos comumente empregados nos países europeus.

### 3.3 SISTEMAS ESTRUTURAIS COMPOSTOS POR LAJES ALVEOLARES

Dentre os assuntos a serem abordados na nova norma, merece destaque também o Capítulo 8, que trata do dimensionamento de sistemas estruturais compostos por lajes alveolares. Este Capítulo trará a definição do elemento capa estrutural, especificará a obrigatoriedade de projeto estrutural deste elemento e também os requisitos de projeto e de execução da seção composta, formada pela laje alveolar e capeamento estrutural, entre outros.

Sistemas estruturais de edificações multipiso formados por lajes alveolares apoia-

das em vigas e pilares pré-fabricados, ou mesmo em pilares moldados no local (Figura 2), têm sido cada vez mais utilizados no Brasil. É usual a solução com capeamento estrutural e a consideração das lajes alveolares com efeito diafragma no pórtico estrutural, com ou sem continuidade. A continuidade pode ser considerada com a inclusão na obra de armação superior nas regiões de momento negativo e solidarização da seção composta formada pela laje e capeamento com seus apoios. Mesmo sem continuidade, é comum a utilização de tela soldada em todo o plano das lajes, para controle de retração e variação de temperatura.

Para destacar a importância da laje alveolar na engenharia brasileira, apresenta-se, na Figura 2(b) um exemplo de obra onde são empregadas lajes alveolares de estruturas de concreto pré-fabricadas. Esta obra é uma das mais altas do Brasil com este sistema estrutural. Segundo os responsáveis pelo projeto, nesta obra, com 10 pavimentos, são empregadas lajes alveolares nos pisos de pavimentos, apoiadas em vigas pré-fabricadas e estas, por sua vez, em consolos de pilares pré-fabricados. Os pilares são compostos por dois ou três elementos ao longo da altura da edificação. Os pisos de lajes são formados pela solidarização das lajes alveolares com o capeamento estrutural e seus apoios, considerando-se, no modelo estrutural de pórtico, o efeito

diafragma, devido aos pisos e ligações vigapilar semi-rígidas. A modulação desta obra é de 8mx8m e a sobrecarga típica global é de 3,5 kN/m<sup>2</sup> nas áreas de estacionamento e de 10kN/m<sup>2</sup> nas demais áreas do shopping. Esse carregamento pode ser utilizado pelo proprietário e lojistas como for mais adequado, compondo o total entre cargas permanentes e acidentais.

#### 4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou as ações conjuntas entre a ABCIC, fabricantes, projetistas e pesquisadores de lajes alveolares, que culminaram na elaboração de um texto-base para a norma de lajes alveolares. A Norma, quando aprovada, será uma importante contribuição à construção pré-fabricada no Brasil e já está em estágio adiantado de desenvolvimento no âmbito do ABNT/CB-18.

A sua importância foi destacada ao longo deste trabalho a partir de alguns temas. Outros tópicos importantes, como os requisitos do produto acabado, os métodos de produção, o comportamento quanto ao incêndio, por exemplo, têm sido extensivamente debatidos na CE e farão parte da norma. Outro enfoque será a definição das responsabilidades, para garantir o atendimento de seus requisitos.

A tendência é que a nova norma apresente requisitos para um projeto mais de-

Figura 2 – (a) Detalhe da região de apoio de bordo das lajes alveolares e armaduras de espera do pilar moldado *in locu*, antes da execução do capeamento estrutural - Empresarial Terra Firme em São José/SC; (b) Edificação comercial de 10 pavimentos em estrutura pré-fabricada e lajes alveolares - Shopping Via Brasil - Rio de Janeiro/RJ (fotos cedidas pela Cassol Pré-fabricados e [www.shoppingviabrasil.com.br/empreendimento.html](http://www.shoppingviabrasil.com.br/empreendimento.html))



talhado. Vem a preencher lacunas de padronizações mínimas relacionadas às lajes alveolares e aos sistemas estruturais formados pelas mesmas, bem como de especificações e orientações para minimizar problemas, discussões técnicas e contratuais entre produtores, projetistas e proprietários. Também a concorrência desleal tende a ser reduzida, uma vez que passam a existir padrões mínimos pré-estabelecidos em norma.

O setor de estruturas pré-fabricadas e de consumidores (demais obras que utilizam as lajes alveolares) tende a crescer quando se estabelecem padrões mínimos de segurança estrutural, de produção e de controle de qualidade. Essa normalização está sendo desenvolvida de forma que não impeça a evolução tecnológica e que possa ser atendida pelos fabricantes, projetistas e demais responsáveis envolvidos.

## 5. AGRADECIMENTOS

À Cassol Pré-fabricados pelos dados fornecidos sobre o projeto das lajes alveolares do Shopping Via Brasil e pelos ensaios de lajes alveolares realizados na fábrica de Araucária/PR. Estes ensaios, feitos em parceria com o NETPRE, originaram referências internacionais importantes, como as apresentadas nos eventos *PCI 2008 Anual Convention* e *Third*

*fib International Congress 2010* e demais eventos nacionais, que permitiram, dentre outros, a validação de metodologia apropriada para aplicação em fábrica e motivou parcerias entre fabricantes, ABCIC e NETPRE.

À empresa CMA-Carlos Melo & Associados, responsável pelo projeto da estrutura pré-fabricada do Shopping Via Brasil-RJ, pelos dados fornecidos.

Às empresas Cassol Pré-fabricados/PR, Premodisa Sorocaba/SP, Protensul Pré-fabricados/SC e T&A Pré-fabricados/PE, por viabilizarem estudos visando a normalização técnica de lajes alveolares.

Às empresas Cassol Pré-fabricados/PR, Munte Construções Industrializadas/SP e Premo Construções e Empreendimentos/MG, que disponibilizaram seus procedimentos e bibliografias referentes às lajes alveolares, para a análise e fonte de consulta.

Ao proprietário da obra do Shopping Via Brasil, pela possibilidade de uso das imagens do empreendimento.

À empresa Zamarion e Millen Consultores, que disponibilizou seu escritório para reuniões e ao Eng. Eduardo Millen, que tem tido participação ativa como representante da ABECE, bem como aos demais integrantes da CE que têm se dedicado aos trabalhos de normalização.

## Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006.
- [02] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2007.
- [03] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 14861: Laje pré-fabricada - Pannel alveolar de concreto protendido - Requisitos. Rio de Janeiro, 2002.
- [04] COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. EN 1168: Precast concrete products - Hollow core slabs. Brussels, 2005.
- [05] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO - ABCIC. Documentos integrantes do sistema de gestão do Selo Excelência ABCIC. São Paulo, 2003. Disponível em: <[http://www.abcic.org.br/selo\\_excelencia.asp](http://www.abcic.org.br/selo_excelencia.asp)>. Acesso em: 05 de agosto de 2010.
- [06] Ferreira, M. A.; Fernandes, N. S.; Carvalho, R. C.; Ortenzi, A.; Doniak, I. L. O.; Livi, L. O. Resistência de lajes alveolares pré-fabricadas ao cisalhamento. Revista Técnica nº. 132, Março, 2008.
- [07] FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DA PROTENSÃO - FIP. Guide to good practice: Quality assurance of hollow core slab. London, England, 1992. ■

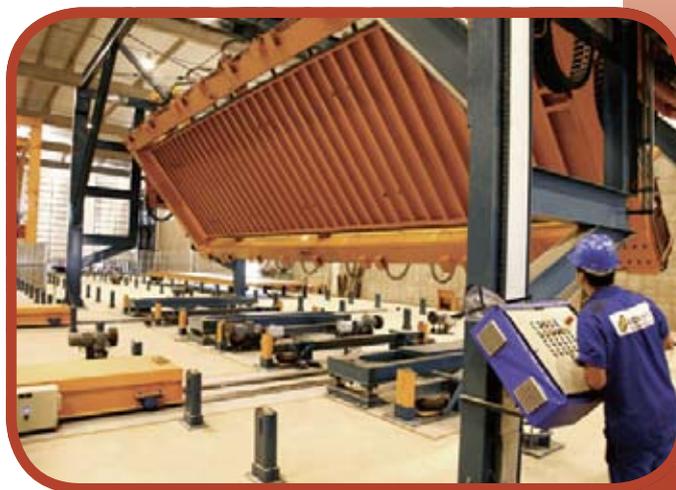
melhores práticas  
paredes duplas

# Paredes duplas: o sistema circular na construção industrializada

**FABIO CASAGRANDE** - ENGENHEIRO CIVIL E DIRETOR  
SUDESTE PRÉ-FABRICADOS



*Interior da fábrica da Sudeste Pré-Fabricados, em Nova Odessa, região de Campinas/SP*



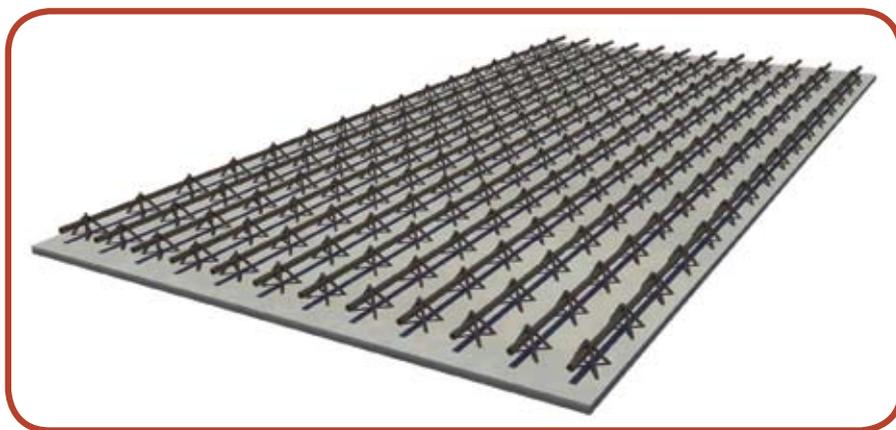
*Estação de giro*

## O SISTEMA CIRCULAR E A ORIGEM DAS PAREDES DUPLAS

Conhecido como “Planta Carrossel” no Velho Continente, o sistema circular para produção de painéis em concreto foi aprimorado durante as últimas três décadas e, hoje, é amplamente utilizado para a construção da parede dupla, uma importante evolução tecnológica que incorpora o conceito de construção industrializada. Essa con-

vergência, externamente, ocorreu em virtude do gargalo de falta de mão-de-obra especializada, carência que hoje também faz parte da realidade brasileira. Da necessidade e do conhecimento acumulado resultaram a produção totalmente automatizada e contínua de painéis em concreto armado customizados, chamados de paredes duplas.

Com função estrutural, cada parede dupla é composta por duas placas de concreto, pré-fabricadas, unidas por treliças



*Modelo de laje treliçada Sudeste, que permite a redução dos trabalhos em armaduras*

de aço. A aplicação de um modelo externo ao tradicionalmente aplicado na construção civil brasileira, como qualquer meio inovador, requereu o estudo do layout do sistema circular, fator determinante para o sucesso do produto brasileiro, que hoje é flexível para atender todos os tipos de obras. O sistema de produção de paredes duplas foi concebido para obter painéis de dimensões e espessuras diversas, sem a necessidade de mudanças na fabricação.

As variações dos painéis que compõem as paredes duplas podem ter a dimensão de até 3,20m de altura por até 13,30m de comprimento, com a espessura total da parede variando entre 0,15m e 0,36m. A estrutura de uma edificação que utiliza paredes duplas também irá contemplar o uso de lajes treliçadas. As lajes treliçadas, por sua vez, podem ter a dimensão de até 2,60m de largura (dada a limitação do transporte) por até 13,30m de comprimento. Cada placa do painel da parede de concreto pode variar de 4,5cm a 7,0cm. A resistência mínima do concreto é de 30,0MPa, havendo possibilidade de alteração em

função do projeto. O módulo de deformação é de 25GPa. Só depois de fixadas as paredes duplas e as lajes treliçadas, a concretagem é feita, simultaneamente, tornando a estrutura monolítica.

Expostas as características técnicas das paredes duplas, vale enfatizar a segurança e o cumprimento das normas técnicas brasileiras a que o sistema construtivo está sujeito.

## TECNOLOGIA QUE OFERECE SEGURANÇA

O sistema construtivo de paredes duplas possui algumas particularidades que visam dar garantia ao construtor quanto à segurança do produto. Como as paredes são produzidas na horizontal e ao nível do chão da fábrica, garante-se a cobertura das armaduras pelo concreto, conforme especificado. O concreto é lançado através de um distribuidor de concreto automatizado, projetado especialmente para esse produto, o que garante a espessura de projeto da parede. O sistema de vibração utilizado, denominado “shaking”, em que a vibração é executada em função do peso do concreto lançado, garante que a superfície da parede em contato com a fôrma (palete) fique isenta de bolhas, evitando, portanto, acabamentos posteriores.

### Resumo das Especificações Técnicas - Placas de concreto paralelas conectadas por treliças de aço

Espessura das placas de concreto	de 4,5cm a 7,0cm
Espessura total	de 15,0cm a 36,0cm
Medida máxima	3,2 x 13,3m
Concreto	fck ≥ 30MPa
Aplicação	paredes internas e externas



Ligação entre paredes duplas e laje treliçada

O que confere a qualidade dimensional da peça é o sistema de projeção a laser, que garante a precisão necessária para não haver retrabalhos.

No projeto do palete foram feitas várias simulações de elementos finitos, até se chegar à melhor estrutura, relacionando a deformação com o peso e o volume ocupados. A construção dos paletes foi feita em aço especial, caracterizado no mercado como chapa grossa de aço soldável, de alta resistência à abrasão, com dureza mínima de 500HB e espessura na faixa de 6 a 19mm, tratado termicamente e laminado em uma só chapa, sem qualquer emenda. Posterior-

mente, esta lâmina foi polida, o que conferiu às paredes uma melhora sensível nas condições de durabilidade e qualidade final tidas como padrões.

Os projetos das paredes duplas, uma vez utilizados para fins industriais, comerciais, em hospitais, escolas, presídios ou habitações, seguem as Normas Brasileiras, notadamente as abaixo relacionadas.

## AMBIENTALMENTE CORRETO

Todos os meses o Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura de São Paulo (Limpurb) recolhe cerca de 144 mil m<sup>3</sup> de entulho. Extraoficialmente, estima-se que essa quantidade seja três vezes maior. Dados do departamento revelam que 10% de todos os materiais entregues em canteiros de obras são desperdiçados. A imprecisão na compra, a ineficiência no processo de construção artesanal e os equívocos na elaboração e execução dos projetos, somados às perdas no transporte e no armazenamento, geram esse desperdício.

O fato chama a atenção de ambientalistas e vira problema de saúde pública em grandes centros urbanos, que encontram dificuldades na deposição dos resíduos. Em poucos anos, estima-se que a escassez de lugares para descarte elevará o preço para aterrar o material.

A geração de resíduos deveria ser uma preocupação ainda na fase inicial do projeto, em sua concepção. A racionalização dos materiais e a eficiência são determinantes para uma obra limpa e sem prejuízos. As paredes duplas seguem a classificação dada à matéria-prima, concreto, pelo Conselho

### Normas brasileiras

Norma Brasileira - Número	Título
ABNT NBR – 9062	Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
ABNT NBR – 6120	Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
ABNT NBR – 8681	Ações e segurança nas estruturas
ABNT NBR – 6123	Forças devidas ao vento em edificações
ABNT NBR – 6118	Projeto de estruturas de concreto armado
ABNT NBR – 15575	Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho



*Obra industrial com fechamento em Paredes Duplas*

Nacional do Meio Ambiente (Conama) que, de acordo com a resolução 307, de 5 de julho de 2002, determina que os resíduos de concreto podem ser considerados de classe A e os resíduos de aço de classe B. Quanto à destinação, isso significa que os resíduos de classe A são reutilizáveis ou recicláveis como agregados e os de classe B são recicláveis para outras destinações.

Além da reciclagem, que favorece o reaproveitamento do concreto estrutural de RCD (resíduos de construção e demolição) e de centrais dosadoras em relação aos tijolos cerâmicos e argamassas, a alternativa, ecologicamente correta, também gera peças com maior capacidade de carga e evita deformações e patologias.

## A AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DUPLAS

O Sistema Circular de construção em concreto consiste em uma planta, cujos moldes são paletes que se movimentam ciclicamente em todas as fases do processo produtivo. O movimento longitudinal ocorre através de dezenas de moto-redutores e fricções espalhados estrategicamente pela fábrica. Já, os movimentos transversais são realizados por carros autônomos que, por sistema hidráulico, elevam o pallet e através dos moto-redutores e movimentam-no entre as linhas longitudinais de transporte.

A automatização de um sistema construtivo de paredes duplas requer algumas observâncias, como a simulação de elementos finitos, no projeto do pallet, até se chegar à melhor estrutura, relacionando a deformação com o peso e volume ocupados. A automatização do processo envolve ainda a escolha de softwares que gerenciam todas as fases, desde o recebimento dos projetos até a gestão de

cada módulo no ciclo produtivo, para chegar ao canteiro de obras. A produção, controlada digitalmente, garante precisão, uniformidade e rapidez, já que não há incorreções. Há exatidão quanto à geometria dos elementos, à mistura do concreto e ao posicionamento das telas e das treliças metálicas. A produção pelo sistema circular permite também a incorporação de pontos hidráulicos e elétricos, abertura de portas, caixilhos e rebaixos para apoio de lajes.

## O PROCESSO QUE ENVOLVE A PRODUÇÃO DA PAREDE DUPLA

A produção da parede dupla é dita circular porque o sistema se dá sobre mesas de superfície metálica polida que circulam pela área de produção. O exato posicionamento das régua que compõem os moldes se deve aos projetores de laser e a imãs integrados às régua. As armações de treliça e de aço também são montadas sobre as mesas. A estação de concreto, por sua vez, prepara a mistura automaticamente, que é lançada por meio de um distribuidor sobre a mesa. Na estação de “shaking”, é feita a compactação. A estação gira 180° e realiza a união entre os dois elementos. A espessura também é controlada por meio de processo automático. O último passo é o da câmara de cura: ali a parede dupla permanece por oito horas

## Relatório de Ensaio IPT

## Especificidade

nº I 006 838-203	Determinação da resistência ao fogo em parede com função estrutural
nº I 006 235-203	Medição da isolamento sonora
nº I44 777-205	Ensaio de compressão excêntrica de paredes de concreto
nº I16 147-205	Avaliação de Desempenho Térmico
nº I17 095-205	Análise da durabilidade de painéis duplos de concreto armado

## TESTES QUE ASSEGURAM O DESEMPENHO DO SISTEMA DE PAREDES DUPLAS

A importância de um instituto imparcial para atestar a qualidade e aprovar o sistema construtivo confere credibilidade ao sistema das paredes duplas. A avaliação técnica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) sobre o desempenho do sistema incluiu os seguintes testes:

- 1 - Desempenho estrutural
- 2 - Segurança ao fogo
- 3 - Estanteidade à água
- 4 - Desempenho térmico
- 5 - Desempenho acústico
- 6 - Durabilidade

A avaliação técnica teve como base a DIRETRIZ SINAT Nº 002 (Sistema Nacional de Avaliação Técnica), os critérios de desempenho estabelecidos na ABNT NBR 15.575 e os requisitos constantes na normalização brasileira, tendo sido emitidos os relatórios apresentados na tabela acima.



*Unidas entre si por treliças metálicas, as paredes formam um painel, que quando é montado na obra, realiza a dupla função de estrutura portante e fechamento.*

Todos os relatórios foram considerados de acordo com os requisitos exigidos pelas normas brasileiras e o sistema apto a ser aplicado. As paredes duplas já são consideradas pela Gerência de Desenvolvimento Urbano (GIDUR) um sistema construtivo homologado a ser utilizado em unidades habitacionais financiadas pela Caixa Econômica Federal.

## Referências Bibliográficas

- [01] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- [02] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- [03] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1990.
- [04] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro, 2003.
- [05] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.
- [06] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.
- [07] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.
- [08] BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resão 307. Brasília, DF, 2002.
- [09] BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. SINAT - Sistema Nacional de Avaliação Técnica. Brasília, DF, 2006. ■

mantenedor

# Selo de Excelência ABCIC: compromisso com a construção sustentável

ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK - DIRETORA EXECUTIVA  
ABCIC

GIANCARLO DE FILIPPI - AUDITOR  
CTE

**A** ABCIC (Associação da construção Industrializada de Concreto), que representa os produtores de estruturas pré-moldadas com ênfase na pré-fabricação (pré-moldados produzidos na indústria, conforme designação da ABNT NBR 9062), está associada ao IBRACON, como sócia mantenedora, desde 2006.

Atualmente, a ABCIC integra o Conselho Diretor do IBRACON e possui representação no Conselho e no Comitê de Certificação, responsável pelo programa de qualificação de mão de obra, operacionalizado pelo NQCP (Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal), acreditado pelo INMETRO como organismo certificador de pessoas, que conduz a certificação de profissionais em controle de qualidade de concreto.

Para a diretoria da Associação, incentivar os profissionais das empresas pré-fabricadoras associadas a buscarem essa certificação é de fundamental importân-



cia, pois ela vem ao encontro às necessidades de treinamento especificadas no programa de certificação do setor, denominado SELO DE EXCELÊNCIA Abcic.

O selo, lançado em 2003, teve como referência de estruturação o Programa de Certificação de Plantas de Produção do PCI (Precast Prestressed Concrete Institute- Chicago) e seus requisitos foram estabelecidos de acordo com as normas técnicas ABNT aplicáveis, como a NBR9062 e suas complementares, e também com a ISO 9001 e 14001, para gestão da qualidade e da ambiental, respectivamente. O Selo leva também em conta a NR-18, enfatizando os princípios de segurança no trabalho e, por esta razão, foi chamado de excelência e não apenas de qualidade.

Atualmente, das 50 empresas associadas à entidade, 17 possuem o Selo, totalizando 21 plantas de produção. Trata-se de um programa evolutivo, que procura, ao longo dos níveis, ressaltar importantes as-

pectos. Inicialmente, ele assegura o cumprimento das Normas Técnicas da ABNT e das práticas recomendadas para o setor. Ao atingir o segundo nível, a empresa passa a garantir a qualidade (conceito de Garantia da Qualidade) e, por fim, ao conquistar o nível III, a empresa aprimorou aspectos relativos à gestão, tais como: abordagem de processos, segurança e meio ambiente. Todos os níveis colaboram para que o sistema em pré-moldados de concreto seja sustentável, tanto ecologicamente correto, como socialmente justo.

Fornecer um produto durável é uma questão de consciência para com a sociedade e isso deve ser demonstrado na prática, com os resultados comprovados pelo Controle de Qualidade. Aderindo ao programa, a empresa se mostra comprometida com o mercado, intensifica o relacionamento com os fornecedores, utiliza de maneira racional os recursos naturais e diminui os impactos ambientais.

Com a certificação, a empresa tem uma visão ampla sobre diversos aspectos,

conseguindo detectar e corrigir deficiências e analisar sua evolução, conquistando expressivos ganhos técnicos e gerenciais. Além do valor agregado a cada organização, o selo cumpre um importante papel ao melhorar o desempenho do segmento de pré-fabricados de concreto no mercado da construção.

O CTE (Centro de Tecnologia de Edificações) é o órgão responsável pela operacionalização, incluindo as auditorias inicial e de manutenção, que são semestrais e validadas por uma comissão de credenciamento, composta por representantes de entidades afins: ABNT-CB-18, ABECE, SINDUSCON-SP, IAB-SP, entre outras.

Para saber se um fornecedor de pré-fabricado é certificado, basta solicitar o atestado e verificar o nível, o escopo, a planta de produção e a validade. Todas as informações referentes ao programa encontram-se disponíveis em nosso site, bastando acessar em certificação ou diretamente sobre a logo do selo disponível na home [www.abcic.org.br](http://www.abcic.org.br). ■



## Programa IBRACON de Qualificação e Certificação de Pessoal



Acreditado pelo INMETRO para certificar mão de obra da construção civil



O IBRACON é Organismo Certificador de Pessoas, acreditado pelo INMETRO.

Como primeira etapa desta conquista, o Instituto vem certificando **auxiliares, laboratoristas, tecnologistas e inspetores** das empresas contratantes, construtoras, gerenciadoras e laboratórios de controle tecnológico.

O certificado atesta que o profissional domina os conhecimentos e as práticas requeridos na atividade de controle tecnológico do concreto, entre os quais as especificações e os procedimentos de ensaios prescritos nas normas técnicas.

É a **garantia da qualificação do pessoal** de sua empresa!

**Inscrições abertas!**

PARA MAIS INFORMAÇÕES

Acesse: [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) | Ligue: 11-3735-0202 | Email: [qualificacao@ibracon.org.br](mailto:qualificacao@ibracon.org.br)

# A Norma Brasileira de Concreto Autoadensável

RICARDO ALENCAR

SIKA

MARCO AURÉLIO CUPERTINO

FURNAS

INÊS BATTAGIN

ABNT/CB18

## 1. INTRODUÇÃO

**D**esde o início de 2008, o Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-18) vem desenvolvendo atividades de normalização visando estabelecer diretrizes para o concreto autoadensável (CAA). A Comissão de Estudo responsável pelo tema foi formada por produtores, consumidores de concreto, seus materiais constituintes, representantes de institutos de pesquisa, laboratórios da iniciativa privada, universidades, entre outros. Apesar do uso crescente desse material no País, não havia ainda norma brasileira específica para disciplinar o assunto.

Os esforços nesse sentido culminaram com a aprovação, em 2010, de seis textos normativos, que estabelecem os requisitos para classificação, controle e aceitação do CAA no estado fresco, prescrevendo ensaios específicos. Este trabalho apresenta os principais aspectos e comenta as bases técnicas para o desenvolvimento da ABNT NBR 15823, a partir de documentos europeus, norte-americanos e da experiência dos envolvidos nos trabalhos da Comissão de Estudo.

## 2. CLASSIFICAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL NO ESTADO FRESCO

As características do concreto autoadensável no estado fresco dependem do tipo de aplicação, da geometria da estrutura, do equipamento de lançamento (bomba, caçamba, grua), da importância do acabamento, entre outros. A seguir, são apresentados os quatro parâmetros principais para a especificação do CAA.

### 2.1 FLUIDEZ E ESCOAMENTO (SF)

O valor do espalhamento, medido através do ensaio do *slump-flow*, fornece indicações da fluidez do CAA e de sua habilidade de preenchimento das fôrmas em fluxo livre.

O ensaio previsto na Parte 2 da ABNT NBR 15823 é realizado pelo espalhamento do tronco de cone de Abrams. O molde tronco-cônico é posicionado sobre o centro de uma base plana e a seguir preenchido com o concreto sem compactação. Após o preenchimento, o molde é levantado e o concreto flui livremente. O resultado do ensaio é a média de dois diâmetros perpendiculares do círculo formado pela massa de concreto. Esse ensaio é especificado para todas as aplicações do CAA.

Figura 1 – Execução do ensaio do funil V



A Norma Brasileira prevê a realização do ensaio com o cone na posição normal, seguindo uma tendência internacional (ASTM 1611 e EN 12350-8). Ensaios reali-

zados no laboratório de FURNAS mostraram que a posição do molde tronco-cônico não interfere significativamente no resultado do ensaio de espalhamento, porém com o molde na posição invertida, há aumento do tempo de escoamento ( $t_{500}$ ).

Na aplicação do concreto, normalmente se obtém melhor qualidade de acabamento da superfície da peça concretada quando o concreto apresenta maior espalhamento, nesse caso, é mais difícil controlar sua resistência à segregação.

## 2.2 VISCOSIDADE PLÁSTICA APARENTE (VF ou VS)

A viscosidade do concreto é uma propriedade relacionada à sua consistência no estado fresco e influencia a resistência deste ao escoamento. Quanto maior a viscosidade do concreto, maior a sua resistência ao escoamento. Na prática, o CAA com baixa viscosidade apresenta um rápido escoamento. Já, o CAA com alta viscosidade se movimenta de forma mais lenta.

O ensaio para determinação direta da viscosidade é realizado em reômetro e o resultado obtido é expresso em pascal por segundo (Pa.s). Uma avaliação qualitativa da viscosidade do concreto pode ser obtida através da medida do tempo de escoamento do CAA em ensaios que medem sua habi-

Figura 2 – Peça protendida de concreto pré-fabricado:  
A - armadura e B - aparência da peça com o uso de concreto autoadensável

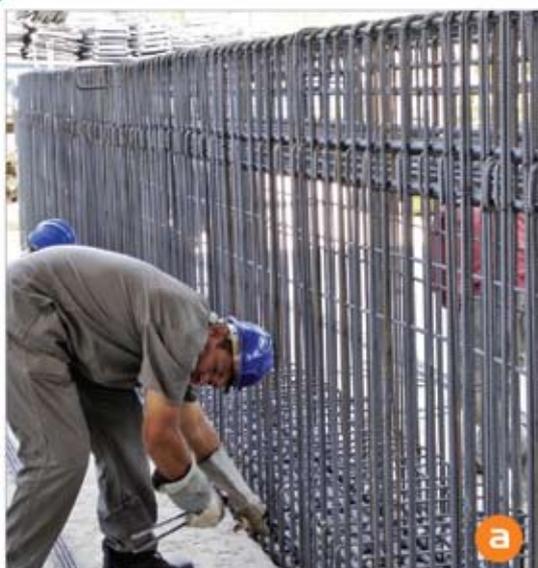


Figura 3 – Execução do ensaio da caixa L



lidade em fluir e, por isso, é chamada, na Norma, de viscosidade plástica aparente.

O  $t_{500}$  é um ensaio que avalia a viscosidade do concreto em fluxo livre, normalmente realizado simultaneamente ao ensaio de espalhamento e consiste na medida do tempo que o CAA leva para atingir a marca de 500 mm de diâmetro (centrada na base da placa de ensaio), após a retirada do molde tronco-cônico (Parte 2 da Norma).

Outro ensaio, denominado funil V, determina a viscosidade sob fluxo confinado, a partir do registro do tempo que o concreto leva para escoar pelo equipamento mostrado na Figura 1. Este ensaio é previsto na Parte 5 da ABNT NBR 15823.

A determinação da viscosidade do concreto é particularmente importante quando for requerido um bom acabamento superficial e/ou quando a densidade de armadura for expressiva na peça a ser concretada; caso típico de concreto pré-fabricado da Figura 2.

### 2.3 HABILIDADE PASSANTE (PL OU PJ)

A habilidade passante informa sobre a capacidade de o concreto fresco fluir, sem perder sua uniformidade ou causar bloqueio, através de espaços confinados e aberturas estreitas, como áreas de alta densidade de armadura e embutidos.

O ensaio utilizando a caixa L, previs-

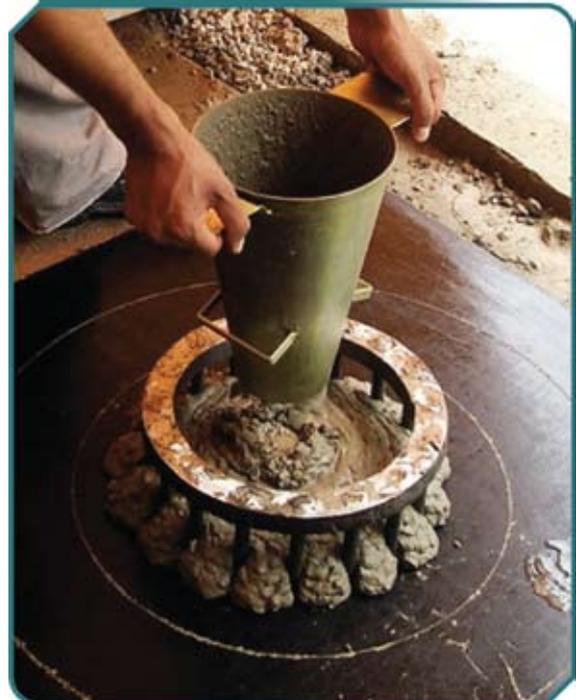
to na Parte 4 da Norma e que segue a linha estabelecida pela EPG (2005), mede a habilidade passante, sob fluxo confinado, através da razão entre as alturas  $H_2$  e  $H_1$  da superfície do concreto nas extremidades posterior e anterior da câmara horizontal, respectivamente, após aberta a grade de separação entre os compartimentos, como mostra a Figura 3.

A EN 12350-10 (2007) considera o tempo que o CAA leva para atingir as marcas de 20cm e 40cm da fase de contenção. Pelos estudos realizados para o desenvolvimento da Norma Brasileira, verificou-se que essa medida não é operacional, particularmente para concretos de baixa viscosidade, pois se necessita de duas marcações de tempo em um intervalo muito curto. Além disso, o foco do ensaio é a habilidade passante e não a viscosidade do concreto.

Como o CAA não se comporta totalmente como um fluido Newtoniano (fluido ideal) é necessário um tempo mínimo para sua estabilização no equipamento, normalmente entre 30s e 60s, evitando mascarar resultados em obra, pois se o CAA for despejado e imediatamente for aberta a comporta do equipamento de ensaio (caixa-L), o escoamento do concreto será facilitado.

Normalizado pela ASTM 1621, o ensaio do anel J, previsto na Parte 3 da Norma Bra-

Figura 4 – Execução do ensaio do anel J



sileira e mostrado na Figura 4, consiste no mesmo molde tronco-cônico do ensaio de espalhamento, só que posicionado de forma invertida, para verificar se o concreto passa por 16 barras de aço igualmente distribuídas no anel. A medida da habilidade passante é obtida pela diferença entre o espalhamento medido com o anel J em relação ao espalhamento medido no ensaio de *slump-flow*.

A determinação da habilidade passante pode ser desnecessária no caso de ausência ou baixa densidade de armadura.

## 2.4 RESISTÊNCIA À SEGREGAÇÃO (SR)

A resistência à segregação é a capacidade do concreto de permanecer com sua composição homogênea durante as etapas de transporte, lançamento e acabamento. Sendo que, a segregação pode ocorrer de duas maneiras:

- **Estática:** associada aos fenômenos de sedimentação, que ocorre quando o concreto está em repouso dentro das fôrmas;
- **Dinâmica:** durante o lançamento, enquanto o CAA flui dentro da fôrma.

O concreto sofre segregação dinâmica durante o lançamento e segregação estática após o lançamento. A segregação estática é mais danosa em elementos estruturais altos, mas também em lajes pouco espessas, podendo levar a defeitos, como fissuração e enfraquecimento da superfície. A segregação dinâmica é facilmente detectada nos ensaios de estado fresco e pode ser corrigida durante a etapa de dosagem. A resistência à segregação é particularmente importante em concretos autoadensáveis de maior fluidez e baixa viscosidade.

Na Norma Brasileira (Parte 6), a avaliação da resistência à segregação é dada pelo ensaio da Coluna de Segregação, que teve como base o que estabelece a ASTM C 1610. Este ensaio tem sido muito difundido, pela sua facilidade de execução, como mostra a Figura 5. A aparelhagem consta de um tubo de PVC seccionado em três partes de medidas padronizadas, que são devidamente fixadas, apoiadas sob uma base rígida, onde o CAA é despejado. Após cerca de 20min, é possível extrair as porções de concreto, com auxílio de uma chapa metálica. As amostras são lavadas e peneiradas para remoção da argamassa e separação dos agregados graúdos, com a determinação da massa daqueles que ficaram alojados no topo ( $m_t$ ) e dos da base ( $m_b$ ). Com

Figura 5 – Execução do ensaio da Coluna de Segregação



isso, se estabelece o índice de segregação em função da porcentagem de agregado graúdo em cada porção da amostra.

A norma americana, contudo, não prevê uma classificação como a recomendada pela Norma Européia, que utiliza outra metodologia para a mesma determinação. Baseado no ensaio da ASTM, Alencar (2008) obteve satisfatória correlação com a classificação da EN 206-9 (Anexo L, informativo) para aplicações em produção.

A ABNT NBR 15823 classifica o CAA no estado fresco em função dos parâmetros apresentados e, seguindo a linha européia da EN 206-9, recomenda, em anexo informativo, a correlação dessa classificação com a aplicação do concreto em campo, como exemplifica a Tabela 1.

## 3. PREPARO, CONTROLE E RECEBIMENTO

As operações de preparo, controle e recebimento do concreto auto-adensável devem cumprir com o que estabelece a ABNT NBR 12655, exceto quanto aos requisitos de aceitação para o estado fresco. Além disso, a moldagem dos corpos de prova deve ser realizada sem adensamento manual ou mecânico.

A Norma exige que todos os ensaios sejam realizados durante os estudos de dosa-

**Tabela 1 – Classes de espalhamento, viscosidade plástica aparente, habilidade passante e resistência à segregação do CAA em função de sua aplicação**

Propriedades Ensaio	Classes	Aplicação	Exemplo	
Espalhamento (slump-flow) (mm)	SF 1 550 a 650	Estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura e embutidos, cuja concretagem é realizada a partir do ponto mais alto com deslocamento livre	Lajes	
		Concreto autoadensável bombeado	Revestimento de túneis	
	SF 2 660 a 750	Estruturas que exigem um curto espalhamento horizontal do concreto autoadensável	Estacas e certas fundações profundas	
		Adequada para a maioria das aplicações correntes	Paredes, vigas, pilares e outras	
Viscosidade plástica aparente $t_{300}$ (s)/ Funil V (s)	VS 1 $\leq 2$ VF 1 $\leq 8$	Adequado para elementos estruturais com alta densidade de armadura e embutidos, mas exige controle da exsudação e da segregação.	Lajes, paredes diafragma, pilares-parede, indústria de pré-moldados e concreto aparente	
		Adequado para a maioria das aplicações correntes. Apresenta efeito tixotrópico que acarreta menor pressão sobre as fôrmas e melhor resistência à segregação.	Vigas, pilares e outras	
	VS 2 $> 2$ VF 2 9 a 25	Efeitos negativos podem ser obtidos com relação à superfície de acabamento (ar aprisionado), no preenchimento de cantos e suscetibilidade a interrupções ou demora entre sucessivas camadas		
	Habilidade passante Anel J (mm) Caixa L (H2/H1)	PL 1 25 a 50 mm, com 16 barras de aço PJ 1 $\geq 0,80$ , com 2 barras de aço	Adequada para elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 80 mm a 100 mm	Lajes, painéis, elementos de fundação
PL 2 0 a 25 mm, com 16 barras de aço PJ 2 $\geq 0,80$ , com 3 barras de aço			Adequada para a maioria das aplicações correntes. Elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 60 mm a 80 mm	Vigas, pilares, tirantes, indústria de pré-moldados
		Resistência à segregação Coluna de segregação (%)	SR 1 $\leq 20$	Distância a ser percorrida $< 5$ m
Espaçamento entre armaduras $> 80$ mm				
SR 2 $\leq 15$	Distância a ser percorrida $> 5$ m		Elementos de fundações profundas	
	Espaçamento entre armaduras $> 80$ mm			
		Distância a ser percorrida $< 5$ m	Pilares, paredes, elementos estruturais complexas e elementos pré-moldados	
		Espaçamento entre armaduras $< 80$ mm		

**NOTA 1** – SR 2 ou um valor-limite mais rigoroso pode ser especificado se a resistência ou a qualidade da superfície for particularmente crítica

**NOTA 2** – Quando a distância a ser percorrida pelo concreto for maior que 5 m e espaçamento inferior a 80 mm, deve ser especificado um valor de SR menor que 10 %.

gem do concreto em laboratório, mas presume-se, como ensaios de aceitação em obra, apenas aqueles previstos nas Partes 2 e 3, ou seja, o ensaio de espalhamento,  $t_{500}$  e habilidade passante pelo anel J.

### 3.1 ENSAIOS DE ACEITAÇÃO PARA CONCRETO DOSADO EM CENTRAL E RECEBIDO NA OBRA

A aceitação do CAA no estado fresco deve ser baseada, no mínimo, na comprovação das seguintes propriedades:

- **Fluidez e viscosidade** - avaliadas pelo ensaio de espalhamento e  $t_{500}$ , para cada betonada (caminhão);
- **Habilidade passante** - avaliada pelo ensaio do anel J, a cada 30 m<sup>3</sup>.

Caso sejam especificados os ensaios da caixa L e/ou funil V, pode ser dispensada a realização dos ensaios do anel J e/ou  $t_{500}$ , respectivamente.

Quando for realizada a introdução de aditivo na obra, deve ser feito previamente o ensaio do abatimento. Depois de completada a mistura do concreto com os aditivos, deve, então, ser coletada uma nova amostra para os ensaios de espalhamento e  $t_{500}$ .

Acredita-se que uma avaliação do CAA apenas por meio do ensaio de espalhamento pode não ser suficiente para comprovar o nível de autoadensabilidade adequado à estrutura. Não é à toa que existem quatro características de avaliação no estado fresco. Por essa razão e a fim de dar maiores garantias de conformidade do CAA, foi escolhido, além do teste do espalhamento, também o  $t_{500}$  e o anel J para avaliação em obra. Isso porque, o primeiro teste é realizado de forma simultânea ao próprio espalhamento, não demandando mais tempo de execução e permitindo uma informação adicional da viscosidade aparente. Já, o segundo é o teste mais simples de avaliar a habilidade passante e permite uma análise qualitativa da resistência à segregação, através da visualização da capacidade dos agregados graúdos acompanharem a movimentação da argamassa, após passarem pelas armaduras.

### 3.2 ENSAIOS DE CONTROLE PARA CONCRETO NA INDÚSTRIA DE PRÉ-MOLDADOS OU EM CASOS ESPECIAIS

Neste caso, os ensaios prescritos na NBR 15823 são determinados em função da aplicação e sua frequência é dada de acordo com o processo produtivo, de forma a atender os seguintes requisitos mínimos:

- **Elementos estruturais armados:** o(s) ensaio(s) (função da aplicação do CAA)

deve(m) ser realizado(s), pelo menos, uma vez ao dia por traço produzido;

- **Elementos estruturais protendidos:** o(s) ensaio(s) deve(m) ser realizado(s) com o concreto destinado a cada pista de protensão, no início dela;
- Em ambos os casos, um novo ensaio deve ser realizado sempre que houver alteração no proporcionamento dos materiais, ou paralisação e posterior retomada dos trabalhos.

Estabeleceu-se uma importante diferenciação entre o controle de qualidade do CAA recebido em obra e o produzido em uma fábrica de pré-moldados, principalmente, porque, neste último caso, não se trata de um controle de recebimento, pois a produção é própria.

Apesar disso, percebe-se que, devido a um maior controle possível de se obter em instalações fixas, aliado a uma necessidade de uma resistência e acabamento superior (peças são aparentes), na maioria dos casos, é realizado um ensaio a cada peça produzida. Ou seja, muito mais do que o estabelecido na Norma.

## 4. SUGESTÕES PARA DESENVOLVIMENTO DE TRABALHOS FUTUROS

Praticamente, não há, na bibliografia (sobretudo nacional), estudos a respeito de repetitividade e reprodutividade dos ensaios apresentados.

Além disso, a ABNT NBR 15823 se aplica ao concreto com massa específica normal (2000 kg/m<sup>3</sup> a 2800 kg/m<sup>3</sup>). Deve ser avaliada, de forma individualizada, a aplicabilidade dos requisitos desta Norma para o CAA com inclusão intencional de ar, agregados leves, agregados pesados ou fibras.

Entretanto, verifica-se no mercado uma grande demanda por aplicações especiais, particularmente na utilização de Paredes de Concreto, em razão do Programa do Governo Federal: Minha Casa, Minha Vida. Nesses projetos, muitas construtoras têm adotado soluções com a incorporação de fibras, a fim de reduzir a microfissuração devido a desforma rápida e ar incorporado, para o melhor conforto térmico.

Encontra-se, na bibliografia, alguns casos da execução desses ensaios em obras de paredes (um caso é apresentado na Figura 6). Contudo, os estudos científicos realizados nesta área ainda são poucos. Com o maior desenvolvimento, espera-se poder incluir, em um futuro próximo, um

Figura 6 – Projeto de paredes de CAA com fibra de polipropileno (Alencar & Helene, 2010)



tópico sobre aplicações especiais na revisão desta Norma.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os parâmetros de trabalhabilidade devem ser cuidadosamente definidos, controlados e justificados com base na experiência do contratante e do responsável pela dosagem experimental. Além disso, o CAA deve manter as propriedades requeridas no estado fresco durante o período de transporte, lançamento e acabamento.

Como a classificação da viscosidade aparente é feita com base em dois equipamentos diferentes (sob fluxo livre e confinado), pode acontecer do mesmo CAA ser classificado como de baixa viscosidade no primeiro ensaio e de alta viscosidade no segundo, por uma diferença de pouquíssimos segundos. Muito embora se acredite que, na grande maioria dos casos, isso não irá acontecer. O mesmo pode acontecer com a habilidade passante.

Os parâmetros não podem ser considerados de forma isolada, pois todas as propriedades no estado fresco são interdependentes.

## Referências Bibliográficas

- [01] ALENCAR, R. S. A. Dosagem do concreto auto-adensável: produção de pré-fabricados - São Paulo, 2008. 179p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo;
- [02] ALENCAR, R. S. A; HELENE, P. R. L. Self-compacting concrete for in loco molting walls system for low cost housing, 2010. 8p. Sixth International Conference: Concrete Under Severe Conditions, Mérida, México;
- [03] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 1621. Standard test for passing ability of self-consolidating concrete by j-ring. Philadelphia, 2006.
- [04] \_\_\_\_\_. ASTM C 1610. Standard test for static segregation of self-consolidating concrete using column technique. Philadelphia, 2006.
- [05] \_\_\_\_\_. ASTM C 1611. Standard test method for slump flow of self-consolidating concrete. Philadelphia, 2006.
- [06] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12655. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2006.
- [07] \_\_\_\_\_. ABNT NBR 15823 Concreto auto-adensável (Partes 1 a 6). Rio de Janeiro 2010.
- [08] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN 206-9. Concrete - Part 9: Additional Rules for Self-compacting Concrete (SCC). Brussels, 2010.
- [09] \_\_\_\_\_. EN 12350-8. Testing fresh concrete - Part 8: Self-compacting concrete - Slump-flow test. Brussels, 2010.
- [10] \_\_\_\_\_. EN 12350- 9. Testing fresh concrete - Part 9: Self-compacting concrete - V-funnel test. Brussels, 2010.
- [11] \_\_\_\_\_. EN 12350-10. Testing fresh concrete - Part 10: Self-compacting concrete - L-box test. Brussels, 2010.
- [12] \_\_\_\_\_. EN 12350-12. Testing fresh concrete - Part 12: Self-compacting concrete - J-ring test. Brussels, 2010.
- [13] EPG - European Project Group (BIBM; CEMBUREAU; ERMCO; EFCA; EFNARC). The European guidelines for self compacting concrete. 63p., Surrey, 2005 ■

melhores práticas  
construção racionalizada

# Pré-fabricados de concreto: cenário atual e necessidades especiais de produção e controle

JOAQUIM CORREIA XAVIER DE ANDRADE FILHO  
TECOMAT - TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO E MATERIAIS LTDA

ANGELO JUST DA COSTA E SILVA  
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO

TIBÉRIO WANDERLEY CORREIA DE OLIVEIRA ANDRADE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

## 1. INTRODUÇÃO

A grande quantidade de obras de construção projetadas e em execução em todo o Brasil, seja no campo das edificações, das indústrias, ou mesmo da infra-estrutura urbana, tem demandado o uso cada vez mais constante das peças pré-fabricadas de concreto, especialmente em face da velocidade de construção e da racionalização obtida nos serviços.

Nos casos de construções seriadas, muito comuns, por exemplo, em conjuntos habitacionais, essas características de velocidade e racionalização deixam de ser apenas interessantes e passam a ser essenciais para o adequado cumprimento de prazos, dentro dos custos definidos para as obras.

Com isso, a indústria dos pré-fabricados de concreto tem tido um elevado crescimento nos últimos anos em decorrência dessa imposição do mercado, en-

volvendo tanto a produção de peças de grandes volumes, como pilares, vigas e lajes, como elementos de menor porte, como blocos, peças para pavimentação, entre outros.

## 2. CENÁRIO DOS PRÉ-FABRICADOS NO NORDESTE

Na década de 60, o mercado dos pré-fabricados iniciou seus primeiros passos no Nordeste. Empresas de pequeno porte produziam peças para estruturas menores, como galpões, estacas, postes de energia elétrica e similares.

Já no início da década de 80, uma obra de grande destaque na Região Metropolitana do Recife foi a construção do metrô, na qual foram produzidos 80.000 dormentes de concreto armado em 2 anos. Para a produção utilizou-se processo de prensagem e vibração simultânea do concreto, obrigando a utilização

Figura 1 – Linha de produção utilizada para a fabricação dos dormentes do Metrorec, 1982 – (Fotos dos autores – arquivo pessoal)



de uma mistura bastante seca (consistência Vêbe), agravado pela inexistência, na época, de aditivos eficientes. Ao todo foram confeccionadas mais de 100 dosagens de concreto, resultando em peças com características que podem ser consideradas de alto desempenho,

Figura 2 – Detalhe da colocação do concreto nas fôrmas (Metrorec - 1982)

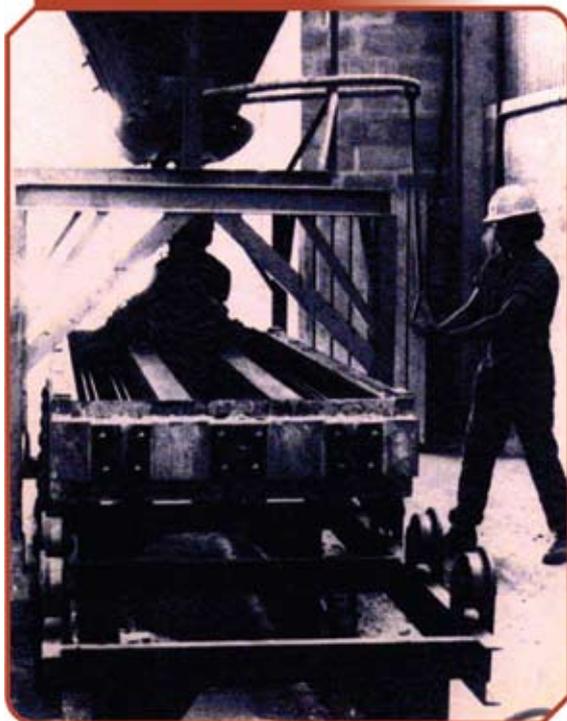
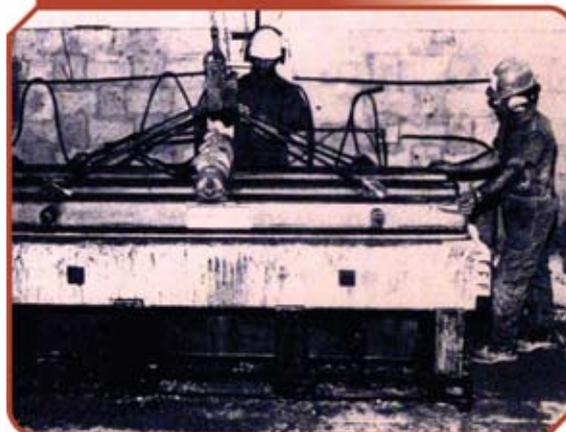


Figura 3 – Vista da prensagem simultânea realizada na execução do concreto seco (Metrorec - 1982)



mesmo nos dias atuais (Figura 1, Figura 2 e Figura 3).

Em virtude dessa evidência de adequação do comportamento em uso, já na década de 90 foram utilizadas técnicas similares para a execução dos dormentes utilizados na ampliação do metrô do Recife (Figura 4).

Com o passar do tempo, o cenário competitivo na região alterou o comportamento das empresas. A concorrência cresceu de tal forma que retirou do mercado os fabricantes que não possuíam a visão estratégica de que, muito em breve, a demanda por obras mais rápidas e com maior controle tecnológico seria uma realidade.

Atualmente, o cenário que despon-

Figura 4 – Execução dos dormentes em concreto durante a ampliação do Metrorec (1998)



ta já mostra algumas grandes indústrias que têm se destacado no Nordeste, a exemplo da cearense T&A e da mato-grossense-do-sul Metron, recém-chegada à região. As fábricas que entenderam que os investimentos em qualidade, aliados a um acompanhamento técnico constante, eram um elemento fundamental para o seu crescimento, sobreviveram e têm, agora, um mercado aquecido para atuar e se sobressair. No complexo portuário de Suape, são vários os exemplos de obras com pré-fabricados de concreto, em especial os galpões de grande porte.

Ao mesmo tempo, as empresas locais também passaram a entender tais necessidades, além da iminente atuação da concorrência, e vêm procurando investir na modernização de equipamentos e treinamento de pessoal. Nesse sentido, a própria Associação Brasileira de Cimento Portland (Regional NNE) presta um serviço de assessoria e consultoria para as empresas do setor no Estado e região, por meio de palestras, fóruns de debate, missões técnicas etc., todas ações no sentido de aperfeiçoar os serviços prestados e fomentar o uso do Cimento Portland.

### 3. ASPECTOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO

O ponto de partida para qualquer fabricante de peças pré-fabricadas é o controle tecnológico do concreto. Esse tipo de insumo exige condições técnicas específicas, muitas vezes relegadas nos processos de fabricação, o que faz com que o surgimento de patologias nas edificações, ao longo do tempo, seja inevitável.

O concreto pré-fabricado necessita, na maioria das situações, de um cimento de alta resistência (principalmente, nas primeiras idades), de aditivos, de adições minerais, e de processos diferenciados de cura térmica. Esse sistema, em especial, tem a grande vantagem de conceder uma agilida-

Figura 5 – Vista geral da planta da fábrica de dormentes da Rodovia Transnordestina (2010)



de significativa às obras, mas para ser rápido e econômico também necessita de um concreto que possa ser protendido em menos de 24 horas.

Um exemplo do que o mercado tem demandado é a estrutura montada para o controle das peças executadas nas obras da Ferrovia Transnordestina (PE/PI). Para essa obra, de grande porte, a construtora precisará fabricar 4.800 dormentes por dia. Isso quer dizer que cada fôrma metálica terá que ser usada ao menos duas vezes ao dia. Será, sem dúvida, um processo de produção que demandará uma tecnologia arrojada, passando pela escolha insumos conhecidos e controlados, processos especiais de cura e equipamentos de ponta (Figura 5).

Situações como essa confirmam a tese de que o concreto, ao contrário do que pode parecer, não é somente uma mistura de cimento, areia, brita, água e aditivo. Para cada aplicação existem características especiais, que concederão ao produto as características necessárias, em conformidade com as condições de exposição e as exigências requeridas.

À medida que o setor da construção civil se desenvolve, o concreto precisa ser cada vez mais resistente, a fim de que as peças pré-fabricadas tenham

Figura 6 – Exemplo de oxidação observada na base do pilar, com pequena espessura de cobrimento



também suas dimensões reduzidas, o que facilita as operações de transporte e montagem das peças em face do seu menor peso.

#### 4. EXIGÊNCIAS ATUAIS DE DURABILIDADE

Atualmente, aliado à necessidade de capacidade mecânica, é também preciso atender às exigências de durabilidade, o que é obtido a partir da utilização de peças com maiores níveis de resistência à compressão (às custas da redução na relação água/cimento, principal parâmetro de dosagem) e maiores espessuras de cobrimento da armadura. Com isso, o que se vê são construções com pilares de concreto com resistência à compressão de 40 a 60 MPa. Esse avanço tecnológico tem que ser acompanhado pelos profissionais do setor para que os concretos sejam, de fato, mais resistentes e mais duráveis.

E não se pode referir somente à qualidade do concreto, mas também à qualidade de execução das obras. Alguns edifícios da cidade do Recife, a título de exemplificação, apresentam patologias porque foram construídos em uma época em que os concretos eram concebidos pensando-se, exclusivamente, na sua resistência mecânica, deixando as questões de durabilidade em segundo plano.

A partir de 2007, com a publicação da

revisão da NBR 6118, juntamente com a NBR 12655 (2006), que tratam do projeto de estruturas de concreto e das operações de preparo, controle e recebimento, respectivamente, os projetistas passaram a utilizar parâmetros de dosagem que associam os níveis de resistência e durabilidade às condições de exposição das peças de concreto, obrigando a utilização de elementos com valores mais altos de resistência. Essa mudança, entretanto, acabou gerando outro problema. Boa parte das construtoras usa concreto com resistência de 40 MPa produzindo-o como se fabricava o de antigamente, de 20 MPa.

Os critérios que devem ser observados em todo o procedimento de fabricação do concreto envolvem sempre alguns aspectos, que variam a cada projeto. O primeiro deles é a dosagem adequada do concreto, considerando a relação água/cimento. Em seguida, deve-se analisar fatores relativos à mistura, transporte, lançamento e adensamento.

Porém, dentre todos esses pontos, um dos que merece mais atenção é o da cura do concreto - procedimento que, normalmente, é ignorado pelo meio técnico, mas que necessita de providências importantes para que não haja a perda precoce da água, de forma a reduzir a possibilidade de surgimento de fissuras.

A utilização e o aperfeiçoamento constante dos aditivos é também um fator significativo para o progresso do concreto nos últimos cinquenta anos, posto que permitem a fabricação de peças com baixa relação água/cimento, dentro de um mesmo nível de fluidez. Além de outros aspectos, como a manutenção da consistência por maiores períodos de tempo, permitindo transporte adequado do concreto até a obra, sem perda das suas características, incremento na viscosidade do material, importante para peças auto-adensáveis, entre outros.

Há no mundo, hoje, dois sistemas de pré-fabricados de concreto. O fechado, em que o próprio construtor produz as

peças, muito comum para a construção de conjuntos habitacionais e de componentes de grande porte em obras de arte (pontes e viadutos), como vigas longarinas e transversinas; e o aberto, através do qual a indústria é que fornece os produtos já padronizados, comumente destinado à execução de galpões, edifícios e outras estruturas de grande porte. Mas, independentemente de qual sistema seja escolhido, a viabilidade dos pré-fabricados dependerá, sempre, do balanceamento entre a repetitividade e o fator tempo. E isso só é visto de caso a caso, motivo pelo qual um acompanhamento técnico mostra-se essencial.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento em curso no país, com perspectiva de crescimento elevado nos próximos anos, demanda uma natural procura por técnicas de construção que

consigam atender, de forma simultânea, às exigências de custo, durabilidade e, principalmente, prazos para execução das obras.

O emprego de elementos pré-fabricados de concreto é uma alternativa interessante para esses propósitos, facultando aos construtores a possibilidade de encomenda das peças, que devem chegar já prontas para serem fixadas no local definitivo, ou podem ser produzidas no próprio canteiro de obras, conforme as necessidades de cada caso.

Entretanto, é sempre imprescindível que sejam tomados todos os cuidados durante a concepção e a produção para que se assegure uma adequada vida útil a essas estruturas. Assim, o presente estudo discute alguns dos cuidados considerados mais importantes durante as fases de projeto e de controle tecnológico, garantindo ao construtor a execução de uma obra limpa, racional e, com certeza, longa vida às estruturas.

## Referências Bibliográficas

- [01] ANDRADE, T.W.C.O. Avaliação do concreto de alto desempenho utilizado nos dormentes de concreto protendido nas linhas do Metrô da Região Metropolitana do Recife. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado), 2001.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro. ABNT, 1985.
- [03] BARBOSA, F. R.; MOTA, J. M. F.; COSTA E SILVA, A. J.; OLIVEIRA, R. A.. Análise da influência do capeamento de corpos de prova cilíndricos na resistência à compressão do concreto. In: 51º Congresso Brasileiro do Concreto, 2009, Curitiba. 51º Congresso Brasileiro do Concreto, 2009.
- [04] CRUZ NETO, J. M.; COSTA E SILVA, A. J.; ANDRADE, A. S. A. C.; ANDRADE, T. C. Avaliação da despassivação da armadura por meio de perfil de cloretos e carbonatação em estrutura de concreto em região agressiva com 20 anos de idade - Porto do Recife. In: 47º Congresso Brasileiro do Concreto, 2005, Recife. 47º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2005, 2005. v. VIII. p. 104-115.
- [05] GEHBAUER, Fritz. Racionalização na construção civil - como melhorar processos de produção e de gestão. Recife. Projeto Competir (Senai, Sebrae, GTZ), 2004. 448p.
- [06] ISAIA, Geraldo Cechella, ed. Concreto: Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. 2v. p953-983.
- [07] JOHN, V. M.; COSTA E SILVA, A. J.; DELGADO, C. B.; ANDRADE, T. C. Avaliação de desempenho em postes de energia elétrica em concreto armado (região não agressiva). In: 41º Congresso Brasileiro do Concreto, 1999, Salvador. IBRACON, 1999. ■

# Projeto de Revisão da Norma Brasileira ABNT NBR 15146 está em Consulta Nacional

O projeto de revisão da Norma Brasileira para a qualificação de pessoal de controle tecnológico do concreto (ABNT NBR 15146) está disponível para Consulta Nacional, desde 20 de agosto, no site da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no endereço [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br).

Produto de seis meses de trabalhos contínuos, o projeto objetivou reavaliar atividades e requisitos das categorias profissionais responsáveis pelo controle tecnológico do concreto e adequar os seus procedimentos de ensaios com suas respectivas atualizações nas normas técnicas específicas.

“A Norma está no momento certo de ser revisada, pois acaba de completar cinco anos”, ressalta a engenheira Inês Battagin, superintendente do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados, quem reativou a Comissão de Estudo para a revisão da Norma pelo ABNT/CB-18.

A ABNT NBR 15146 tem papel estratégico no contexto atual de crescimento do setor construtivo brasileiro, porque regulamenta a qualificação profissional de quem realiza o controle tecnológico do concreto, exigindo deste profissional os requisitos técnicos mínimos para o bom desempenho ocupacional. Por conta disso, a revisão da Norma tornou-se imperativa, tanto para atender as necessidades crescentes do mercado por profissionais mais qualificados, como para contribuir com ambiente mais saudável de negócios.

Participaram das reuniões da Comissão de Estudo do ABNT/CB-18 representantes de toda cadeia produtiva do concreto: construtoras, laboratórios de ensaio, usinas de concreto, fabricantes de cimentos, de aditivos e de outros tipos de materiais constituintes do concreto, instituições de ensino, pesquisa e divulgação, como a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal (NQCP) e o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). A coordenação dos trabalhos coube ao professor da Universidade Mackenzie, Simão Prizkulnik, a relatoria, ao engenheiro da Petrobras, Bruno Alves de Carvalho, e a secretaria, à engenheira da Odebrecht, Roseni Cezimbra.

A Consulta Nacional é franqueada a quem queira opinar, bastando acessar o texto, fazer seus comentários e encaminhar seu voto até 11.10.2010 ao Projeto de Revisão da Norma (identificado na Consulta Nacional como Projeto 18:300.01-005/1), através do site [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br). Após essa data, as sugestões recebidas serão analisadas pela Comissão de Estudo em reunião específica e, se apropriadas, serão implementadas no texto do Projeto. Pretende-se, ainda este ano, que o Projeto final, aprovado pela Comissão, seja encaminhado para homologação e publicação como Norma Brasileira, para substituir a versão até então vigente.

# Em outubro, Fortaleza será a Capital Brasileira do Concreto



**M**aior fórum nacional e latino-americano de debates sobre a tecnologia do concreto e suas aplicações em obras civis, a 52ª edição do Congresso Brasileiro do Concreto vai ser realizada no Centro de Convenções de Fortaleza, de 13 a 17 de outubro de 2010. Promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, o evento vai discutir as Novas Tecnologias do Concreto para o Crescimento Sustentável. O tema será abordado em:

## PALESTRAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS

Pesquisadores do Brasil e do exterior vão

apresentar os trabalhos que vem desenvolvendo sobre o concreto e seus materiais constituintes, as técnicas e sistemas construtivos, o controle tecnológico do concreto, a análise estrutural e a normalização, entre outros assuntos correlatos.

## CONFERÊNCIAS PLENÁRIAS

Especialistas renomados internacionalmente vão apresentar e discutir suas pesquisas científicas e tecnológicas em projeto e análise estrutural, execução e controle de qualidade de obras de concreto, materiais, suas propriedades e aplicações, normaliza-

ção, gestão e manutenção de obras, entre outros temas. Estão confirmadas as palestras dos seguintes especialistas:

**ROBERTO STARK**

(Universidade do México, México)

“Comparação do projeto de estruturas de um edifício de Fortaleza, considerando as ações dinâmicas, com o projeto original”

**BENOIT FOURNIER**

(Laval University de Quebec, Canadá)

“O estágio atual do conhecimento sobre a Reação Álcali-Agregado - RAA”

**ERNIE SCHRADER**

(Schrader Consulting, Estados Unidos)

“O projeto do Canal do Panamá e o uso do Concreto Compactado com Rolo: os desafios e a questão da durabilidade”

**JACKY MAZARS**

(Instituto Politécnico de Grenoble, França)

“As ferramentas de avaliação de danos na modelagem dos efeitos de cargas severas em estruturas de Concreto Reforçado”

**HANI NASSIF**

(Universidade de Nova Jersey, Estados Unidos)

“O potencial de fissuração em Concretos de Alto Desempenho e Concretos Auto-adensáveis sob condições de retração restrita”

## SEMINÁRIO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Especialistas em projetos de construção de barragens debatem as normas técnicas e leis em vigor e as que estão em discussão na comunidade técnica, no sentido de compor um consenso sobre o marco regulatório necessário para a manutenção preventiva e corretiva de barragens, que assegure as condições adequadas de segurança dessas construções.

## SEMINÁRIO “A REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO - CAUSAS, DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES”

Especialistas em patologias em obras de concreto discutem as causas e consequências dessas reações deletérias em estruturas de concreto, assim como expõem os métodos mais avançados para o seu moni-

toramento e identificação e as técnicas de recuperação das estruturas afetadas.

## SEMINÁRIO “CONCRETO SOB AÇÕES DINÂMICAS”

Painel de especialistas vai abordar o impacto de terremotos sobre as estruturas de concreto, tais como: pontes, edifícios e barragens; como também vai expor técnicas de construção mais seguras e que demandam menos manutenção, capazes de resistir à ação de terremotos.

## SEMINÁRIO COPEL DE SUSTENTABILIDADE

Repetindo o sucesso do ano passado, a segunda edição do Seminário prosseguirá os debates com os especialistas acerca dos passos que estão sendo dados e que precisam ainda ser tomados na indústria da construção civil, com vistas a assegurar a sustentabilidade no setor construtivo.

## PAINEL DE ASSUNTOS CONTROVERSOS

Mesas interdisciplinares de profissionais debate com os congressistas temas polêmicos no setor construtivo.

A programação do 52º Congresso Brasileiro do Concreto vai contar ainda com: Concursos Estudantis; Cursos de Atualização Profissional; Sessões Pôsteres; Palestras Técnico-Comerciais; Reuniões Institucionais; Visita Técnica; e a VI Feira de Produtos e Serviços para a Construção - Feibracon, onde será apresentada uma variedade de produtos e soluções construtivas para obras de concreto de diversos tipos e portes. A VI FEIBRACON será aberta ao público profissional.

O evento espera receber mais de 1000 congressistas, de todos os estados brasileiros e do exterior, dos mais variados segmentos da cadeia produtiva do concreto: estudantes, pesquisadores, professores, técnicos, calculistas, tecnologistas, vendedores técnicos, diretores e gerentes de empresas, empresários, construtores, funcionários públicos e demais profissionais do setor construtivo.

Acompanhe as novidades sobre o evento, acessando: [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br).

# Visita técnica ao novo Centro de Eventos do Ceará

No sábado, dia 16 de outubro, como parte da programação do 52º Congresso Brasileiro do Concreto, vai ser realizada visita técnica às obras em andamento do Centro de Eventos do Ceará.

O Centro de Eventos será o segundo maior do país, com capacidade para 30 mil pessoas. Sua área total será de 173 mil metros quadrados, sendo 73 mil para exposição. A estrutura será constituída de dois blocos subdivididos em módulos e uma praça de convivência. Suas peças pré-fabricadas de concreto estão sendo fabricadas pela empresa T&A Pré-Fabricados, patrocinadora da visita técnica aos congressistas. A obra está a cargo do consórcio Galvão/Andrade Mendonça.

A obra impressiona por seu projeto ar-

rojado, por seu tamanho e pelas características das peças pré-fabricadas:

- Pilares de 28m que, para serem transportados da fábrica à obra, são fabricados em duas partes (15,5m e 12,5m, respectivamente), sendo soldadas na obra a uma média de dois pilares por dia; no total, a obra terá 300 pilares;
- Lajes pré-fabricadas de concreto capazes de resistirem a sobrecargas de 1500kg;
- Vigas protendidas, que além da protensão inicial aderente contam também com um reforço extra dado por cordoalhas engraxadas protendidas, de forma a suportar as elevadas cargas previstas; serão 90 vigas desse tipo;
- Peças de concreto de 30 toneladas, em média;
- Volume de concreto pré-fabricado: 26 mil metros cúbicos.

## IBRACON na Concrete Show

O Instituto Brasileiro do Concreto participou, conjuntamente com a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, Associação Brasileira de Serviços de Concretagem - ABESC e o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento - SINAPROCIM, de um espaço de exposição na Concrete Show 2010, chamado Concespaço.

O evento aconteceu de 25 a 27 de agosto no Transamérica Expo Center, em São Paulo. Na ocasião, o IBRACON teve a oportunidade de receber seus associados e de divulgar sua missão e



atividades ao seu público-alvo, entre as quais seu evento nacional, o 52º Congresso Brasileiro do Concreto, que vai acontecer de 13 a 17 de outubro.

# Avanços para análise e projeto de estruturas pré-moldadas com ligações semi-rígidas

MARCELO DE A. FERREIRA - Professor Doutor e Coordenador  
ROBERTO CHUST CARVALHO - Professor Associado e Pesquisador Sênior  
NETPRE - UFSCAR

KIM S. ELLIOTT, PhD - Professor Associado  
University of Nottingham (UK)

## 1. INTRODUÇÃO

Quando a estabilidade lateral das construções pré-moldadas é provida por ação de pórtico, as ligações viga-pilar devem ser capazes de transmitir com eficiência os momentos fletores nas extremidades das vigas, atendendo aos requisitos de resistência, rigidez e ductilidade. O desempenho das ligações viga-pilar afeta tanto o comportamento local das vigas adjacentes quanto o comportamento global da estrutura pré-moldada.

Embora em situações correntes de projeto as ligações com resistência à flexão sejam idealizadas como perfeitamente rígidas, Elliott *et al.* (2003a) demonstraram que as ligações típicas viga-pilar pré-moldadas com armaduras de continuidade e concretagem no canteiro apresentam comportamento semi-rígido, havendo uma rotação associada ao momento resistido pela ligação. Em geral, as ligações pré-moldadas possuem rigidezes inferiores às ligações monolíticas, devido à presença de outros mecanismos

de deformação presentes nas ligações pré-moldadas. Por outro lado, Alva *et al.* (2009) argumentam que mesmo as ligações monolíticas não são perfeitamente rígidas, pois apresentam deformações com liberação de rotações para momentos inferiores ao escoamento.

A aplicação de pórticos pré-moldados com ligações viga-pilar resistentes à flexão com pilares contínuos se tornou uma prática corrente no Brasil. O uso de ligações com maior rigidez, no caso de ligações com chapas soldadas, traz a dificuldade para absorver as deformações decorrentes das mudanças de volumes, originando forças não intencionais nas ligações e na estrutura. Assim, é preferível o adotar o conceito do engastamento parcial, onde o momento resistido é alcançado para um determinado nível de rotação. Atualmente, as soluções típicas empregam vigas segmentadas com seções compostas apoiadas em consolos de concreto, com pilares pré-moldados contínuos, onde a armadura negativa de continuidade das vigas atravessa os pila-

Figura 1 – Ligações viga-pilar com seções compostas: Continuidade da armadura negativa por meio de bainhas grauteadas (a) ou acopladores rosqueados (b); Ligações positivas na parte inferior da viga e o consolo por meio de chapas soldadas (c) ou por efeito de pino (d)



res dentro de bainhas grauteadas ou por meio de acopladores rosqueados, conforme Figuras 1a e 1b. Para o caso das conexões positivas, são empregadas soluções por meio de chapas soldadas, conforme Figura 1c. Para momentos de menor intensidade, um segundo detalhamento emprega chumbadores parafusados e grauteados para prover um efeito de pino na ligação, conforme Figura 1d.

Em função do grau de restrição à rotação, haverá um engastamento parcial associado, o qual depende da relação entre a rigidez da ligação e a rigidez da viga pré-moldada, após sua solidarização. O fator que relaciona estes dois parâmetros é denominado de fator de restrição (ou fator de rigidez). O comportamento semi-rígido nas extremidades das vigas faz com que haja uma transmissão parcial dos momentos fletores nas ligações, com o aumento de momentos positivos nos vãos devidos às ações gravitacionais. Além disso, as ligações semi-rígidas aumentam os deslocamentos laterais globais de primeira ordem na estrutura pré-moldada, afetando assim a redistribuição de momentos entre vigas e pilares, mas principalmente aumentando os efeitos globais de segunda ordem.

## 2. PESQUISAS SOBRE LIGAÇÕES VIGA-PILAR PRÉ-MOLDADAS

Embora exista na literatura técnica um grande número de trabalhos com ensaios de ligações viga-pilar em estruturas pré-moldadas, ainda são poucos os trabalhos específicos sobre o comportamento semi-rígido. Isso se deve ao maior interesse nas ligações com desempenho para zonas sísmicas, nos países como EUA, Japão, Nova Zelândia e Itália. Nesses casos, o projeto é governado pelo desempenho quanto à ductilidade, não sendo considerada a rigidez à flexão na fase pré-escoamento da armadura longitudinal. Por essa razão, as principais pesquisas sobre ligações semi-rígidas pré-moldadas ocorreram em países onde não se têm zonas sísmicas, como Brasil, Inglaterra, França e Finlândia. Entretanto, a maior parte da pesquisa existente está concentrada na Inglaterra (*University of Nottingham*) e no Brasil (SET-EESC-USP - Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos e NETPRE-UFS-Car - Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-Moldados de Concreto da Faculdade Federal de São Carlos). Na Figura 2, são apresentados alguns dos ensaios realizados em Nottingham e em São Carlos.

Figura 2 – Ensaio de ligações viga-pilar pré-moldadas com armadura de continuidade. a) Ligação com consolo metálico embutido, ensaiada na University of Nottingham. b) Ligação com consolo de concreto e chumbador, ensaiada no NETPRE



A *University of Nottingham* esteve à frente do programa de pesquisa europeu *COST C1: Semi-Rigid Behaviour of Civil Engineering Structural Connections*, com a colaboração de outras universidades europeias. Dentre os seus objetivos, pretendeu-se realizar ensaios de ligações pré-moldadas e, num segundo momento, extrapolar os resultados experimentais por meio de modelagens numéricas para um número maior de geometrias e condições de carregamentos. Entretanto, chegou-se à conclusão de que o comportamento semi-rígido não ocorreu em uma única posição nodal, como ocorre nas ligações metálicas, tornando-se mais difícil de se obter expressões racionais para a relação momento-rotação em estruturas pré-moldadas.

No Brasil, a pesquisa em ligações semi-rígidas pré-moldadas foi iniciada na SET-EESC-USP, onde foram realizadas várias outras pesquisas teóricas e experimentais. Através de um Programa FAPESP (2004-07) foi criado o NETPRE - Núcleo de Estudo e Tecnologia em Pré-Moldados de Concreto na UFScar, onde, através do

convênio com a ABCIC - Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto, foi construído um laboratório para estudo do concreto pré-moldado. Pesquisas de pós-doutorado do coordenador do NETPRE enfocaram o desenvolvimento de modelos analíticos para a rigidez à flexão de ligações viga-pilar, além de procedimentos para análise e projeto de estruturas pré-moldadas com múltiplos pavimentos. Dentro da interação de pesquisa com a *University of Nottingham*, em *Elliott et al. (2003b)*, foram feitas comparações dos modelos teóricos propostos por *Ferreira (2001)* com resultados experimentais do *COST C1*, onde houve boa correlação dos resultados. Atualmente, tem-se trabalhado para o melhoramento e a calibração dos modelos analíticos desenvolvidos no NETPRE, onde esses equacionamentos foram testados contra resultados experimentais recentes, dentro de um trabalho de doutorado em andamento na *University of Nottingham*, cujos resultados preliminares estão apresentados em *Hasan et al. (2010)*. Nessa pesquisa, foi adotado

o conceito de “*strong connection*” para se conseguir a continuidade com espalhamento das fissuras ao longo das vigas conectadas, conforme Figura 3.

### 3. CRITÉRIOS DE DESEMPENHO PARA LIGAÇÕES VIGA-PILAR SEMI-RÍGIDAS

Na literatura técnica internacional para estruturas de concreto pré-moldado, ainda não se tem o conceito de ligações semi-rígidas de forma clara para aplicação no projeto. Nos manuais técnicos do *PCI - Precast Concrete Institute*, o conceito de desempenho quanto à rigidez ainda não é apresentado como critério de projeto de ligações. Já, na Europa, o manual *FIB Structural Connections for Precast Concrete Buildings (2008)* apresenta esse conceito como princípio para o comportamento das ligações, mas não apresenta critérios para a sua aplicação. No Brasil, a NBR-9062 recomenda a consideração das ligações semi-rígidas para fatores de restrição entre 0,15 e 0,85, onde se deve considerar a rigidez secante da curva momento-rotação para a análise da estabilidade. Entretanto, a questão do valor da rigidez a ser adotado na análise estrutural ainda depende de ensaios de ligações ou fica a cargo da decisão ar-

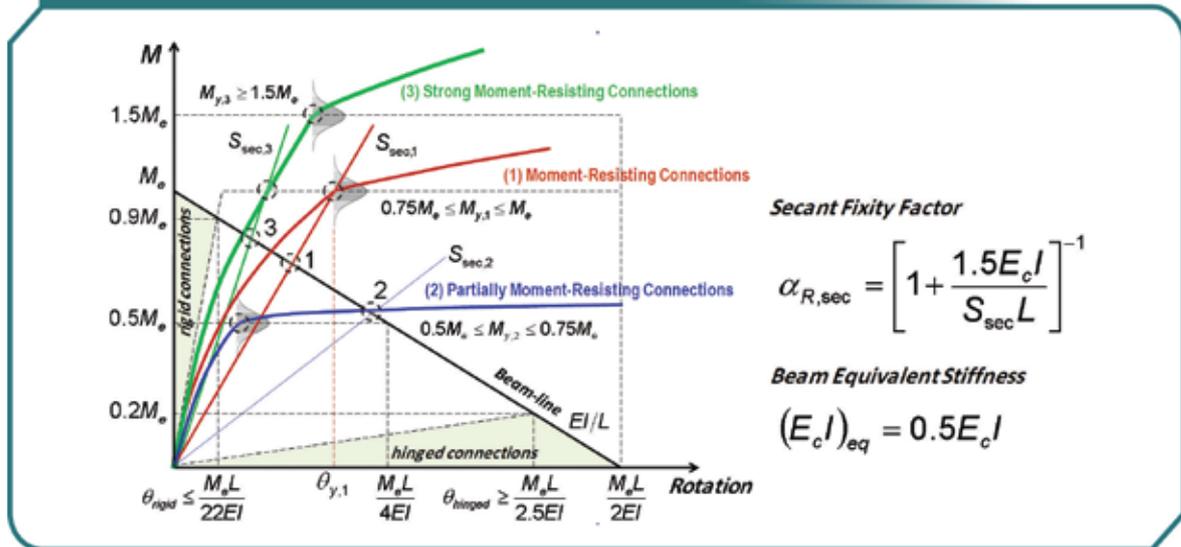
bitrária de cada projetista, não havendo um critério padronizado do cálculo.

Segundo Ferreira (2010), as ligações viga-pilar em zonas não sísmicas devem ser projetadas segundo critérios de resistência e rigidez, onde se recomenda que as ligações sejam dimensionadas para resistir aos momentos elásticos, ficando a deformação limitada ao início do escoamento da armadura, de modo que a armadura permaneça na fase elástica, garantindo o máximo de eficiência para a ação de pórtico. Na Figura 4, estão apresentados três critérios de desempenho quanto à rigidez para ligações com resistência à flexão. Inicialmente, o termo “*moment-resisting connections*” foi definido para designar as ligações com resistências próximas aos momentos elásticos, mas cuja deformação está relacionada a um comportamento semi-rígido, onde o grau de transmissão dos momentos depende do fator de restrição da ligação viga-pilar. Já, no segundo tipo de ligação, denominado “*partially moment-resisting*”, a resistência da ligação está muito abaixo do momento elástico, onde a transmissão dos momentos se dá pela capacidade plástica da ligação, não importando a distribuição da rigidez entre a viga e a ligação. Finalmente, no terceiro tipo de ligação, denominada “*strong*

Figura 3 – Estudo de continuidade em ligações com seções compostas entre elementos segmentados de viga e pilar, com ensaios realizados na University of Nottingham por Hasan, Elliott e Ferreira (2010)



Figura 4 – Critérios de desempenho para ligações viga-pilar com resistência à flexão em estruturas pré-moldadas: 1) ligações com resistência à flexão com comportamento semi-rígido; 2) ligações com resistência parcial à flexão (redistribuição plástica); 3) ligações com alta resistência e alta rigidez. [Ferreira (2010)]



connection”, a resistência está bem acima do momento elástico na extremidade da viga, onde as tensões e deformações na região da ligação acabam sendo pequenas para as solicitações de projeto e, portanto, a ligação pode ser considerada com comportamento quase rígido na análise estrutural.

Adicionalmente, considerando as referências internacionais, é importante distinguir os requisitos de desempenho para ligações em zonas sísmicas dos requisitos para zonas não sísmicas. No caso das regiões sísmicas, os critérios de desempenho estão baseados na resistência e na capacidade de deformações inelásticas (após o escoamento). Já, no caso das ligações em zonas não sísmicas, os critérios de desempenho estão relacionados com as características de resistência e de rigidez à flexão da ligação (antes do escoamento). Neste contexto, o termo “emulative connections” é utilizado nos manuais técnicos do PCI e no ACI-318 para designar ligações com ductilidade equivalente às ligações monolíticas em zonas sísmicas, mas não se aplica para a equivalência da rigidez. Além disso, existem diferenças construtivas e de desempenho entre as ligações empregadas no Brasil e

as chamadas ligações “emulativas”, onde é necessária a utilização de escoramento, mas onde se tem a continuidade completa de todas as armaduras longitudinais das vigas e dos pilares.

#### 4. ANÁLISE DE ESTRUTURAS COM LIGAÇÕES SEMI-RÍGIDAS

Negligenciar o comportamento semi-rígido na análise da estabilidade dos pórticos pré-moldados pode conduzir a uma situação não realista e contra a segurança. As ligações semi-rígidas atuam como molas rotacionais nas extremidades das vigas pré-moldadas, gerando um aumento da flexibilidade da estrutura, modificando a distribuição de rigidez entre os elementos e causando uma “redistribuição elástica” dos esforços internos. Além disso, tem-se o aumento dos deslocamentos globais de primeira ordem, que, por sua vez, conduzem ao aumento dos efeitos de segunda ordem. Devido ao elevado peso próprio das estruturas pré-moldadas de concreto, o efeito das ligações semi-rígidas fica ainda mais crítico para a estabilidade da estrutura. Portanto, sem um conhecimento adequado da resposta de rigidez das ligações é difícil se obter uma

análise precisa do comportamento global das estruturas deslocáveis em concreto pré-moldado.

Com o objetivo de fornecer um procedimento prático para análise, em Ferreira (2010) é apresentado um procedimento simplificado aplicando a técnica da superposição para o pórtico deslocável com nós semi-rígidos, ilustrado na Figura 5, onde as ações gravitacionais são aplicadas num pórtico contraventado (Figura 5b), enquanto que as ações horizontais são aplicadas num pórtico não contraventado com nós semi-rígidos, conforme Figura 5. Assim, as ligações semi-rígidas afetam somente o comportamento local das vigas semi-contínuas sob ações verticais, mas afetam o comportamento global da estrutura sob ações horizontais (deslocamentos e distribuição dos esforços entre vigas e pilares). Nesse procedimento, as ligações viga-pilar são dimensionadas com base nos momentos elásticos (nós rígidos), enquanto os momentos nos vãos das vigas e momentos nos pilares são dimensionados com base nos momentos da distribuição semi-rígida. Assim, para as cargas verticais, os momentos positivos nos vãos das vigas podem ser obtidos por equações escritas como funções do fator de restrição. Adicionalmente, para as ações horizontais, aplica-se um procedimento simplificado onde os momentos de inércia das vigas são modificados em

função do fator de restrição para obter uma rigidez equivalente ao efeito das ligações semi-rígidas na distribuição interna das ações horizontais, conforme ilustrado na Figura 6b, onde são obtidos os deslocamentos corrigidos de primeira ordem e os momentos corrigidos nas vigas e pilares. Finalmente, a análise de segunda ordem é feita a partir do parâmetro  $\gamma_2$ , conforme Figura 6c. Isto possibilita que a análise utilize programas ordinários para pórticos com nós rígidos, sendo uma ferramenta simplificada muito útil para a fase de projeto na definição da estrutura.

## 5. MODELOS ANALÍTICOS PARA A RELAÇÃO MOMENTO-ROTAÇÃO

Na literatura técnica internacional não existem modelos para cálculo da relação momento-rotação em ligações viga-pilar em estruturas pré-moldadas. De acordo com os modelos analíticos propostos em Ferreira (2001) e Elliott et al. (2003), as rotações efetivas nas ligações viga-pilar são decorrentes de mecanismos de deformação que ocorrem tanto na interface (junta) quanto na zona de transição viga-pilar, chamada de região da ligação. Devido às deformações de flexão na extremidade da viga pré-moldada, existe um alongamento natural das barras tracionadas, causando a libe-

Figura 5 – Superposição para pórtico deslocável com ligações semi-rígidas. [Ferreira (2010)]

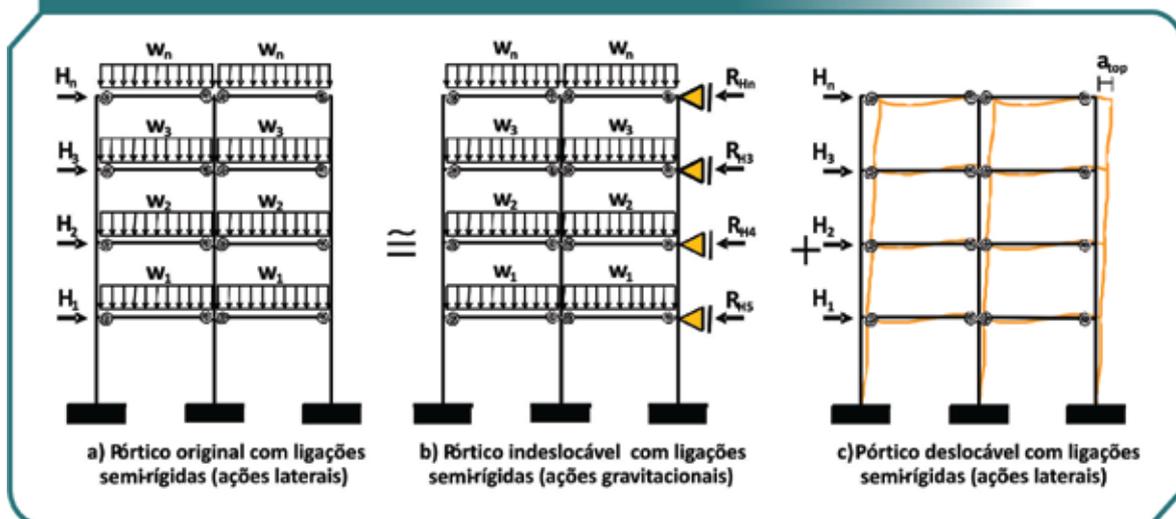
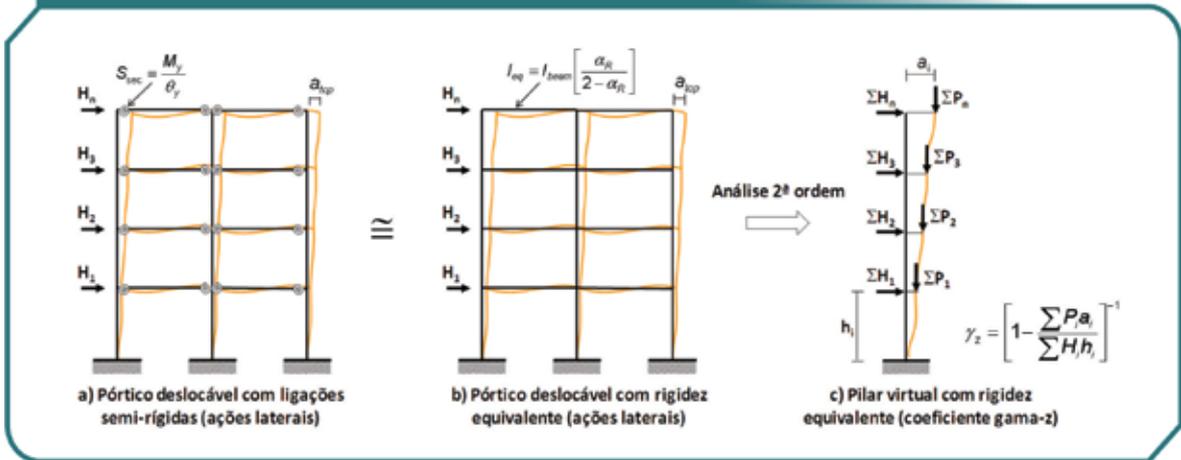


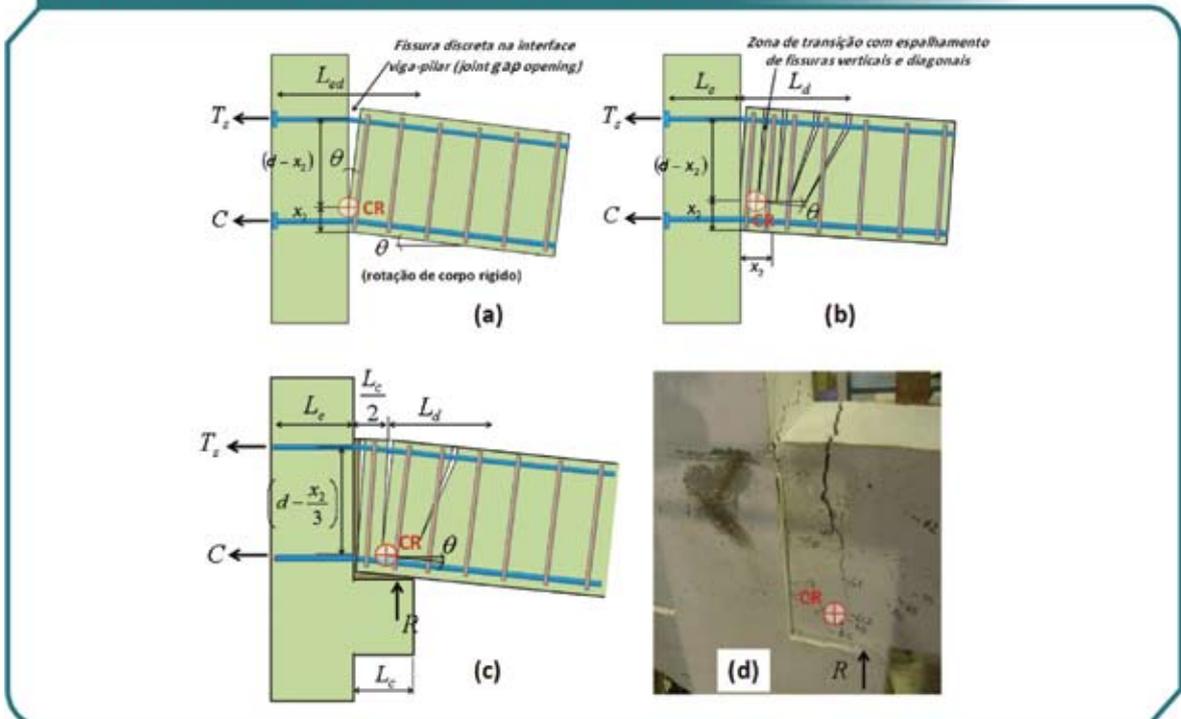
Figura 6 – Procedimento simplificado para análise da estabilidade de pórticos com ligações semi-rígidas: b) pórtico rígido equivalente considerando o efeito das ligações semi-rígidas para ações laterais [Ferreira (2005)]; c) procedimento simplificado de segunda ordem por meio do coeficiente  $\gamma_z$  [Ferreira (2010)]



ração de rotação na extremidade da viga pré-moldada, ainda para a fase elástica, anterior ao escoamento da armadura tracionada. Entretanto, existe uma não linearidade da curva momento-rotação após o aparecimento da fissuração, a qual é acentuada com a propagação e estabilização da fissuração, especial-

mente no caso de ocorrência combinada de fissuras verticais e diagonais. Além disso, o alongamento da barra no trecho fissurado é aumentado de forma significativa por causa do somatório de escorregamentos localizados entre a armadura e as regiões de concreto nas posições das fissuras, onde as armaduras de con-

Figura 7 – Idealizações para mecanismos de deformação e centros de rotações em ligações viga-pilar, segundo Ferreira (2010)



tinuidade são liberadas para se alongar nessa região. Assim, o mecanismo por alongamento é responsável pela liberação de rotações, causando a diminuição da rigidez na zona de transição e gerando a descontinuidade da curvatura na extremidade da viga pré-moldada, onde a resposta momento-rotação é equivalente ao comportamento de uma mola semi-rígida. Portanto, a rotação efetiva é uma função do alongamento dividido pela distância entre a posição das barras tracionadas e o centro de rotação na seção transversal. Na Figura 7, são apresentadas idealizações empregadas em Ferreira (2010), com posicionamentos para o centro de rotação e considerações para o mecanismo de deformação nas armaduras longitudinais. O comportamento semi-rígido é representado pela rigidez secante da curva momento-rotação, dentro do limite da fase elástica da armadura tracionada, o qual pode ser empregado para a análise estrutural.

## 6. CONCLUSÕES

Neste artigo foram apresentados os principais aspectos das estruturas pré-moldadas com ligações viga-pilar resistentes à flexão, considerando o efeito semi-rígido no comportamento global das estruturas com múltiplos pavimentos. A partir da pesquisa que vem sendo realizada no NETPRE-UFSCar, em colaboração com University of Nottingham, tem-se conseguido avanços com desenvolvimentos de procedimentos de análise e projeto. Aplicações desses estudos mostram que pode-se projetar estruturas pré-moldadas com ligações semi-rígidas que, embora não tenham a mesma rigidez que as monolíticas, são estáveis ou mesmo de nós fixos. É preciso alertar que a bibliografia internacional muitas vezes refere-se a ligações projetadas com o intuito de absorver ações sísmicas, o que muda todo o procedimento de cálculo e critérios de desempenho.

## Referências Bibliográficas

- [01] Alva, G.M.S., Ferreira, M. A. ; Debs, A. L. H. C. E. (2009). Partially Restrained Beam-Column Connections in Reinforced Concrete Structures. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 2, p. 356-367
- [02] Elliott, K.S. ; Davies, G. ; Ferreira, M. A. ; Gorgun, H. ; Madhi, A. A. . (2003a). Can Precast Concrete Structures be Designed as semi-rigid frames: Part 1 The experimental evidence.. Structural engineer (London. 1988), London - England, v. 81, n. 16, p. 14-27.
- [03] Elliott, K.S. ; Davies, G. ; Ferreira, M. A. ; Gorgun, H. ; Madhi, A. A. (2003b). Can Precast Concrete Structures be Designed as semi-rigid frames: Part 2 Analytical Equations and Column Effective Length Factors.. Structural engineer (London. 1988), London - England, v. 81, n. 16, p. 28-37.
- [04] Ferreira, M. A. (1993). Estudo de Deformabilidades de Ligacoes para a Analise Linear em Porticos Planos de Elementos Premoldados de Concreto. 1993 (Dissertacao de Mestrado).
- [05] Ferreira, M. A., Elliott, K.S. (2002). Strength-Stiffness Requirement Approach for Semi-Rigid Precast Connections. Pos-Doctoral Research Report. University of Nottingham.
- [06] Ferreira, M. A. (2010). Multi-Storey Precast Concrete Framed Structures with Semi-Rigid Connections. Post-Doctoral Research Report, University of Nottingham.
- [07] FIB (2008). Guide to good practice: Structural Connection for Precast Concrete Buildings. FIB Commission C6: Prefabrication TG 6.2 Connections.
- [08] Hasan, S. A., Elliott, K.S., Ferreira, M.A. (2010). Behaviour of Discontinuous Precast Concrete Beam-Column Connections. PhD Research Report. University of Nottingham. ■

# Livros lançados

## Manual Técnico Impermeabilização de estruturas - Vedacit 6ª edição

REVISADO E ATUALIZADO, A SEXTA EDIÇÃO DO MANUAL TÉCNICO REFORÇA A IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO SER FEITA DURANTE A OBRA; OS SISTEMAS RÍGIDO E FLEXÍVEL SÃO EXPLICADOS E OS PRODUTOS INDICADOS TÊM SUAS CARACTERÍSTICAS, CAMPOS DE APLICAÇÃO, MODO DE PREPARO E DE UTILIZAÇÃO, FORMAS DE ARMAZENAMENTO, EMBALAGENS DISPONÍVEIS E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL EXPOSTOS.

[Aquisição](#)

Site: [www.vedacit.com.br](http://www.vedacit.com.br)

Ligue: (11) 2902-5555 | (71) 3432-8900

## Alvenaria Estrutural Carlos Alberto Tauil; Flávio José Martins Nese Editora Pini

ABORDA A METODOLOGIA DO PROJETO ARQUITETÔNICO, APRESENTANDO DETALHES E FOTOS DE OBRAS, MOSTRANDO A EXECUÇÃO DE PAREDES DE ALVENARIA ESTRUTURAL E TRAZENDO OS REQUISITOS DE NORMA PARA MANUFATURA DOS BLOCOS DE CONCRETO E OS ENSAIOS PARA O CONTROLE TECNOLÓGICO.

[Aquisição](#)

Site: [www.pini.com.br](http://www.pini.com.br)

## Fundações profundas - Vol. 2 Dirceu A. Velloso; Francisco R. Lopes Oficina de Textos

EDIÇÃO REVISTA E ATUALIZADA DE ACORDO COM AS RECENTES NORMAS DA ABNT, O LIVRO TRATA, DE FORMA INSTRUTIVA E ABRANGENTE, DAS FUNDAÇÕES PROFUNDAS, COMPLETANDO O TEMA INICIADO COM AS FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS, APRESENTADO NO VOLUME 1. O VOLUME ANALISA OS PRINCIPAIS TIPOS DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS, ASPECTOS CONSTRUTIVOS E CÁLCULOS: CAPACIDADE DE CARGA, ESFORÇO TRANSVERSAL E RECALQUES. A OBRA TAMBÉM DISCUTE OS MÉTODOS PARA VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE E DO DESEMPENHO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS, ASSIM COMO PROBLEMAS ESPECIAIS A SEREM CONSIDERADOS NOS PROJETOS.

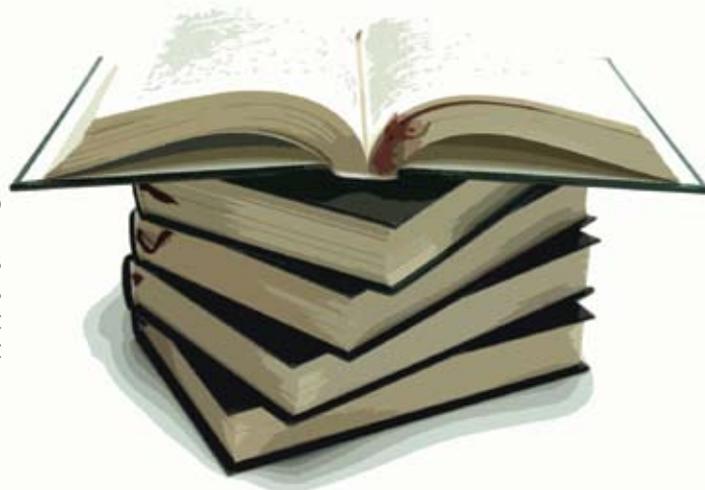
[Aquisição](#)

Site: [www.ofitexto.com.br](http://www.ofitexto.com.br)

## Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis

Marian Keeler; Bill Burke  
Bookman Editora

ABORDA O PLANEJAMENTO, PROJETO E OPERAÇÃO DE EDIFÍCIOS



SUSTENTÁVEIS, TRAZENDO PANORAMA HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, OS PRINCÍPIOS DE PROJETO SUSTENTÁVEL, A ADAPTAÇÃO DE PRÉDIOS EXISTENTES, OS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO, AS FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES, ENTRE OUTROS ASSUNTOS.

[Aquisição](#)

Site: [www.bookman.com.br](http://www.bookman.com.br)

## Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a engenharia de custos Roberto Sales Cardoso Editora PINI

O LIVRO TRATA DAS AÇÕES DE QUALIDADE E DOS PRINCIPAIS SISTEMAS E FERRAMENTAS DE GESTÃO, COM A ATENÇÃO VOLTADA PARA O CUSTO DAS CONSTRUÇÕES. DOIS PROBLEMAS NO ESTUDO DO ORÇAMENTO LIGADOS AO TEMA DAS LICITAÇÕES SÃO ABORDADOS: O JOGO DE PLANILHA E O CRITÉRIO DE ESTABELECIMENTO DAS PROPOSTAS CONSIDERADAS MANIFESTAMENTE INEXEQUÍVEIS DA LEI DE LICITAÇÕES.

[Aquisição](#)

Site: [www.pini.com.br](http://www.pini.com.br)

## Guia de Obras de Oscar Niemeyer - Brasília 50 anos Andrey Schlee e Sylvia Ficher Edições Câmara

CONTA A HISTÓRIA DE BRASÍLIA POR MEIO DE OBRAS DO ARQUITETO OSCAR NIEMEYER: SUAS OBRAS SÃO EXPLICADAS EM SEUS ASPECTOS ARQUITETÔNICOS E HISTÓRICOS, EM PORTUGUÊS, INGLÊS E ESPANHOL.

[Aquisição](#)

Tel.: (61) 3216-5812

email: [edicoes.cedi@camara.gov.br](mailto:edicoes.cedi@camara.gov.br)

Site: <http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/3565> ■

# Vai usar aço na sua obra?



A ArcelorMittal  
entrega a solução  
sob medida  
para você.



A ArcelorMittal ajuda você a realizar o sonho da casa própria com rapidez, economia e segurança. Mais que uma completa linha de produtos para Construção Civil, a ArcelorMittal oferece soluções em aço para obras de todos os portes, como o Belgo Pronto, um serviço que entrega o aço cortado e dobrado na medida certa, de acordo com o projeto. É o máximo de agilidade com o mínimo de desperdício. Tudo com a qualidade e a sustentabilidade do aço ArcelorMittal, que o mundo todo reconhece.

**ArcelorMittal é aço.**

Central de Relacionamento Aços Longos 0800 0151221

[www.arcelormittal.com/br/belgo](http://www.arcelormittal.com/br/belgo)



**ArcelorMittal**

transformando  
o amanhã

Casa sem Vedapren Parede.



**Vedapren Parede. O 3 em 1 da Vedacit: sela, impermeabiliza e dá acabamento.**

Vedapren Parede é uma pintura impermeável, ideal para proteger as paredes contra o surgimento de manchas e bolor. Oferece grande aderência e durabilidade, dispensando o uso da seladora. Além disso, pode ser deixado exposto como acabamento ou receber tinta acrílica e látex. Linha de produtos **Vedacit/Otto Baumgart**. Indispensável na sua obra.

[www.vedacit.com.br](http://www.vedacit.com.br)

**VEDACIT**<sup>®</sup>  
IMPERMEABILIZANTES

