

# CONCRETO

& Construções



**IBRACON**

Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XXXIV | Nº 48  
Out. • Nov. • Dez. | 2007  
ISSN 1809-7197  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

49º CBC 2007



Maior evento técnico nacional sobre o concreto

TECNOLOGIA



Cisalhamento em lajes alveolares pré-fabricadas

ENTIDADES PARCEIRAS



Vistórias de marquises

**PROJETO E  
CONSULTORIA  
ESTRUTURAL:  
CONHECIMENTO,  
EXPERIÊNCIA E  
CRIATIVIDADE DA  
ENGENHARIA  
NACIONAL.**



*Marques*



# JUNTE-SE A ELAS

Associe-se ao IBRACON em defesa e valorização da Arquitetura e Engenharia do Brasil !

## PRÉ-FABRICADOS



## CONTROLE TECNOLÓGICO



## FÔRMAS



## CONSTRUTORAS



## CIMENTO



## AGREGADOS



## GOVERNO



## CONCRETO



Instituto Brasileiro do Concreto  
Fundado em 1972  
Declarado de Utilidade Pública Estadual  
Lei 2538 de 11/11/1980  
Declarado de Utilidade Pública Federal  
Decreto 86871 de 25/01/1982

**Diretor Presidente**  
Rubens Machado Bittencourt

**Diretor 1º Vice-Presidente**  
Paulo Helene

**Diretor 2º Vice-Presidente**  
Mário William Esper

**Diretor 1º Secretário**  
Nelson Covas

**Diretor 2º Secretário**  
Sonia Regina Freitas

**Diretor 1º Tesoureiro**  
Claudio Sbrighi Neto

**Diretor 2º Tesoureiro**  
Luiz Prado Vieira Júnior

**Diretor Técnico**  
Carlos de Oliveira Campos

**Diretor de Eventos**  
Túlio Nogueira Bittencourt

**Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento**  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

**Diretor de Publicações e Divulgação Técnica**  
José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa

**Diretor de Marketing**  
Alexandre Baumgarten

**Diretor de Relações Institucionais**  
Wagner Roberto Lopes

**Diretor de Cursos**  
Juan Fernando Matias Martin

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

# SUMÁRIO

## Projeto e Consultoria Estrutural

A engenharia estrutural brasileira em obras no país e no exterior

11



## 49º Congresso Brasileiro do Concreto

Saiba o que agitou a cidade de Bento Gonçalves de 1 a 5 de setembro

16



## E MAIS...

- 5 Editorial
- 6 Converse com o IBRACON
- 11 Personalidade Entrevistada. Mario Franco
- 21 Cenário Atual da Construção Civil
- 23 Premiados 2007
- 34 Edifício Mandarin. Detalhes do projeto
- 38 O Momento da Engenharia Brasileira
- 41 Resistência ao cisalhamento em lajes alveolares
- 47 Sustentabilidade na Construção Civil
- 51 Ponte da Integração Brasil-Peru
- 57 Ensino de Engenharia na área de Estruturas
- 60 Boas Práticas de Construção e Manutenção
- 64 Túnel de Vento
- 73 VIII Seminário Desenvolvimento Sustentável
- 77 Projeto de Lei para Vistoria de Marquises
- 79 Concursos IBRACON
- 85 Pannel sobre Módulo de Elasticidade
- 90 História das Pontes Estaiadas
- 95 Projeto e reforço de Estruturas Cilíndricas
- 102 Seminário sobre Risco nas Obras Civis
- 106 Acontece nas Regionais
- 115 Atividades Internacionais
- 118 Eleições – Conselho Diretor
- 120 Vigas sob Carregamento Cíclico
- 131 Recordes da Engenharia

REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES  
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

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

**EDITOR**  
Fábio Luís Pedroso – MTB 41728  
fabio@ibracon.org.br

**DIAGRAMAÇÃO**  
Gill Pereira (Ellementto-Arte)  
gill@ellementto-arte.com

**ASSINATURA E ATENDIMENTO**  
Fernanda Evangelista  
fernanda@ibracon.org.br

**Gráfica:** Ipsis Gráfica e Editora

**Preço:** R\$ 12,00 – **Tiragem:** 5.000 exemplares

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

Copyright 2007 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, UNICAMP, Brasil  
Joaquim Figueiras, FEUP, Portugal  
José Luiz A. de Oliveira e Sousa, UNICAMP, Brasil  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, UFRGS, Brasil  
Paulo Helene, IBRACON, Brasil  
Paulo Monteiro, UC BERKELEY, USA  
Pedro Castro, CINVESTAV, México  
Raul Husni, UBA, Argentina  
Rubens Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil  
Ruy Ohtake, ARQUITETURA, Brasil

**IBRACON**  
Rua Julieta Espírito Santo Pinheiro, 68  
Jardim Olímpia – CEP 05542-120  
São Paulo – SP



**Créditos Capa:**  
Ilustração: Marcelo Brandão  
(celobrandao@gmail.com)

# Contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país

Ao dar início a uma nova gestão do Instituto, gostaria inicialmente de agradecer a confiança dos associados e do conselho diretor pela minha indicação para presidir esta Entidade, da qual sempre me orgulhei de ser associado e de ter exercido, nos últimos quatro anos, a função de Diretor Técnico.

O trabalho pelo IBRACON, enquanto importante instituição da cadeia da construção civil brasileira, é algo especial e se reveste de maior relevância no atual momento, para o qual convido a todos a ter uma breve reflexão.

Nosso país está passando por período de desenvolvimento econômico sustentado, no qual a área de infraestrutura tem uma destacada relevância, não somente por ser uma direcionadora do crescimento de outras áreas da economia, como também pela previsão de intensos investimentos e ações.

Segundo o governo federal, estão previstos investimentos da ordem de R\$ 58,3 bilhões para a infra-estrutura nacional entre 2007 e 2010.

É sabido que este nosso sonho nacional, de consolidar este crescimento sustentado, não se faz possível somente com a decisão e a disponibilidade de investir. Dentre outros aspectos, é necessário o desenvolvimento e a aplicação de um tripé denominado de C&T&E – Ciência, Tecnologia e Educação. É neste momento que penso que o IBRACON tem uma importante missão a cumprir, pois nossa missão e razão de existir são totalmente alinhadas com este tripé do desenvolvimento.

Não poderia deixar de lembrar que esta nova Diretoria se inicia quando o IBRACON completa 35 anos de existência, que só foi alcançada devido à competência e dedicação de todas as suas diretorias anteriores.

Portanto, todos os nossos produtos e serviços, que constituem nossas linhas de negócio, foram cuidadosamente lapidados ao longo destes anos.

Hoje, caros leitores, buscando atuar na área de informação tecnológica, dispomos de três revistas, sendo esta, a Concreto & Construções, uma revista eletrônica e impressa, e outras duas revistas eletrônicas científicas, que são: a Revistas IBRACON de Estruturas e a Revista IBRACON de Materiais, produzidas em português e inglês.

Outro produto do Instituto é o Concreto Brasil, uma base de dados que tem por objetivos levantar junto ao meio técnico as necessidades de pesquisa e desenvolvimento, atuar junto aos órgãos de pesquisa e desenvolvimento estaduais e federais, para criar mais espaço para as pesquisas sobre o concreto e intermediar, coordenar e gerenciar pesquisas de interesse das indústrias ligadas ao concreto. É uma forma do instituto contribuir para otimizar recursos produzindo tecnologia nas áreas em que isto se faz mais necessário, agregando valor às instituições e ao país.

Visando divulgar as pesquisas e os estudos de vanguarda, valorizando a atividade científica e a produção de nossas

universidades, o Banco de Teses e Dissertações é um grande banco de dados que dissemina o conhecimento, além de proporcionar visibilidade aos autores, se constituindo de um grande acervo aos associados e toda a sociedade brasileira.

De forma a atuar na linha da educação especializada, o Programa MasterPEC – Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto é um sistema de cursos/disciplinas de educação continuada, que objetiva o desenvolvimento e a difusão do conhecimento em projeto, materiais, controle, produção, inspeção, diagnóstico, proteção e reabilitação de estruturas de concreto, disponibilizando os avanços tecnológicos na área com uma visão sistêmica e integradora das estruturas, para o desenvolvimento econômico e social, promovendo a ética e a responsabilidade social.

Não poderia deixar de mencionar neste espaço, um novo projeto do Instituto a serviço do desenvolvimento de nosso país – o programa de certificação de mão-de-obra na área de concreto. Este programa está em fase avançada e deverá receber aprovação pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, devendo ser efetivado em breve. Trata-se de um marco na qualificação de profissionais, implementado no momento em que o país está passando por um “apagão de mão-de-obra”.

Para a cadeia do concreto e da construção civil do Brasil, um momento especial são os nossos congressos anuais, oportunidade na qual estas linhas de trabalho convergem e se mostram em sua plenitude. Nosso congresso consagrou-se como o maior evento do hemisfério sul na área de concreto e seus materiais.

Como poderá ser apreciado pelo leitor, nesta edição desta revista, o 49º Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em Bento Gonçalves em setembro último, foi um verdadeiro sucesso, com diversos registros de elogios a sua organização.

Especial desafio desta nova Diretoria é a realização do 50º Congresso Brasileiro do Concreto, o qual tende a ser uma referência desta história. Estima-se um verdadeiro recorde de participações de congressistas, expositores e patrocinadores.

O quinquagésimo Congresso Brasileiro do Concreto está sendo preparado cuidadosamente pelas Diretorias Nacional e Regional da Bahia. Além de palestrantes nacionais e estrangeiros, dos painéis de assuntos atuais e controversos, serão realizados dois workshops paralelos ao congresso, o “Brazilian International RCC Symposium” e o “Melhores Práticas em Pavimentos de Concreto”.

Além do congresso propriamente dito, a FEIBRACON – Feira Brasileira das Construções em Concreto estará sendo aberta à cadeia da construção civil e esperamos receber mais de 5.000 visitantes.

Esperamos por todos em Salvador, não só para o 50º Congresso Brasileiro Concreto, mas para um grande encontro dos profissionais que fizeram o IBRACON chegar até aqui, com muita credibilidade junto à cadeia da construção civil nacional e aos parceiros internacionais. Esta será, sem dúvida, uma oportunidade ímpar para rever amigos e ampliar nossas redes de relacionamento, além de participar de um dos maiores eventos técnico-científicos do mundo, acompanhando as tendências de produtos e serviços.

Você faz parte desta história. Programe-se e venha compartilhar com toda a família IBRACON este cinquentenário do maior evento da engenharia brasileira.

**RUBENS MACHADO BITTENCOURT**  
Diretor Presidente – IBRACON



# Converse com o IBRACON

### **Livro Materiais de Construção Civil** **Meus caros Isaia e Paulo,**

*Parabéns pela iniciativa e pelo empreendedorismo de preparar essa coletânea sobre os Materiais de Construção - é uma grande vitória da nossa comunidade. Estarei em Bento Gonçalves para a abertura, mas não poderei ficar até domingo à noite, pois tenho compromisso na segunda de manhã. Por favor, separem os meus exemplares para eu pegar aqui em São Paulo. Abraços,*  
*Vahan Agopyan. Sócio Individual. Categoria Ouro Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT/SP. Sócio Mantenedor e Fundador*

### **Professor,**

*Fiquei muito feliz com esta notícia de viabilização desse importante livro. Eu sou testemunha do esforço que você pessoalmente fez e, com certeza, outros membros também o fizeram, para viabilizar esse livro. Não só pela doação mais importante que uma pessoa pode fazer - seu próprio tempo - mas também porque será um instrumento que irá ajudar a elevar o padrão do aprendizado da engenharia. Cada dia admiro mais seu trabalho de coordenação de ações em prol da engenharia brasileira. Precisamos de muitos Paulos Helenes!*

*Receba com muita satisfação o meu abraço,*  
*Carlos Eduardo G. Almeida. Sócio Mantenedor Fundador Holcim Brasil. Categoria Diamante*

### **Paulo,**

*Queremos inicialmente 100 conjuntos (volumes 1 e 2) do livro de Materiais de Construção Civil. Esse livro é muito importante para o engrandecimento e qualidade da engenharia civil brasileira. Favor confirmar. A operação será realizada pelo Fábio que nos lê em cópia. Parabéns. Abraço,*

*Marcelo Chamma. Sócio Mantenedor e Fundador Votorantim Cimentos. Categoria Diamante*

### **Revista CONCRETO & Construções**

#### **Caro Paulo,**

*É um belíssimo editorial de despedida e um denso (de conteúdo e vivências) balanço de duas gestões plenamente exitosas, que podem ser consideradas como marcos de conversão nos rumos de nosso Instituto. Justamente por compartilhar de tuas idéias e ideias é que aceitei os dois convites para editar os livros sobre Concreto e sobre Materiais. Estou orgulhoso e grato de ter participado desta tua trajetória frente*

*ao Instituto nestes quatro anos. O IBRACON pode contar comigo, sempre que minhas forças permitirem. Estaremos em Bento Gonçalves para te abraçar, agradecer e confraternizar. Grande abraço,*  
*Geraldo C. Isaia. Sócio Individual, Conselheiro e Sócio Honorário Universidade Federal e Santa Maria. Sócio Fundador*

### **Caro Paulo,**

*Excelente editorial. O que não foi escrito está nas entrelinhas. Parabéns! Mais uma missão cumprida. Abraços,*  
*Selmo Chapira Kuperman. Sócio Individual Fundador. Consultor. Conselheiro, ex-Presidente, Sócio Honorário*

### **Caro Paulo,**

*Tive a oportunidade rara de ter participado do SINCO 2006 em Sobral-CE, promovido pelo IBRACON, onde gostei muito de todas as apresentações e curso. Estive também no WorkShop de Qualidade da Votorantim, representando os indicadores da Cimesa de Laranjeiras, onde sou chefe de laboratório. Gosto muito do trabalho que faço e sou fanático por cimento e concreto, como você. Paulo, se possível gostaria de receber ou até mesmo comprar a revista CONCRETO que relate trabalhos e obras tipo grandes edifícios construídos com este maravilhoso produto que fabricamos. Estou dando diversos treinamentos na Votorantim-NE e minhas palestras teriam melhores enriquecimentos. Se for possível isto acontecer, segue meus dados,*  
*José Bezerra da Silva Irmão. Sócio Mantenedor e Fundador Cimento Sergipe S/A. Grupo Votorantim*

### **Paulo,**

*Muito bom o seu editorial. Realmente muita coisa boa foi feita em sua gestão. Parabéns! Um forte abraço.*

*Jorge Batlouni. Sócio Individual. Categoria Ouro. Diretor IBRACON*

*Tecnum Construtora. SINDUSCON/SP Grupo Qualidade*

### **IBRACON 2003-2007**

#### **Caro Paulo,**

*Parabéns pelos quatro anos de direção do IBRACON. Sua direção contribuiu muito para o desenvolvimento do Instituto e consolidou sua imagem. Sei que para fazê-lo teve de dedicar muito de seu tempo e energia, o que não é fácil em função de todas as suas outras responsabilidades.*

*Parabéns e muito obrigado. Um abraço.*

*Jaques Pinto. Sócio Mantenedor. Categoria Ouro MC-Bauchemie Brasil*

### **Querido Paulo Helene,**

*En primer lugar quiero agradecer por su bonita carta de despedida. Estos años pasados en el IBRACON bajo su dirección han sido para mí años de grandes satisfacciones y aprendizaje. Una forma de evaluar la riqueza de las personas es por sus amistades. Siendo así me considero una persona extremadamente rica y afortunada por poder contar con Ud entre mis amistades. Un fuerte abrazo.*

*Fernando Matias. Sócio Individual, Categoria Diamante. Diretor de Cursos*

*Director Construction Chemicals South America BASF*

### **Caro Prof. Paulo Helene,**

*Estou escrevendo este e-mail para dizer que infelizmente não poderei ir ao 49º CBC em Bento Gonçalves. Não é fácil tomar esta decisão, pois queria muito estar lá ao seu lado e de toda a diretoria para entoar o Hino Nacional na abertura, visto que nosso mandato termina neste evento. Mas, meu coração estará lá com vocês com toda certeza e queria que o senhor se lembrasse de mim neste momento. Como conversamos por telefone, minha filhinha precisa muito de mim neste seu início de vida, por isso não poderei ir. Quero também neste e-mail deixar registrado meu grande orgulho e satisfação em ter trabalhado com o senhor nestes anos na Diretoria de Publicações. Eu já o admirava antes disso, mas ao trabalhar mais proximamente, pude conhecê-lo melhor e tomar conhecimento do grande engenheiro, professor e, principalmente, da grande pessoa que o senhor é. Seu trabalho frente ao Instituto é simplesmente memorável. A projeção que ele tomou, nacional e internacionalmente, é esplêndida e representa uma grande façanha. Quero também congratular meus colegas de Diretoria, onde pude conhecer pessoas maravilhosas que hoje considero como amigos. Enfim, gostaria de agradecer pelo tanto que aprendi trabalhando no Instituto, pelo convite feito para trabalharmos juntos e deixar aqui meu contentamento pela amizade e carinho com que fui tratada nestes anos de convivência. Muito obrigada. Um grande abraço e tenho certeza que este ano o Congresso Brasileiro do Concreto será um grande sucesso.*

*Ana Elisabete*

*Sócia Individual, Categoria Ouro, Diretora de Publicações Universidade de Campinas UNICAMP/SP. Sócio Coletivo*

### **Prezada Prof. Ana Elisabete,**

Nenhuma obra tem um acidente se não concorrem várias causas simultaneamente... diz a experiência. Da mesma forma, nenhuma obra tem sucesso sem que concorram para tal uma equipe valorosa, consciente e unida por um ideal, uma idéia, um princípio. Esses quatro anos que você tanto colaborou foi assim e sou eu quem tem de agradecer a você, aos Diretores e tantos colaboradores. Compreendo a sua impossibilidade de comparecer ao 49ºCBC2007 e a felicito pela decisão, pois sua filhota de quase 3 meses deve ser sua total prioridade. Muito obrigado. Abraços de

**Paulo Helene**

**Diretor Vice-Presidente**

### **Caro professor**

*Ao exaurir-se o seu mandato de Presidente do IBRACON, numa gestão profícua e crivada de grandes realizações, sinto-me no dever solidário de abdicar do cargo de Diretor Regional deste reconhecido Instituto, no estado do Pará. Lamento muito não ter podido realizar um trabalho à altura da magnitude atual do IBRACON, menos por falta de vontade e mais pelas dificuldades e carências que a região nos impõe. Entretanto, faz-se*

*mister ressaltar que foi um privilégio servi-lo como colaborador nesta empreitada amadora, pois seu estoicismo, determinação e vontade de fazer o melhor nos induz na busca da melhoria profissional, por isso sou-lhe grato pela confiança depositada e pela contribuição para o crescimento tecnológico.*

*Tenho a consciência do dever cumprido e contribuído para a difusão de tecnologias e processos construtivos mais modernos para meu estado. Ao novo presidente desejo uma boa gestão e estou sempre disposto a colaborar com o instituto, para que se mantenha sempre viva a chama do IBRACON no Pará. Aproveito o ensejo para comunicar que já está planejada a nossa reunião regional do Pará no período de 7 a 9 de novembro do corrente, razão pela qual reitero o pedido de sua intervenção junto ao arquiteto Rui Ohtake no que diz respeito ao convite para que ele venha proferir uma palestra neste encontro, para abrilhantar mais o nosso evento e alavancar a aproximação dos arquitetos com o IBRACON. A nova direção do nosso querido Instituto, sugere-se que a direção da regional do Pará seja constituída de um triunvirato: Professora Maisa Sales – Coordenadora da UNAMA; Professor Paulo Sergio – UFPa; Erich Zacarias A. da Silva – Concreteste. Entendo que isto fica a critério do próximo presidente, pois a escolha de seus colaboradores é carga de confiança. Registro meu orgulho e satisfação de estar entre os Mestres formados e orientados pelo Professor e tido a oportunidade de estar presente nessa oportuna homenagem, recebendo minha pirâmide que será guardada entre meus troféus acadêmicos e profissionais. Abraços de,*

*José Zacarias Rodrigues da Silva Jr. Sócio Individual,*

*Categoria Diamante*

*UNAMA e CONCRETESTE. Diretor Regional do IBRACON*

### **Paulo Helene, considerações sobre sua despedida da presidência,**

*O tempo de nossa vida caminha sempre de modo compassado! De certa maneira, sempre somos felizes. E se vai nessa aventura em busca de alguma coisa, que sequer conseguimos definir. E lá, num momento, nos achamos experimentados e, por que não, podemos dizer que somos experts. Nesse momento verificamos que somos bem jovens e que há um mundo muito grande a se conhecer. E nesse mundo nos embrenhamos e começamos a descobrir coisas que jamais passavam pela nossa consciência ou existência. O lado mais tênue disso, normalmente, são as pessoas que cruzamos nessa trajetória, porque a conhecemos num momento e não sabemos se esse instante é uma sorte, ou uma mera coincidência, ou um acaso passageiro. E então, num desses momentos, lemos um artigo em espanhol, de um autor, que pensamos ser igualmente espanhol, porque a edição está posta nesse idioma também. E o tempo vai passando, e ficamos depois boquiaberto, quando se está diante desse alguém, um desconhecido, mas numa palestra com poucas pessoas, que, ao acaso, nos vem trazer a durabilidade de algo que nunca imaginamos ser durável.*

*Temos nossos anseios, e nos felicitamos então em ouvir palavras de um desconhecido, que nos incomodam (no bom sentido). As palavras entram em sinergia com o nosso pensamento e verifica-se nesse instante que há um novo mundo a nossa frente! Feliz quem pode sentir-se assim. E se percorre a vida, somando-se idéias técnicas e científicas. Mas há sempre um viés, esse sim muito valoroso, que é poder conhecer muito de perto as pessoas que assim surgem, e nos demonstra o quanto se pode avançar. Avançar, às vezes torna-se uma palavra muito restrita a alguns, mas, se ela for*

pronunciada e assimilada como uma dose de lirismo, ela nos deixa livre para ultrapassar todas as barreiras que nosso próprio "eu" nos coloca. É quando então se sente a Energia e se entende que o universo criou a Lei da Atração, que significa Podemos, Vamos, Conseguimos, Fazemos.

Essa é a felicidade que vimos há 25 anos atrás, é a que cada um de nós, deve-se permitir encontrar. Até pouco tempo atrás, pra não dizer hoje ainda, falamos em concreto com  $f_{ck,28} = 15$  MPa, e sabemos que já fomos, há mais de 5 anos, aos  $f_{c3} = 230$  MPa. Como essas coisas acontecem? Como surge esse instante? É a energia e a lei universal da atração, que permite essa ocorrência. A partir daí, testamos arduamente, uma coisa que já sabemos de antemão que será durável, mas somos "São Thomé", e se quer experimentar! Mas o mais glorioso disso, é que se percebe que a base daquilo surgiu da sinapse do encontro de jovens, numa palestra. Apesar de não se saber, é ter estado na hora certa, no momento certo, com aquela pessoa que vem clarificar as idéias e observa-se então o futuro traçado! Nesse meio todo, despense-se muita energia, massageando a massa cinzenta mole, em transmitir essas idéias, para os mais jovens, para a sinapse da coerência. E aí não paramos mais!

Vêm os eventos científicos, vem a cerveja no final de tarde, vem a angústia, e certamente vem a Alegria. Podemos dizer então que encontramos tudo o que há de bom na vida e, por isso, ela vale a pena. E nesse instante, podemos dizer que, ainda que cometamos erros gramaticais, "eu conheci o Paulo Helene". Veio o Instituto Brasileiro do Concreto, que já está na sua 49ª edição, e que lá está o Paulo. O encontro de várias energias passadas, na história desse glorioso IBRACON, possibilitou a criação do Paulo, que praticamente unificou todas as idéias anteriores. Agora deixa sua energia lá, para somá-la às outras energias, e prolongar indefinidamente o que se passou na história do IBRACON. Nem se comenta a USP, local da maturação dessa ocorrência. Mas há que se deixar o legado, para os jovens, que em qualquer momento da vida, é preciso prestar muita atenção no seu contorno social, técnico e científico, porque haverá outras Atrações que irão revolucionar sua vida! Sempre que estivermos com alguém, há que se estar na forma do ser tolerante, porque a intolerância nos priva da liberdade de criar, enfim, ser livre e de bons costumes, somando-se energias, préstimos, e amizade sincera. Paulo Helene não só deve ser lembrado pelas suas criações, mas pelo ser humano que ali existe, permitindo sempre ser reconhecido como Irmão, com todos os deveres e responsabilidades. Cientificamente, todos o conhecem! Poucos sabem do somatório sinceridade, lealdade, presteza, coerência, humanidade, sofrimento, alegria, amizade! Sempre que o virem, observem-no por esse viés. Certamente haverá a oportunidade de saber agora, que há um ser humano que valeu a pena conhecer!

Jefferson Benedicto Libardi Liborio. Sócio Individual,  
Categoria Diamante  
Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia  
de São Carlos. Diretor Regional

### **Prof. Paulo Helene**

#### **M.D. Diretor-Presidente do IBRACON,**

Acuso recebimento de sua carta datada de 17/09/2007, em que V.Sª anuncia o término de sua profícua administração, no biênio 2005-2007, à frente do nosso querido IBRACON. Nessa oportunidade, registro o meu reconhecimento pessoal pela sua eficiente e

fecunda Direção do nosso Instituto, refletida em significativo salto positivo de qualidade do mesmo, em todos os aspectos que possam ser levantados, sejam da própria gestão de recursos humanos e financeiros, sejam de resultados obtidos nas diversas áreas de atividades técnicas e de publicações. A meu ver, toda a cadeia produtiva nacional do Concreto Ihe é devedora e profundamente grata pelos seus excepcionais bons serviços a ela prestados e grandes progressos atingidos através do IBRACON, pautados sempre pela honestidade de propósitos, pela esclarecida visão de suas necessidades, pela virtuosa abnegação e devotamento às funções de Presidente e pela eficaz gestão dos meios disponíveis.

Confesso-lhe que se constituiu prazer e honra imensuráveis para mim participar de sua histórica administração, na qualidade de membro do Conselho Diretor. Com os renovados protestos da mais elevada estima e grande admiração, Atenciosamente,

Antonio Carlos Reis Laranjeiras. Sócio Individual,  
Categoria Diamante, Sócio Honorário  
ACR Laranjeiras. Projetos e Consultoria

### **Prezado Prof. Laranjeiras,**

Emocionado não tenho palavras para agradecer sua gentileza. Em nome de toda a Comunidade do Concreto no país, agradeço seu apoio ao IBRACON e seu enorme e maravilhoso exemplo de Professor, Profissional, Cidadão e Ser Humano. Muito obrigado. Abraços de

**Paulo Helene**

### **Inspeção de pontes**

#### **Paulo Helene,**

Boa tarde ! Tenho lido com muita atenção alguns dos seus trabalhos e as publicações do IBRACON, e que vou citar na tese que estou a escrever sobre inspeção de pontes de betão armado, na FEUP, Erasmus Cooperation Universities with FEUP, University of California. E, desde já o felicito! Através da internet tentei consultar uma dissertação que orientou do Eng. Marcos Pedrosa Mitre, sobre um tema análogo. Tem alguma possibilidade de me enviar ou dizer-me como consultar? Agradeço desde já a sua atenção,

Fernando Losa Magalhães

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

#### **49º Congresso Brasileiro do Concreto 49º CBC2007**

#### **Paulo,**

Thanks for your gracious hospitality. Fernanda and you made our stay an unforgettable one. The event was a great success, and the strong participations from Brazil and neighbor countries make it an excellent technical and scientific Conference.

I am looking forward to seeing you in San Juan, and once again, I congratulate you in the outstanding work you did as IBRACON President. You certainly serve well the Concrete Industry in world and Brazil.

José (Pepe) Izquierdo-Encarnación  
Past ACI President

### **Dr. Paulo, prezado senhor,**

Agradecendo o Convite em que participamos dias 1 e 2 de setembro no 49º Congresso do IBRACON, 49º CBC2007, gostaria de externar oficialmente nossos parabéns pelo evento que temos certeza alcançou os objetivos que dele se esperava. Desejo ao novo Presidente do IBRACON o mesmo sucesso e que de continuidade ao ótimo trabalho desenvolvido na sua gestão. Pretendemos comparecer ao 50º Congresso em Salvador e comemorar juntos as bodas de ouro dos congressos de

concreto. Um grande abraço.

*Norival Riesz Scaglione. Presidente do SINDPRESP.*

*Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias Fabricantes de Peças e Pré-fabricados em Concreto do Estado de São Paulo. (categorias representadas: Trabalhadores em Estudos de Solo, Fundações, Montagens, Protensão, Fabricação e Acabamento de Peças e Pré-Fabricados em Concreto)*

### **Caro Professor,**

*Agradeço de coração pela recepção a tão singelo profissional como sou. É característica marcante em todo grande homem a HUMILDADE, você é um deles. Fiquei muito emocionado ao presenciar como foi sua reação ao comentar um fato que lhe comoveu, somente um IDEALISTA que tem como alicerce uma formação tão CONCRETA como a sua pode reagir com tanta emoção a uma atitude ou palavra dita de uma maneira que atingiu em cheio seu idealismo. Eu já sabia da sua vocação, é muito bonito um profissional, com uma carreira tão brilhante como a sua, afirmar a necessidade da integração EMPRESA-ESCOLA. Os empresários devem sempre procurar seus profissionais nas escolas, patrociná-los, apoiá-los na sua vocação, investir em seu futuro e garantir com isso a sobrevivência de sua empresa. Na nossa empresa mantemos estagiários em todos os setores, quer seja técnico, jurídico, administrativo e outros. Professor Paulo Helene, muito obrigado pelo apoio e apresentação a tão ilustres colegas seus, como os que tive prazer em conhecer no 49o. Congresso do Concreto CBC2007. Parabéns pelo magnífico evento. Não vou lhe perturbar mais nesta semana, pois com certeza o Professor quer mais é repor suas energias depois de tão concorrida jornada. Um caloroso abraço,*

*Aloisio Aloisio Resende Ribeiro Filho*

*GIASSETTI Sistemas Construtivos e Pré-fabricados*

### **Caro Paulo Helene,**

*Chegando a São Paulo, envio essa mensagem para agradecer a sua acolhida e hospitalidade e, ao mesmo tempo, parabenizá-lo pelo êxito do Congresso, que reflete seu incansável trabalho na condução do IBRACON. Abraço do*

*Ruy Ohtake. Sócio Individual Categoria Ouro*

*Diretor do IBRACON*

### **Homenagem ao Educador Paulo Helene**

#### **Paulo,**

*Não pude ir ao 49CBC2007. Não consegui organizar a família para liberar-me. Senti muito em não poder rever minha terra (sou de Bento, nasci lá e tenho meus tios morando lá), mas o maior sentimento foi com relação à homenagem que sabia que faríamos a você, em nome dos seus orientados. Como uma das primeiras orientadas suas (acho que na conta devo ter sido a segunda ou terceira, não sei bem) queria muito ter estado lá para prestar essa justa homenagem. Vc, até hoje, não me deixou sair dessa categoria de orientada, constantemente me chamando para realizarmos trabalhos acadêmicos em conjunto e com isso mantendo um vínculo importante. Talvez o melhor seria dizer que vc deixou sim que eu saísse da categoria de orientada para a categoria de colega de trabalho, mas isso seria pouco ainda. Paulo, agradeço muito, de coração ter trabalhado (e trabalhar, claro) com você, ter iniciado minha vida profissional, de pesquisadora e acadêmica com você. Obrigada pela oportunidade. Receba um forte abraço,*

*Maryangela Geimba de Lima. Sócia Individual, Categoria Ouro, Diretora Regional*

*Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA/CTA  
Certificação de Pessoal*

### **Estimado Julio Timerman,**

Desculpe-me pela falha de não incluir seu nome. Sobre a ausência de seu nome no livro..., que te posso dizer... além de uma PROFUNDA tristeza pelo erro que foi meu. O Prof. Isaia nada tem a ver com isto. Pedi e orientei a Arlene e Cláudia para incluir a lista dos Diretores e não conferi direito. É verdade que eu estava muito sobrecarregado, mas não podia falhar. UMA LÁSTIMA! Estou muito triste. Seu nome ali deveria constar, pois é direito, além de justo e de fazer brilhar ainda mais a Diretoria. Desculpe minha terrível falha. Sobre a importância de sua contribuição, sobre a seriedade de seu trabalho, sobre a sua dedicação que você tem dado, sobre a oportunidade desse tema, NÃO HÁ O QUE FALAR a não ser AGRADECER muito a você, elogiá-lo e reconhecê-lo. A Diretoria sabe e reconhece seu trabalho, eu tenho declarado e escrito em news e em editoriais e tenho me expressado super favoravelmente em prol da Certificação e de sua valorosa contribuição frente a esse tema no IBRACON. Tenho certeza que o novo Presidente saberá e valorizará esse tema e seu trabalho. Por favor, não busque falhas nos demais Diretores nem Conselheiros. Foi exclusivamente minha falha na revisão que fiz e passou... não sei como... mas passou. Uma pena... Desculpe-me. Abraços de

**Paulo Helene**

**Diretor (então) Presidente**

### **Prezado Paulo Helene,**

*Agradeço o seu retorno. Sua credibilidade e impressionante gestão a frente do IBRACON dispensam a necessidade de desculpas!! Estarei sempre pronto a colaborar com o engrandecimento da Engenharia Nacional. Abraços,*

*Júlio Timerman. Sócio Individual. Categoria Ouro*

*Diretor de Certificação de Pessoal do IBRACON*

*CONCRETE in the AMERICAS 2007 – ACI Survey*

### **Prezado Prof. Laranjeiras,**

O ACI está me perguntando certos dados interessantes, mas que não os tenho:

1. Qual o valor médio usual de consumo de aço (armadura) em kg/m<sup>2</sup> em estruturas de edifícios habitacionais considerando 3 grupos: baixos até 5 andares; médios de 6 a 15 andares e altos acima de 16 andares?
2. Qual o consumo médio usual de concreto em m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> em estruturas de edifícios habitacionais considerando 3 grupos: baixos até 5 andares; médios de 6 a 15 andares e altos acima de 16 andares?
3. Qual o tipo usual de fundação para estruturas de edifícios habitacionais considerando 3 grupos: baixos até 5 andares; médios de 6 a 15 andares e altos acima de 16 andares?
4. E quantos por cento representa em média essa fundação do custo da respectiva estrutura para estruturas de edifícios habitacionais considerando 3 grupos: baixos até 5 andares; médios de 6 a 15 andares e altos acima de 16 andares?

Não sei se é possível responder adequadamente essas questões, mas quem sabe dar uma idéia grosseira pode ser conveniente. Claro que, no caso de fundações, depende do solo da região, mas talvez se possa admitir um solo razoável... Será que você pode me ajudar enviando-me um conjunto de respostas "médias". Considerar que os americanos são muito pragmáticos e não vale a pena pesquisar fundo, ou seja, só dar uma idéia. Por isso, preciso da sua colaboração, pois deve ser uma "idéia" abalizada com ordem de grandeza baseada na "experiência" de

grande projetista. Obrigadíssimo. Abraços de,  
**Paulo Helene**  
Diretor (então) Presidente

### **Prezado Paulo,**

Finalmente, reuni os dados para lhe passar, em resposta às suas perguntas:

1. Qual o valor médio usual de consumo de aço (armadura) em kg/m<sup>2</sup> em estruturas de edifícios habitacionais considerando 3 grupos: baixos até 5 andares; médios de 6 a 15 andares e altos acima de 16 andares?

Resposta:

- a) até 5 andares: 13 kg/m<sup>2</sup>;
- b) 6 a 15 andares: 18 kg/m<sup>2</sup>;
- c) acima de 16: 25 kg/m<sup>2</sup>.

2. Qual o consumo médio usual de concreto em m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> em estruturas de edifícios habitacionais considerando 3 grupos: baixos até 5 andares; médios de 6 a 15 andares e altos acima de 16 andares?

Resposta:

- a) até 5 andares: 0,16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;
- b) 6 a 15 andares: 0,20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>;
- c) acima de 16: 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

3. Qual o tipo usual de fundação para estruturas de edifícios habitacionais considerando 3 grupos: baixos até 5 andares; médios de 6 a 15 andares e altos acima de 16 andares?

Sem resposta, dada a variabilidade de alternativas em uso.

4. E quantos por cento representa em média essa fundação do custo da respectiva estrutura para estruturas de edifícios habitacionais considerando 3 grupos: baixos até 5 andares; médios de 6 a 15 andares e altos acima de 16 andares?

Resposta:

- a) até 5 andares: 18%;
- b) 6 a 15 andares: 18%;
- c) acima de 16: 18%.

Abraços,

Antonio Carlos Reis Laranjeiras. Sócio Individual, Sócio Honorário Consultor. Categoria Diamante

### **Dúvidas técnicas**

Peço ajuda para tirar uma dúvida, só para desencargo de consciência. Estou construindo uma casa residencial composta de pilotis, 1º e 2º andar, sendo que os últimos dois serão construídos em alvenaria estrutural. Apesar da aparência firme do terreno deixei fazer uma sondagem, que revelou areia fina.

O engenheiro civil, especializado em cálculo estrutural, indicou a cravação de estacas (19 pontos) e projetou blocos de coroamento e a interligação deles por vigas. Um outro engenheiro civil está supervisionando a execução da obra e seguia o projeto.

Um dia, quando estava visitando a obra, para minha grande surpresa, vi três vigas perfuradas para deixar passar uma manilha de 40 cm e uma quarta viga teve sua parte inferior seccionada.

Embora minha área de conhecimento não seja engenharia civil, achei este procedimento errado e consultei o engenheiro responsável pelo cálculo estrutural. Na opinião dele, este procedimento é inadmissível e me encaminhou, inclusive, as normas violadas da ABNT. Como o segundo engenheiro, determinadamente, afirma que não há problema algum, que existem inclusive empresas especializadas em perfuração de vigas, fiquei na dúvida.

Como pessoa cautelosa, mandei tirar as manilhas e seguir o plano de reparo estrutural (epoxi e grout). Agora, minha pergunta para não ser injusta com o

segundo engenheiro (25 anos de experiência): Como pode cortar os estribos e ferros longitudinais de 16 mm e 20 mm das vigas?

Dra. Angela Klemt, M.D., Ph.D.

Membro Titular da Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica

Membro Efetivo da Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular

### **Prezada Angela,**

Antes de tudo, parabéns com os cuidados que você vem tomando na construção de sua residência. A contratação de sondagem, projeto estrutural e o acompanhamento de um engenheiro são fatores indispensáveis (mas não suficientes) para que se obtenham bons resultados na construção.

Quanto ao seu questionamento, gostaríamos de fazer as seguintes considerações:

– nas contratações realizadas, com certeza, você seguiu critérios de indicações e confiabilidade dos profissionais. Assim sendo, no que se refere ao cálculo estrutural, o calculista é o responsável. A execução da obra, em acordo com as especificações de projeto, é de responsabilidade do engenheiro residente.

– a execução de furos em qualquer elemento estrutural interfere em seu funcionamento e só deve ser realizada com a aprovação do calculista, que é quem possui os dados para realizar as verificações necessárias.

– as interferências com tubulações (hidráulica e elétrica) deveriam ter sido detectadas por ocasião da elaboração dos projetos. Quando o projetista estrutural é informado dessas interferências e da necessidade da execução de furos, projeta o elemento estrutural considerando essa condição e projeta a armação adequada à situação.

Portanto, a nosso ver, você tomou a decisão correta. Fez com que cada um dos profissionais assumisse suas responsabilidades, ou seja, o calculista, pelo projeto estrutural, e o engenheiro da obra, pela execução da mesma em acordo com o que foi projetado.

Estamos à disposição para outros esclarecimentos.

**Eng. Marcos Monteiro**

Vice-presidente da ABECE

Os serviços essenciais citados na fase D D001 - Locação de Apoios, Pilares e Cargas, D002 – Forma da Fundação, D003 – Projeto estrutural com formas, armações, detalhes construtivos, D004 – Projeto Estrutural dos Elementos Estruturais de Fundação e D005 – Locação de Apoios, Pilares e Cargas dos projetos referem-se a projeto estrutural da torre ou projeto de fundações? Ou seja, este escopo é do calculista estrutural ou do calculista contratado para a fundação?

Gláucia Gundim Dutra

projetos@construtoracampos.com.br

### **Prezada Gláucia,**

O escopo citado deve ser executado pelo projetista estrutural (superestrutura) do empreendimento. O projetista de fundações (infra-estrutura) é responsável pela escolha da fundação adequada para a situação (profunda ou direta), capacidade de carga das mesmas e quantidade e dimensões de estacas ou tubulões (fundações profundas) ou dimensões em planta de sapatas (fundação direta). A partir dessas informações, o projetista estrutural está apto a dimensionar as dimensões de blocos e sapatas e a armadura necessária nesses elementos.

**Eng. Marcos Monteiro**

Vice-Presidente da ABECE ♦

## Mario Franco



Nasceu em Livorno, na Itália, em 1929. Formou-se engenheiro civil pela Escola Politécnica da USP, em 1951. É professor aposentado do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica e da Faculdade de Arquitetura da USP.

Em 1952, fundou o Escritório Técnico Julio Kassoy e Mario Franco (JKMF), e de lá para cá já participou em mais de 2000 projetos estruturais, entre os quais: Teatro Castro Alves (Salvador); Viadutos Alcântara e Bresser (São Paulo); Centro Nações Unidas – CENU (São Paulo); Hotel Unique (São Paulo); Torres Ventura (Rio de Janeiro).

Sócio honorário do IBRACON (1988).

Ganhou diversos prêmios:

- ◆ Prêmio Emílio Baumgart (IBRACON), 1985
- ◆ Prêmio “Eminente Engenheiro do Ano de 2001” (Instituto de Engenharia de São Paulo)
- ◆ Prêmio “Melhor trabalho técnico do ano” em 1999, 2002 e 2003 (Instituto de Engenharia de São Paulo)
- ◆ Prêmio ABECE/GERDAU, 2003 – Estrutura do Hotel Unique, São Paulo
- ◆ Prêmio ABECE/GERDAU, 2005 – Estrutura da Torre Almirante, Rio de Janeiro

**IBRACON** – O que o motivou a cursar engenharia civil? Quais foram as lições que mais marcaram em sua vida durante o curso?

**Mario Franco** – Meu plano era cursar os cinco anos de engenharia civil mais dois anos do curso de engenheiro-arquiteto então existente

na Poli, para no fim ser arquiteto. No entanto, a partir do quinto ano passei a me voltar para a engenharia estrutural, principalmente tendo em vista o interesse gerado pelos cursos dos professores Telemaco Van Langendonck e Nilo Amaral, ótimos professores e profissionais experimentados, pelas estruturas.

**IBRACON** – Quando começou a trabalhar como projetista estrutural? Por que escolheu esse campo de trabalho?

**Mario Franco** – No quinto ano, eu era estagiário na Construtora Dácio de Moraes e trabalhava com o engenheiro Julio Kassoy, na época o calculista daquela Empresa. Pouco antes do fim do curso, por sugestão de Kassoy, resolvemos nos associar, fundando o atual escritório, que começou a funcionar a partir de 1952. Fascinava-me a possibilidade de prever o comportamento estrutural através da matemática e também a interação da estrutura com os grandes projetos arquitetônicos. Em particular, fiquei muito impressionado por um curso que o grande Pier Luigi Nervi, um dos maiores engenheiros estruturais da Itália e do mundo, um gênio estrutural, ministrou, na época, no nascente Museu de Arte, dirigido por Bardi. Fiquei impressionado pelo potencial arquitetônico da engenharia estrutural.

**IBRACON** – O que é ser engenheiro estrutural nos dias de hoje? O profissional foi desvalorizado com o advento dos softwares de cálculo, ou, ao contrário, sua atuação hoje em dia se faz mais necessária?

**Mario Franco** – Hoje em dia, com a disponibilidade dos grandes programas generalistas de análise e detalhamento estrutural, o estruturalista deve em primeiro lugar conceber a estrutura utilizando sua experiência prévia, sua intuição e sua criatividade, de modo a introduzir no computador dados iniciais coerentes com o que pretende. Deve por fim saber interpretar o enorme volume de resultados obtidos, nunca perdendo de vista que a finalidade última de seu trabalho é a obra construída.

O bom profissional continua sendo valorizado, apesar de ter havido uma certa banalização aparente em sua atividade com o advento dos softwares de cálculo. De fato, sua atuação continua, mais do que nunca, sendo fundamental na engenharia civil; mas é inegável que assistimos com pesar, nos últimos 20 anos, uma desvalorização gradual

e profunda do engenheiro estrutural, cuja remuneração (isto deve ser dito) é atualmente muito baixa.

**IBRACON** – As escolas de engenharia no país têm respondido a essa necessidade de formar um projetista capaz de assumir suas responsabilidades no mercado da construção?

**Mario Franco** – O que se espera de um engenheiro estrutural recém-formado é antes de mais nada uma sólida formação básica. Isto as boas escolas de engenharia brasileiras certamente proporcionam. Mas, além disso – e aí reside o problema – deve haver por parte do recém-formado o interesse, a vocação, a paixão até pelas estruturas. Infelizmente, em função da desvalorização da profissão como um todo, a engenharia civil é em geral a última escolha dos alunos, que preferem áreas mais prestigiadas, como, por exemplo, a mecatrônica.

O estruturalista deve conceber a estrutura utilizando sua experiência prévia, sua intuição e sua criatividade.

**IBRACON** – Este desprestígio da profissão pode ser revertido com a retomada do crescimento do setor da construção civil? Pergunto ainda: o engenheiro recém-formado deve iniciar sua atuação sob a tutela de um profissional sênior?

**Mario Franco** – Esperamos que o boom no mercado imobiliário e a retomada dos investimentos em infra-estrutura revertam o quadro de desvalorização da profissão, não apenas em termos de remuneração, mas principalmente de prestígio, com os escritórios de engenharia melhorando seus quadros profissionais.

Quanto à segunda pergunta, creio que o engenheiro recém-formado precisa passar por um período de acompanhamento por um profissional experiente, de pelo menos dois anos. Há países em que isso é obrigatório, a Austrália, por exemplo.

**IBRACON** – Qual foi o primeiro projeto que desenvolveu? Ele era de concreto? Fale da importância do concreto como material construtivo – suas peculiaridades?

**Mario Franco** – Um dos primeiros edifícios que projetei em 1952 com Kassoy foi um

prédio de 25 andares no Anhangabaú, para o Mosteiro de São Bento. A estrutura era em concreto armado e apresentava o problema do empuxo de terra devido ao grande desnível entre o Largo de São Bento e o Vale. Resolvemos o problema com base num método recém-publicado pelo professor da Escola Politécnica da USP, Jaime Ferreira da Silva Júnior.

O concreto é um material construtivo maravilhoso. Ele se molda às formas desejadas pelo arquiteto e pelo estruturalista. Sua monoliticidade assegura grandes reservas de resistência. Com o advento dos concretos de alto desempenho, aumentou extraordinariamente sua resistência, bem como sua durabilidade. Resiste bem ao incêndio (o prédio da TAM, que projetei há quase 40 anos, resistiu horas ao violento incêndio a que todos assistimos e precisou de muito esforço para ser demolido; também projetada há mais de 35 anos pela JKMF foi a estrutura em concreto armado do Edifício Joelma, em cujo trágico incêndio morreram quase 300 pessoas, mas no qual a estrutura permaneceu praticamente íntegra, salvo algumas lesões locais, que não causaram nenhum dano pessoal e que posteriormente foram facilmente recompostas).

**IBRACON** – Fale das principais mudanças ocorridas em sua longa experiência profissional na forma de conceber seus projetos. Quais foram os fatores que motivaram essas mudanças? O senhor diria que a transformação foi para melhor?

**Mario Franco** – No começo de minha atividade profissional, os projetos eram efetuados com régua de cálculo e com máquinas de calcular elétricas que efetuavam lentamente apenas as quatro operações. Hoje dispomos de poderosas pequenas calculadoras de bolso programáveis, bem como, é claro, dos computadores e seus grandes “softwares”, o que aumentou extraordinariamente a velocidade e a precisão dos cálculos. No entanto, a concepção estrutural era então, como agora, baseada principalmente naqueles fatores que já mencionei: experiência, intuição, criatividade, atributos indispensáveis na criação de bons projetos, em todas as épocas, sabendo usar bem os grandes recursos hoje disponíveis. Sim, a transformação foi para melhor.

**IBRACON** – Como o senhor vê a evolução do concreto de sua origem aos dias atuais. Ela foi surpreendente? Por quê? Quais as tendências no futuro para o material?

**Mario Franco** – Nos últimos 20 anos assistimos a uma extraordinária evolução do concreto: de resistências aos 28 dias de 15 a 18 MPa passamos hoje a utilizar sem problemas 40 ou 50 MPa em nossos projetos, tendo, além da maior resistência, uma durabilidade incomparavelmente maior. No campo da racionalização estrutural, os progressos também foram grandes, quer na construção de fôrmas, quer na padronização das armaduras, quer no lançamento e na trabalhabilidade do concreto, quer no uso da protensão. A tendência a curto prazo será para concretos até 80-90 MPa, bem como o emprego extensivo de concreto autoadensável. É também provável que a fibra de carbono, hoje utilizada correntemente para reforços estruturais por colagem, passe a ter um papel importante como armadura imersa no concreto.

A tendência a curto prazo será para concretos até 80-90 MPa, bem como o emprego extensivo de concreto autoadensáveis.

**IBRACON** – O ciclo de concretagem em obras realizada nos Emirados Árabes é de três dias. O que precisaria ser adicionado aos serviços de projeto e execução no Brasil para alcançar este patamar? Ou tal produtividade é contraproducente, na medida em que encurta a vida útil das obras?

**Mario Franco** – Cada país tem sua tradição construtiva, que leva tempo para evoluir. Hoje fazemos lajes de 2000 m<sup>2</sup> em sete dias, o que não é pouco. Para se chegar a ciclos de três dias, deveremos atuar em diversas áreas: a) concepção arquitetônica e estrutural voltadas para uma total racionalização construtiva; b) aprimoramento dessa racionalização, que já mencionamos, quer no campo das fôrmas, quer na pré-fabricação de painéis completos de armaduras, que cheguem pré-assamblados ao canteiro bastando colocá-los nas fôrmas; c) emprego de concretos com resistência adequada em baixíssimas idades; d) emprego de concretos autoadensáveis; e) aprimoramento dos processos de cura, visando evitar a fissuração por retração; f) treinamento intensivo dos operários da construção civil para esses méto-

dos construtivos mencionados. Chegaremos lá dentro de dois ou três anos, sem prejuízo para a vida útil das obras.

**IBRACON** – *As construtoras brasileiras preocupam-se, na sua opinião, com a durabilidade das obras? Quais as medidas fundamentais que deveriam ser adotadas para aumentar a vida útil das obras?*

**Mario Franco** – As grandes construtoras, pressionadas pelos prazos curtos exigidos pelo cliente, freqüentemente, deixam de efetuar a enérgica cura, necessária principalmente com o emprego de concretos ricos em cimento. Com isso, é comum observarem-se fissuras em lajes, muros e outros elementos estruturais. No entanto, de maneira geral, temos notado a crescente preocupação de muitas construtoras com a durabilidade.

Para aumentar a vida útil das obras, será preciso exigir uma maior observância aos detalhes do projeto estrutural, tais como posicionamento das armaduras, perfeição na execução das juntas de concretagem (dentes “gerber”, por exemplo) visando sua perfeita mobilidade (isto nem sempre acontece). E principalmente: cura, cura!!!

**IBRACON** – *Fale da relação entre o projetista e o construtor no Brasil. Quais são as convergências e as divergências nesse relacionamento? Como melhorar ainda mais esse relacionamento?*

**Mario Franco** – Não é comum o projetista estrutural ser contratado para acompanhar a obra. Assim sendo, o contato com o construtor só existe em caso de dúvidas ou de problemas ocorridos durante a obra. Penso que esse relacionamento deve ser mais intenso, começando por uma análise prévia conjunta do projeto estrutural em todos os seus detalhes. Além disso, deveria ser praxe a contratação do estruturalista para o acompanhamento da obra.

**IBRACON** – *O país tem assistido ultimamente episódios que colocaram a engenharia brasileira sob suspeição. O caso do Metrô é sintomático. Qual sua opinião sobre esses episódios? Onde está o problema? Existe um problema ou os epi-*

*sódios relacionam-se ao fator de risco inerente à construção?*

**Mario Franco** – A engenharia brasileira é, de maneira geral, altamente capacitada. Os acidentes são relativamente raros e, quando ocorrem, são causados por um conjunto de causas que, cada uma isoladamente, não seria capaz de provocá-los. Em todas as épocas houve acidentes de engenharia: basta lembrar a Ponte de Tacoma em 1940, ou há dois meses o colapso de uma ponte metálica em Saint Louis, nos Estados Unidos. No que diz respeito ao caso do Metrô, não disponho de informações suficientes para formar uma opinião. Porém, a julgar pelo período durante o qual fui consultor daquela entidade, o seu grau de competência sempre foi muito elevado.



**IBRACON** – *Qual, dentre seus projetos, considera exemplar tendo em mente o relacionamento entre arquiteto e projetista na definição da forma final da obra? Como é esse relacionamento arquiteto/engenheiro?*

**Mario Franco** – Entre 2000 projetos é difícil escolher o mais significativo. Talvez, indicaria a Torre Norte do CENU, fruto de uma perfeita integração do projeto arquitetônico

de Marc Rubin com o estrutural da JKMF. Houve a participação decisiva de um laboratório canadense de aerodinâmica, o que permitiu definir com precisão o comportamento estático e dinâmico sob ação do vento. Houve o emprego extensivo do “software” nacional TQS para o projeto em 3D da estrutura e o detalhamento com geração automática de todos os desenhos construtivos. Houve importantes problemas construtivos, como a execução de um bloco de fundação de 2700 m<sup>3</sup> de concreto, com emprego de gelo na mistura. Houve a cuidadosa análise, junto com a Construtora Método, dos métodos construtivos dos andares, visando a execução de uma laje de 2000 m<sup>2</sup> por semana. O resultado foi o edifício mais alto de São Paulo, construído rigorosamente dentro do cronograma pré-estabelecido, com concreto de 50 MPa (utilizado pela primeira vez extensivamente no Brasil), que lhe assegura imensa durabilidade.

A engenharia brasileira é, de maneira geral, altamente capacitada, sendo os acidentes relativamente raros.



O relacionamento arquiteto-engenheiro é importante em qualquer obra, sendo fundamental nos projetos emblemáticos, nos quais rompem-se paradigmas e criam-se soluções novas. A Torre Norte é um dos exemplos dessa perfeita integração. O Hotel Unique é outro exemplo marcante.

**IBRACON** – O senhor foi vencedor da primeira edição do Prêmio Talento Engenharia Estrutural com o projeto do Hotel Unique, marcante pelas soluções inovadoras que apresenta em sua estrutura. Qual foi o maior desafio neste projeto?

**Mario Franco** – No Hotel Unique foi essencial o perfeito entendimento das intenções plásticas do arquiteto Ruy Ohtake e sua tradução numa estrutura perfeitamente aderente a essas intenções. Isso implicou o emprego de concreto de alto desempenho (40-50 MPa), concreto colorido, aplicação extensiva de elevados níveis de protensão para assegurar dimensões estruturais mínimas, desenvolvimento de método construtivo visando minimizar o cimbramento, análise especial das formas livres dos muros. Uma gama de soluções inovadoras.

**IBRACON** – Quais são os projetos recentes de que está participando e que podem ser considerados desafiadores?

**Mario Franco** – Presentemente, dentre os projetos de maior relevo posso citar: Projeto Rochaverá, caracterizado por suas fachadas inclinadas para fora; Torres Ventura (Rio) com 150 m de altura. Torre 4, dentro do CENU; Torre Atlanta, em Alphaville; Um edifício residencial em Salvador, ainda em seus estágios iniciais de projeto, com 200 m de altura.

**IBRACON** – Para o senhor, qual é a importância dos institutos e entidades de classe do setor da construção, como a ABECE e o IBRACON?

**Mario Franco** – O IBRACON e mais recentemente a ABECE têm um papel importantíssimo quer na disseminação de conhecimentos de ponta através de publicações e cursos, quer na valorização da engenharia estrutural através de seu prestígio e influência. São órgãos importantíssimos dentro de nossa comunidade estrutural. ♦

# Estudo do Setor de Saneamento Básico



A Austin Asis acaba de lançar a análise setorial de Saneamento Básico, que consiste numa importante ferramenta para o planejamento estratégico de companhias que atuam nesse mercado, bem como das construtoras que buscam maior demanda nessa área. O estudo aborda as principais barreiras e oportunidades de investimentos em melhorias e também os relevantes investimentos destinados ao setor para os próximos anos, tanto por parte do governo como por parte dos grandes investidores, influenciando e gerando oportunidade para outros setores da economia nacional. Tendências e perspectivas a curto e médio prazo são delineadas no estudo.

Para maiores informações: [setorial@austin.com.br](mailto:setorial@austin.com.br)



Diretores do IBRACON perfilados para o Hino Nacional

## Setor da construção civil debate os desafios e oportunidades do desenvolvimento do país

Fábio Luís Pedroso

Depois de quase três décadas estagnada, a construção civil está num ótimo momento. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) registram crescimento de 6,3% do setor no segundo trimestre de 2007, apoiado no aumento de 22,7% de crédito para a área. As empresas do setor aumentaram em 3,9% a mão-de-obra contratada. A Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), com participação de 50% do setor da construção civil, atingiu 17,7% do PIB, seu maior recorde para o segundo semestre.

Os dados indicam também que o crescimento do investimento (10,6% no semestre) está bem acima da elevação do consumo das famílias (5,9% no semestre), sinalizando a am-

pliação da capacidade produtiva do país e um ciclo de crescimento sustentável.

Para fazer frente aos desafios e oportunidades advindos desse crescimento, o país precisará recuperar e expandir sua infra-estrutura e demandará a um ritmo contínuo profissionais qualificados de engenharia. "A demanda atual do país é de 200 mil engenheiros, mas as escolas de engenharia brasileira formam apenas 20 mil por ano", afirmou o diretor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), professor José Roberto Cardoso em seu discurso na Solenidade de Abertura do 49º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC 2007.

O evento, realizado de 1 a 5 de setembro, no Centro de Convenções Fundaparque,



Auditório lotado na Abertura do evento

em Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, reuniu 833 profissionais, vindos de todos os cantos do Brasil e também do exterior, para debaterem e trocarem experiências sobre o material de construção mais usado no mundo – o concreto.

“Não existe desenvolvimento humano, social e econômico sem pesquisa científica. As novas idéias e descobertas são necessárias para fazer avançar a humanidade. E é no momento em que o país parece está retomando seu crescimento, com a demanda de muitas obras, que esta verdade se faz mais presente, pois é quando se nota a necessidade de solucionarmos os problemas técnicos das estruturas e dos materiais do concreto”, esclareceu aos congressistas o então presidente do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), professor Paulo Helene.

O Congresso Brasileiro do Concreto surgiu justamente com este propósito: o de oferecer soluções técnicas para o mercado da construção civil, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico do concreto, sua matéria-prima mais nobre. Fruto do idealismo de engenheiros visionários, o IBRACON e seu carro-chefe, o Congresso Brasileiro do Concreto, desde 1972, vêm crescendo continuamente e hoje é o maior fórum nacional de debates técnico-científicos sobre o concreto e suas aplicações, congregando empresários, engenheiros, professores, profissionais técnicos, arquitetos, geólogos e estudantes de todos os segmentos da construção civil: cimenteiras, fabricantes de aditivos e adições, concreteiras, siderúrgicas, construtoras, escritórios de projetos e consultoria, empresas de reabilitação de estruturas, fabricantes de fôrmas e de juntas, empresas de pré-fabricados e de equipamentos, laboratórios de controle tecnológico, empresas estatais, universidades, entre outras.

A disseminação do conhecimento e das pesquisas sobre o concreto e seus materiais constituintes entre os agentes da construção civil cumpre a missão social de contribuir para construções civis cada vez mais seguras, duráveis e sustentáveis e para métodos construtivos mais eficientes, que demandem menos custos e menos recursos naturais, razão de ser do próprio IBRACON. “Os laços

de relacionamento estabelecidos entre a academia e o setor produtivo e aqueles entre as próprias empresas, proporcionados pela convivência e pelo aprendizado recíproco nos Congressos do IBRACON,

são a base para o desenvolvimento”, disse Rubens Machado Bittencourt, diretor técnico do Instituto na ocasião e que assumiu recentemente a presidência do instituto.

Como bem disse o Secretário Municipal de Viação e Obras Públicas de Bento Gonçalves, Dinarte Antônio Motta, na abertura do evento: “As discussões técnicas valorizam a cidadania para o bem-estar da população”.

### Maratona do Saber

Na 49ª edição do Congresso Brasileiro do Concreto (CBC 2007), foram apresentados 339 trabalhos técnicos em sessões plenárias e pôsteres, que expuseram os estudos e seus resultados relacionados aos materiais e propriedades do concreto, aos métodos construtivos, à análise estrutural, ao projeto e à normalização. As sessões orais contaram com 30 painéis, distribuídos em até cinco auditórios no decorrer de quatro dias cheios.

Os congressistas puderam conhecer e conversar pessoalmente com destacados pesquisadores, freqüentemente citados nos cursos de graduação e pós-graduação de engenharia e ar-



O professor José Roberto Cardoso em seu discurso na Solenidade de Abertura



Participação assídua da comunidade nas sessões técnicas

quietudina: Provindar Mehta, professor da Universidade de Berkeley (EUA), abordou a questão da sustentabilidade na indústria do concreto, ocasião em que o auditório principal ficou lotado, com pessoas assistindo a apresentação de quase uma hora de pé. Enzo Siviero, professor de técnicas de construção da Universidade de Veneza, apresentou o estado da arte na construção de pontes de concreto na Itália. Kaspar Willam, professor de engenharia da Universidade do Colorado (EUA), falou sobre o concreto sob altas temperaturas. Kypros Pilakoutas, professor de inovação na construção da Universidade de Sheffield (Inglaterra), trouxe as novidades em termos de reforços para concreto. Pedro Castro, pesquisador do Centro de Investigação e de Estudos Avançados do Instituto Politécnico Nacional do México (Cinvestav), abordou a vida útil das estruturas num ambiente hostil de mudanças climáticas. Vitervo O'Reilly, presidente da Comissão do Cimento e do Concreto de Cuba, tratou da relação entre a dosagem do concreto e sua durabilidade.

Obras de destaque internacional, novos produtos para construção e métodos construtivos desenvolvidos em outros países foram também abordados. Sten Forsstrom, da Suécia, consultor da interface entre projeto e construção do Turning Torso, abordou os detalhes de projeto e construtivo dessa formidável edificação de 190m, que gira 90° à medida que se eleva. Jorge Nunes da Silva, professor da Universidade do Porto (Portugal), apresentou detalhes do projeto do Museu Iberê Camargo, concebido pelo renomado arquiteto Álvaro Siza. Shunsuke Sugano, professor da Universidade de Hiroshima (Japão) palestrou sobre os avanços na pesquisa e construção em concreto no seu país. Rafael Talero, pesquisador do Instituto Eduardo Torroja de Ciências da Construção (Espanha) trouxe as pesquisas realizadas sobre os efeitos do uso de pozolanas e de OPC nos concretos. Charles Nmai, gerente de serviços de engenharia da BASF Construction Chemicals (EUA), apresentou um software inteligente para controle da retração no concreto. Ruy Ohtake, renomado arquiteto brasileiro, tocou na temática da presença do concreto na cidade.

Outro assunto de destaque nas Conferências Plenárias foi a recuperação de estruturas de concreto. Raúl Husni, engenheiro fundador da Associação Internacional de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação da

Construção (Argentina), apresentou as técnicas não-destrutivas de avaliação das estruturas. A questão da reparação das estruturas do ponto de vista do projetista ficou a cargo de Pepe Izquierdo, ex-presidente do American Concrete Institute (ACI). Fred Goodwin, pesquisador da BASF, apresentou a evolução da indústria de reparação de estruturas de concreto. O assunto foi comentado também por Newton Goulart, engenheiro com vasta experiência na construção de barragens, ao falar das barragens brasileiras.

Temas controversos, como a cura do concreto e o módulo de elasticidade, foram debatidos em painéis que contaram com a exposição de representantes de diferentes segmentos da construção civil, no sentido de se ter um panorama das visões e opiniões sobre o assunto. O interesse pelos temas foi comprovado com as manifestações de insatisfação de alguns congressistas pela necessidade de se encerrar os painéis para se cumprir o cronograma de apresentações programadas.

"A riqueza de assuntos que caracteriza os Congressos Brasileiros do Concreto leva alguns congressistas a se frustrarem por não poderem participar de todas as discussões que têm vez", comentou o professor Luiz Carlos Pinto,



Professor Mehta palestra nas Conferências Plenárias



Feibracon – Oportunidade para fidelizar clientes

coordenador regional do 49º CBC 2007.

Uma novidade no Congresso Brasileiro do Concreto foi o painel “O Momento Atual da Engenharia Brasileira”, que integra a série de debates do setor da construção que vêm congregando a comunidade técnica e científica brasileira na discussão dos marcos econômicos, legais e institucionais nos quais se insere o exercício da engenharia nacional.

Eventos paralelos foram também oferecidos aos congressistas interessados no aprofundamento de temas específicos. O VIII Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, a Mesa Redonda sobre Corrosão do Concreto Armado em Ambiente Marinho, o

fissional do Programa Máster PEC, com duração de quatro horas cada, foram abertos aos inscritos e não-inscritos no evento, abordando temas como concretos especiais, projeto e execução de edifícios protendidos, patologias das estruturas de concreto, evolução dos agregados na tecnologia do concreto convencional e arquitetônico, dentre outros.

Os intervalos e coffee-breaks podiam ser preenchidos ainda com as competições entre os estudantes de engenharia e arquitetura nos Concursos Ousadia, Concrebol e APO, que aconteceram durante todo o evento em locais pré-determinados.

Para quem ainda tinha fôlego para continuar nesta maratona de conhecimento, o dia 5 foi integralmente reservado para visitas técnicas: ao Complexo Energético do Rio das Antas (CERAN), onde puderam ser vistas as instalações das usinas hidrelétricas; e ao Museu Iberê Camargo, em Porto Alegre, ciceroneada pelo engenheiro responsável pelo cálculo estrutural, Jorge Nunes da Silva.



Troca de impressões na Feibracon

Seminário sobre Risco na Engenharia Civil e o Seminário sobre Segurança de Estruturas em Situação de Incêndio, os dois últimos organizados conjuntamente pelo IBRACON e pela Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação da Construção (ALCONPAT). Os auditórios lotados mostraram mais uma vez a importância e oportunidade dos temas.

E ainda 11 cursos de atualização pro-

### III FEIBRACON

Numa área de 585m<sup>2</sup>, 42 expositores distribuídos em 77

estandes puderam apresentar aos participantes do CBC 2007 seus mais recentes e modernos produtos e serviços para a construção civil, na Feira Brasileira das Construções em Concreto (FEIBRACON).

A feira é um espaço para a troca de idéias e novidades entre as empresas e os congressistas, para o estreitamento do relacionamento com os clientes e para o fortalecimento da marca no mercado da construção. "Com esta ação, trazemos oportunidades de discussão em inovação e tendências para o mercado, e desta forma, também aprimoramos nossos negócios", comenta Marcelo Chamma, diretor comercial da Votorantim Cimentos.

Por isso, as empresas não se restringem à exposição de produtos e serviços. Elas oferecem palestras técnico-comerciais e também patrocinam a vinda de palestrantes nacionais e internacionais ao Congresso Brasileiro do Concreto. A Holcim Brasil apresentou a palestra técnico-comercial "Sistema Microinjet e Cimentos Especiais". A Votorantim apoiou as palestras dos professores Kypros Pilakoutas, Enzo Siviero, Kaspar William e do engenheiro



Comunidade interage sobre as novidades da construção na Feibracon

Sten Forsstrom. A BASF promoveu as palestras dos engenheiros Fred Goodwin e Charles Nmai e o curso de recuperação, reforço e proteção de estruturas, ministrado pelo engenheiro José Eduardo Granato. A ArcelorMittal patrocinou e ofereceu o coquetel de lançamento do livro "Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais", na Cave de Pedra no Vale dos Vinhedos. A Camargo Correa patrocinou o I Seminário sobre Risco na Engenharia Civil e a Exposição 100 anos de Oscar Niemeyer, com fotos de algumas obras importantes do arquiteto, sob curadoria da engenheira Leila Meneghetti, do arquiteto Gustavo Klein e da engenheira Vanessa Pasa. ABESC,

Sika, Basf, Sindipedras, Belgo Siderurgia, ABCP, McBauchemie, Holcim, Itambé, Otto Baumgart e Viapol patrocinaram os cursos MASTERPEC. A Gerdauf ofereceu o Jantar de Confraternização no Centro de Tradições Gaúchas Laço Velho.

"A disponibilidade de terminais de internet na área de exposições e de uma sala para as palestras técnico-comerciais no centro da FEIBRACON possibilitou grande integração do público com os expositores", destacou Luiz Carlos. ◆



Congressistas confraternizam-se no Jantar no CTG

## Construção – cenário atual

Samara Miyagi  
Austin Asis

O setor de construção vem apresentando resultados bastante favoráveis nos últimos dois anos. Alguns fatores contribuíram de forma relevante para esse desempenho, como por exemplo, a conjuntura econômica mais favorável apresentada pelo País. O maior índice de atividade do comércio e indústria possibilitou o incremento no nível de emprego e renda da população, como podemos notar nos gráficos 1 e 2.

O cenário econômico positivo permitiu taxas de juros menores e uma maior oferta de crédito no mercado nacional, contribuindo para uma maior demanda por imóveis e um aquecimento generalizado pelos serviços de construção – reflexo este também sentido por empresas de setores correlatos, como de materiais de construção (gráfico 3).

O incremento na demanda trouxe ao setor a necessidade de aumento na mão-de-obra empregada. De acordo com os dados do Ministério do Trabalho, nos primeiros oito meses de 2007, a construção civil brasileira registrou a abertura de mais de 163 mil novas vagas, o que significa que o setor passou a contar com cerca de 1,71 milhão de trabalhadores.

Além dos fatores mencionados acima, os setores de infra-estrutura, incluindo o da construção, receberam este ano um importante incentivo governamental, que foi o lançamento do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) – programa

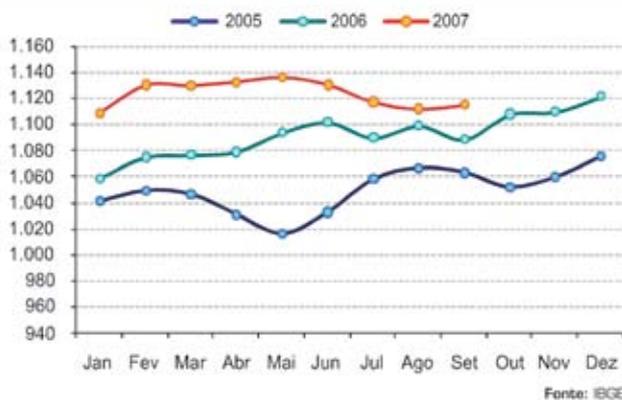


este que visa destinar investimentos para a melhoria e desenvolvimento de setores considerados chaves para a economia nacional.

Visto os benefícios concedidos a diversos setores que demandam pelos serviços da construção pesada para se expandir e melhorar sua infra-estrutura em geral, ocorreu um aquecimento na demanda pelos serviços desse segmento.

O segmento de construção pesada também vem sendo beneficiado, principalmente no que se refere às áreas de transporte e

Gráfico 1 – Rendimento médio real habitual (em R\$)



malha rodoviária, por sua importância para o escoamento de mercadorias para o mercado externo.

As perspectivas para o setor como um todo, tanto para o segmento de construção civil quanto para o segmento de construção pesada, continuarão positivas para 2008, consideradas as estimativas de um favorável desempenho da economia brasileira e da continuidade de uma maior oferta de crédito para a população e para diversos setores do mercado.

O volume de obras, bem como o número de trabalhadores do setor, deverão crescer em 2007 e 2008. Os lançamentos imobiliários baterão recordes neste ano, principalmente aqueles cujo mercado alvo é um público mais abastado.

Na cidade de São Paulo, por exemplo, o segmento imobiliário tem registrado incremento nas unidades vendidas em 2007, quando comparado aos mesmos meses dos anos anteriores, o que demonstra o aquecimento pelo qual passa o setor (gráfico 4).

Vale ressaltar também que o segmento de materiais de construção obterá crescimento tanto na produção como no consumo interno.

Por fim, as grandes obras que visam melhoria na infra-estrutura apresentarão maior volume no segundo semestre do ano, em vista

dos investimentos de outros setores que foram beneficiados por programas de governo; o maior incremento deste último, no entanto, se dará em 2008, em vista dos atrasos dos recursos disponibilizados pelo governo. ♦

Gráfico 2 – Taxa de desocupação  
(em % da PEA)

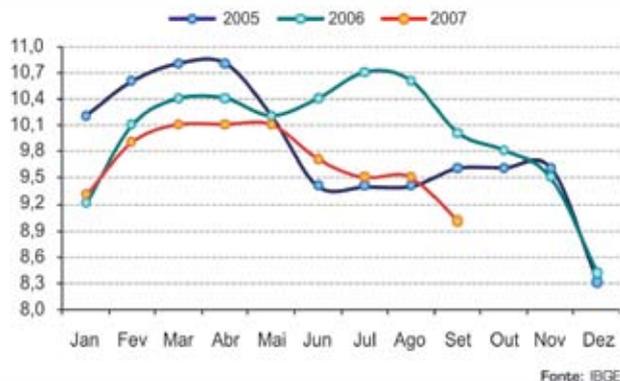


Gráfico 3 – Operações de crédito do sistema financeiro – setor privado – habitação  
(em R\$ bilhões)

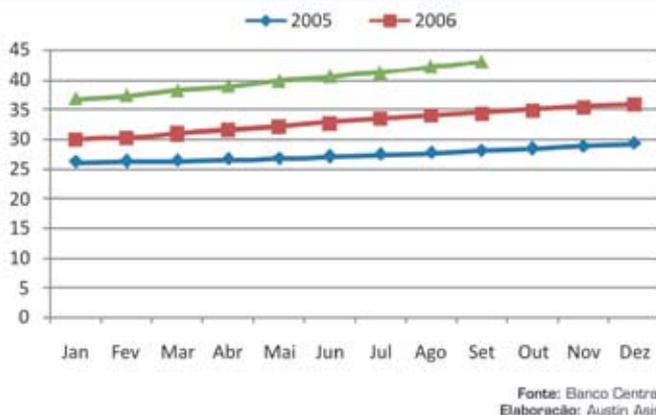
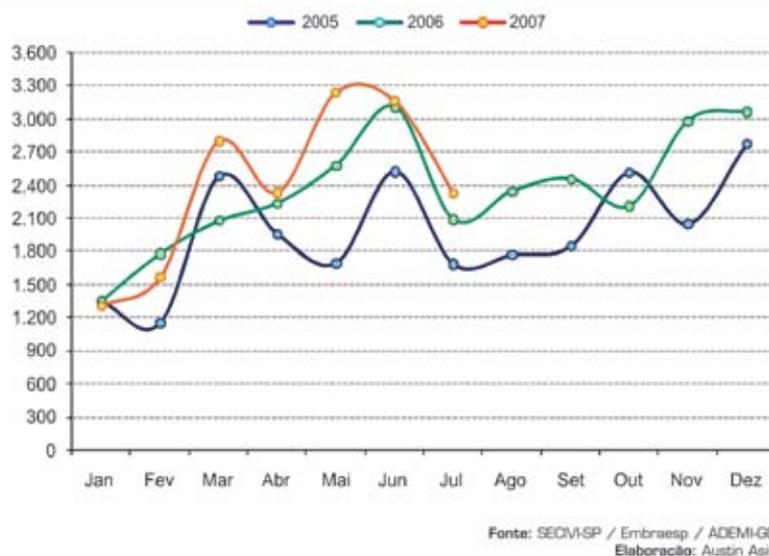


Gráfico 4 – Unidades vendidas em São Paulo  
(Residências / Apartamentos)



# Profissionais premiados no 49° CBC 2007



Fábio Luís Pedroso

O IBRACON homenageou, na solenidade de abertura do 49° Congresso Brasileiro do Concreto, os profissionais brasileiros que se destacaram em 2007 por suas atividades no setor de construção civil.

A escolha dos profissionais para as 10 categorias do Prêmio Destaque do Ano é feita por seus pares. Cada sócio do Instituto é convidado a indicar os engenheiros civis, arquitetos e técnicos que, por suas descobertas e realizações no ano vigente, mais se destacaram para o aperfeiçoamento técnico e científico do setor. Numa segunda etapa, os profissionais indicados são submetidos à votação colegiada, por maioria simples, dos 30 membros Conselho Diretor do IBRACON e dos 21 Diretores do Instituto, que define os profissionais que serão homenageados, considerando os seguintes critérios: os escolhidos devem ser sócios do IBRACON; o perfil profissional do premiado deve condizer com o perfil da personalidade que deu

nome ao Prêmio; o homenageado deve ter efetiva contribuição científica e técnica à sociedade.

Outra homenagem foi o Prêmio de Teses e Dissertações. A cada ano, o IBRACON certifica trabalhos científicos sobre o concreto na área de estruturas e materiais, premiando alternadamente teses e dissertações. Para poder concorrer, os estudantes precisam cadastrar seus trabalhos no Banco de Teses e Dissertações no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) e estarem em dia com a anuidade de filiação no momento do julgamento dos trabalhos por uma Comissão formada por representantes de diferentes setores da construção civil. No 49° CBC 2007, foram premiadas as dissertações:

- ♦ **Reação Álcali-Agregado: avaliação do comportamento de agregados do sul do Brasil quando se altera o cimento utilizado**, defendida pela estudante Francieli Tiecher, sob orientação da



Profissionais homenageados na Solenidade de Abertura do 49° CBC 2007

professora Denise Dal Molin, na área de Materiais, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

- ◆ **Comportamento de vigas protendidas pré-moldadas com ligações semi-rígidas**, defendida pela estudante Bruna Catóia, sob orientação do professor Marcelo de Araújo Ferreira, na área de Estruturas, na Universidade Federal de São Carlos.

Foram também homenageadas com o título de sócio honorário do IBRACON as personalidades nacionais e estrangeiras de reconhecido mérito técnico-científico:

- ◆ Antonio Carlos Reis Laranjeiras;
- ◆ Adam Neville;
- ◆ Geraldo Cechella Isaia;
- ◆ Kumar Mehta;
- ◆ Lauro Modesto dos Santos;
- ◆ Mohan Malhotra.

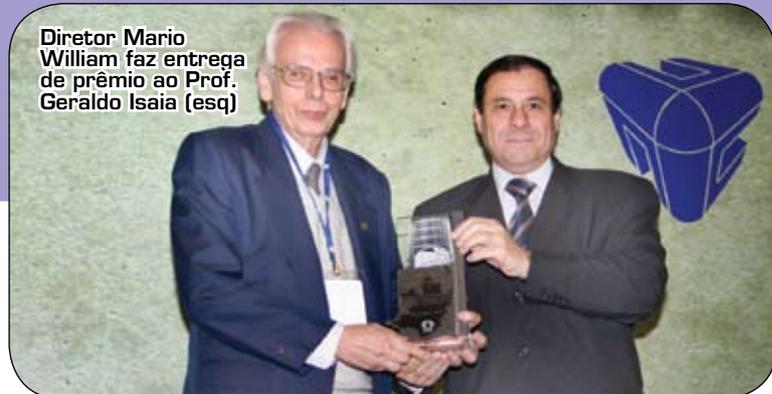
## Destques de 2007

### PRÊMIO GILBERTO MOLINARI

- ◆ Atribuído ao destaque do ano em reconhecimento aos serviços prestados ao IBRACON.
- ◆ Prêmio instituído em 1978.

### INDICADOS 2007

Geraldo Cechella Isaia  
Inês Battagin  
Luiz Prado Vieira Júnior  
Paulo Helene  
Rubens Bittencourt  
Túlio N. Bittencourt  
Vladimir Antonio Paulon



### PREMIADO Geraldo Cechella Isaia

- ◆ Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 1965.
- ◆ Especialista em Planejamento e Manutenção de Campus Universitário pela Rice University, Houston, Texas, USA, em 1973.
- ◆ Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 1990
- ◆ Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 1995.
- ◆ Professor Adjunto do Departamento de Estruturas e Construção Civil da UFSM.
- ◆ Professor do Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da UFSM
- ◆ Líder do Grupo de Estudos e Pesquisas em Concreto do Laboratório de Materiais de Construção Civil da UFSM, com linhas de pesquisa em durabilidade das estruturas de concreto e concreto com adições minerais
- ◆ Autor de 8 livros e capítulos de livro e 140 trabalhos completos publicados em periódicos e congressos nacionais e internacionais
- ◆ Consultor ad hoc do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS), da Financiadora de Projetos (FINEP) e da Conselho de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES)

# Destques de 2007

## PRÊMIO ARY FREDERICO TORRES

- ◆ Atribuído ao destaque do ano em tecnologia do concreto
- ◆ Prêmio instituído em 1978.

### INDICADOS 2007

Arcindo Vaquero y Mayor  
César Henrique Sato Daher  
Jorge Luiz Christófolli  
Oswaldo Cascudo  
Paulo Roberto Terzian  
Rubens Curti



Paulo Terzian (dir)  
ao receber prêmio  
do diretor Túlio  
Bittencourt

### PREMIADO

#### Paulo Roberto Terzian

- ◆ Engenheiro Civil formado em 1975
- ◆ Diretor do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, gestão de 1988/89.
- ◆ Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Laboratório de Concreto, de 1976 a 1989
- ◆ Co-autor dos livros “Manual de Dosagem e Controle do Concreto” e “Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações” do IBRACON
- ◆ Autor de vários artigos técnicos publicados em revistas especializadas
- ◆ Participante em várias Comissões de ABNT/CB-18
- ◆ Conselheiro do CREA – São Paulo, durante 9 anos
- ◆ Professor em 5 Faculdades de Engenharia e Arquitetura, na disciplina de materiais de construção
- ◆ Consultor na área de Tecnologia do Concreto, com ênfase em sistemas construtivos, concretos especiais, qualidade e durabilidade das estruturas, desde 1989

# Destaques de 2007

## PRÊMIO EMÍLIO BAUMGART

- ◆ Atribuído ao destaque do ano em engenharia estrutural
- ◆ Prêmio instituído em 1978.

## INDICADOS 2007

Abram Belk  
Arnoldo Wendler  
Catão Francisco Ribeiro  
Marcos Dutra de Carvalho  
Ricardo L. e Silva França  
Rui Nobhiro Oyamada  
Sérgio Hampshire  
Sergio Osorio de Cerqueira



## PREMIADO Marcos Dutra de Carvalho

- ◆ Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (1977)
- ◆ Pós-graduação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP/SP)
- ◆ Líder do Núcleo de Especialistas em Pavimentação da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) desde 1978
- ◆ Membro de diversas Comissões de Estudo da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na área de pavimentação com materiais à base de cimento
- ◆ Autor de mais de 70 trabalhos e artigos técnicos, publicados pela ABCP, ABPv, IPT, IBRACON, POLI/USP e no Exterior, na área de pavimentação rígida e materiais à base de cimento
- ◆ Participação em inúmeros projetos e obras de pavimentação com materiais à base de cimento, nas áreas de rodovias, aeroportos, portos, vias urbanas, sistemas viários industriais e comerciais e pisos industriais

# Destques de 2007

## PRÊMIO FRANCISCO DE ASSIS BASÍLIO

- ◆ Atribuído ao destaque do ano em engenharia na região do 49º Congresso Brasileiro do Concreto CBC 2007
- ◆ Prêmio instituído em 1988.

### INDICADOS 2007

Geraldo Cechella Isaia  
Hélio Adão Greven  
Jovair Avilla Júnior  
Luiz Carlos P. da Silva Filho  
Luiz Roberto Prudêncio Jr



Prof. Luiz Carlos (dir) ao receber prêmio do diretor Cláudio Sbrighi

## PREMIADO

### Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

- ◆ Engenheiro Civil (UFRGS, 1989), Mestre em Construção (NORIE/UFRGS, 1994) e PhD em Civil Engineering: Bridge Maintenance (Leeds University, 1998)
- ◆ Vice-líder do Grupo de Pesquisa LEME
- ◆ Publicou mais de 150 artigos em periódicos e conferências científicas.
- ◆ Atual Conselheiro e Diretor Regional do IBRACON, Secretário Executivo da Associação Sul Americana de Engenharia Estrutural (ASAEE) e da Associação Brasileira de Patologia das Construções (ALCONPAT Brasil) e Presidente da Asociación Latino-Americana de Control de la Calidad, Patología y Recuperación (ALCONPAT Internacional)
- ◆ Membro e Revisor do American Concrete Institute (ACI) e membro do conselho científico da Revista IBRACON de Materiais (RIMAT)
- ◆ Consultor ad-hoc de entidades de fomento.
- ◆ Tem experiência nas áreas de materiais e estruturas, com ênfase em durabilidade e vida útil, patologia das construções, concretos especiais, materiais compósitos, reforço estrutural, análise e modelagem de sistemas estruturais, ensaios não destrutivos e perícias de engenharia
- ◆ Prêmio Heseldin de melhor tese em engenharia civil (1999).
- ◆ Participou de trabalhos que receberam o prêmio Falcão Bauer, da CNIC e orientou trabalhos premiados pelo SINDUSCON-RS e pela ALCONPAT

# Destaques de 2007

## PRÊMIO LIBERATO BERNARDO

- ◆ Atribuído ao destaque do ano como tecnologista em laboratório de Concreto
- ◆ Prêmio instituído em 1989

### INDICADOS 2007

Eurípedes Martins Fontes  
José Antonio Queiroz  
Rubens Montanari  
Talita Almeida



## PREMIADO

### Eurípedes Martins Fontes

- ◆ Técnico em Edificações, formado em 1978, e Técnico em Eletrônica, formado em 2002
- ◆ Técnico em Edificações, na Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, cargo que ocupa desde 1989.
- ◆ Membro do Grupo de Pesquisa do Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais – LEME
- ◆ Atua como colaborador em projetos de pesquisa e extensão em nível de graduação e pós-graduação, dando suporte técnico ao desenvolvimento de dissertações de mestrado e doutorado.
- ◆ Supervisor no desenvolvimento de equipamentos para os ensaios em campo e laboratório, bem como nas operações de instrumentação

# Destaques de 2007

## PRÊMIO ARGOS MENNA BARRETO

- ◆ Atribuído ao destaque do ano em engenharia de construção civil
- ◆ Prêmio instituído em 1992

## INDICADOS 2007

Antonio Carlos Zorzi  
Geraldo Cesta  
Jorge Batlouni Neto  
Miller Soares Rufino Pereira  
Paulo Sanches



## PREMIADO

### Miller Soares Rufino Pereira

- ◆ Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado, São Paulo, em 1996
- ◆ Pós-graduação em Administração com Ênfase em Gerenciamento de Recursos pela Universidade do Contestado – Campos Concórdia, Santa Catarina, em 2000
- ◆ Engenheiro Civil da empresa Construções e Comércio Camargo Corrêa S/A, desde agosto de 1996
- ◆ Autor de diversos trabalhos em congressos nacionais e internacionais na área de concreto e grandes barragens
- ◆ Vencedor do III Prêmio de Tecnologia e Construtividade 2005, da Empresa Construções e Comércio Camargo Corrêa
- ◆ Responsável pela Gerência de Engenharia /Planejamento e Gerência Econômica/Financeira na obra da Usina Hidroelétrica de Campos Novos e responsável pela Gerência das obras do Complexo Energético Rio das Antas – CERAN, composto pelas Usinas Hidrelétricas de Castro Alves (130 MW), Monte Claro (130 MW) e 14 de Julho (100 MW)

# Destaques de 2007

## PRÊMIO EPAMINONDAS MELO DO AMARAL FILHO

- ◆ Atribuído ao destaque do ano em engenharia no campo do projeto e construções de Concreto de Alto Desempenho
- ◆ Prêmio instituído em 1999

### INDICADOS 2007

Austem José Salvador  
Hélio Adão Greven  
Moacir Hissayassu Inoue  
Paulo Helene  
Ricardo L. e Silva França



Rubens Bittencourt entrega prêmio ao Prof. Ricardo França (dir)

## PREMIADO

### Ricardo Leopoldo e Silva França

- ◆ Professor de Graduação e Pós-graduação da Escola Politécnica da USP
- ◆ Engenheiro, Mestre e Doutor pela Escola Politécnica da USP
- ◆ Co-responsável pela elaboração, em 1991, do Texto Base para a Nova NB1 (NBR6118-03)
- ◆ Membro da comissão de coordenação dos trabalhos de revisão da Nova NB 1 (NBR6118-03)
- ◆ Titular da França & Associados Engenharia
- ◆ Recebeu em 2001 do IBRACON o "Prêmio Emílio Baumgart", como Destaque do ano em Engenharia Estrutural
- ◆ Recebeu em 2006 o "Prêmio Talento ABECE-Gerdau Categoria Edificações", com o projeto do Edifício eTower
- ◆ Membro do Conselho da ABECE
- ◆ Membro do ACI, CEB/FIB, IABSE, IBRACON
- ◆ Autor de vários projetos de edifícios de grande porte em São Paulo

# Destaques de 2007

## PRÊMIO LUIZ ALFREDO FALCÃO BAUER

- ◆ Atribuído ao destaque do ano em engenharia no campo das pesquisas do concreto e materiais constituintes
- ◆ Prêmio instituído em 1999

### INDICADOS 2007

Adelino F. Boaventura  
Denise C. C. Dal Molin  
Eduardo Fairbairn  
Nicole Pagan Hasparyk  
Oswaldo Cascudo  
Paulo Helene  
Wellington Longuini Repette



José Zamarion faz entrega do prêmio a Nicole Hasparyk

### PREMIADO

#### Nicole Pagan Hasparyk

- ◆ Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais em 1992
- ◆ Mestre pela Universidade Federal de Goiás, em 1999
- ◆ Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 2005
- ◆ Pesquisadora do Departamento de Apoio e Controle Técnico de FURNAS Centrais Elétricas S.A. em Goiânia/GO, na área de concreto e seus materiais constituintes, incluindo durabilidade e microestrutura do concreto.
- ◆ Professora convidada do Curso de Pós-Graduação em Geotecnia e Construção Civil da UFG
- ◆ Autora de vários trabalhos e artigos técnicos publicados no país e exterior
- ◆ Co-autora e coordenadora do livro: "Concretos Massa, Estrutural, Projetado e Compactado com Rolo – Ensaios e Propriedades", publicado por FURNAS Centrais Elétricas S.A., em 1997.
- ◆ Co-autora de capítulos dos livros "Concreto: Ensino Pesquisa e Realizações" e "Materiais de Construção Civil", ambos publicados pelo IBRACON.
- ◆ Coordenadora do Grupo de Trabalho de Métodos de Ensaios Físicos e Químicos sobre Reação Álcali-Agregado da CE-18:200.04 (CB-18) e membro do CB-18 - CE-18:200.01, Comissão de Estudos de Requisitos e Métodos de Ensaios de Agregados para Concreto

# Destaques de 2007

## PRÊMIO FERNANDO LUIZ LOBO CARNEIRO

- ◆ Atribuído ao destaque do ano em pesquisa de concreto estrutural
- ◆ Prêmio instituído em 2004

### INDICADOS 2007

Daniel de Lima Araújo  
Dario Lauro Klein  
Guilherme Salles Mello  
Jefferson Sidney Camacho  
João Bento de Hanai  
José Samuel Giongo  
Luiz Carlos P. da Silva Filho  
Rodrigo Junqueira Calixto  
Tulio Nogueira Bittencourt  
Wellington Longuini Repette



Dario Klein (esq) recebe prêmio do diretor Júlio Timmerman

## PREMIADO Dario Lauro Klein

- ◆ Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
- ◆ Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS
- ◆ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da UFRGS
- ◆ Professor do Curso de Especialização dos Oficiais Bombeiros da Brigada Militar do Estado do Rio Grande do Sul
- ◆ Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFRGS
- ◆ Fundador e Coordenador do Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais – LEME/UFRGS
- ◆ Autor de diversos trabalhos publicados em congressos nacionais e internacionais nas áreas de estruturas e patologia das construções
- ◆ Consultor na área de estruturas colapsadas pela ação de vento e fogo
- ◆ Presidente da Associação Sulamericana de Engenharia Estrutural – ASAAE e da Associação Brasileira de Patologia das Construções – ALCONPAT-BRASIL
- ◆ Agraciado com o Prêmio Falcão Bauer, na Categoria Novas Técnicas, promovido pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção, por duas vezes, durante o Encontro Nacional da Indústria da Construção, em 2002 e 2003
- ◆ Condecorado com a Medalha do Especial Mérito do Serviço de Bombeiros, do Corpo de Bombeiros da Brigada Militar, da Secretaria da Justiça e Segurança do Estado do Rio Grande do Sul, em 2005

# Destques de 2007

## PRÊMIO OSCAR NIEMEYER SOARES FILHO

- ◆ Atribuído ao destaque do Ano em Projetos de Arquitetura em Concreto
- ◆ Prêmio instituído em 2007

### INDICADOS 2007

Jorge Debiagi  
Paulo Mendes da Rocha  
Roberto C. S. Aflalo Filho  
Ruy Ohtake



## PREMIADO Ruy Ohtake

- ◆ Arquiteto pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, em 1960
- ◆ Professor Emérito pela Universidade Católica de Santos – UNISANTOS, em 2007
- ◆ Paraninfo de formandos em diversas faculdades de arquitetura do país
- ◆ Autor de diversos projetos no exterior como o Estádio de Futebol Barcelona, em Quayaquil – Equador; Jardins e Museu Aberto da OEA, em Washington – Estados Unidos; Embaixada do Brasil, em Tóquio – Japão; Resort Las Américas, em Santo Domingo – República Dominicana, entre outros
- ◆ Autor de projetos premiados no país como o Ohtake Cultural, São Paulo; Hotel Unique, São Paulo; São Paulo Renaissance Hotel, São Paulo; Aché Laboratórios Farmacêuticos, Guarulhos; Traçado e Estações do VLP – Veículo Leve Sobre Pneus, atual Paulistão, São Paulo; Centro Empresarial Brasília Shopping, Brasília; e Parque Ecológico do Tietê, Grande São Paulo ◆

## Detalhes do projeto do mais alto edifício residencial

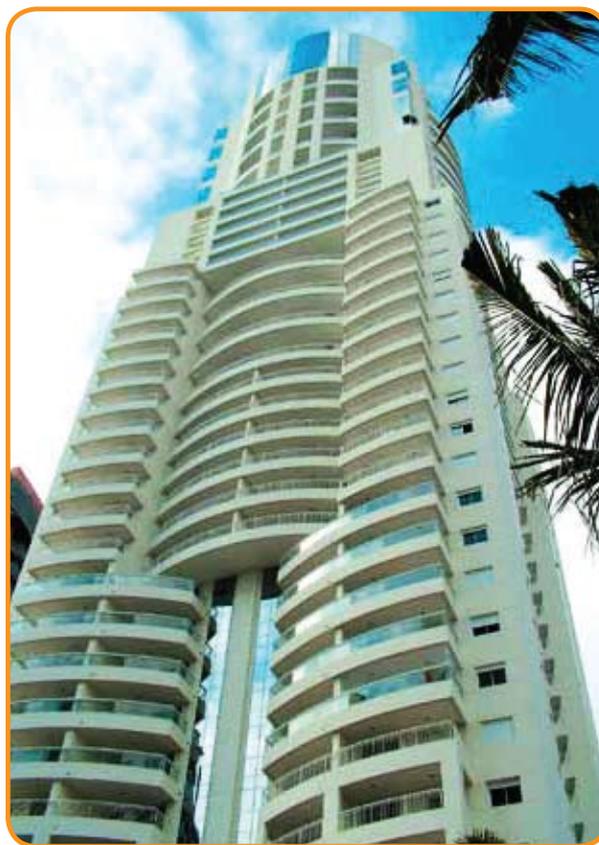
Julio Kassooy  
Escritório Técnico Julio Kassooy e Mario Franco Engs Civis Ltda.

O Edifício Mandarin, concluído em abril de 2006, é o mais alto prédio residencial de São Paulo (e provavelmente do Brasil). Trata-se de um conjunto de apartamentos com 3 subsolos, térreo e 42 lajes com 132 m acima do nível térreo. A área construída deste empreendimento é de 40.923 m<sup>2</sup> sendo 24.000 m<sup>2</sup> de área privativa.

O empreendimento foi concebido para atender um público diversificado, pois trata-se de um mix oferecendo 182 unidades de 1 dormitório, 92 unidades de 2 dormitórios, 20 unidades de 3 dormitórios, 20 unidades tipo Loft, 20 apartamentos "duplex" e 4 apartamentos de cobertura, com áreas úteis entre 46,5 m<sup>2</sup> a 202 m<sup>2</sup>.

Desta grande variedade de tipologias de unidades com e sem terraços resultou a complexa volumetria das fachadas.

O conjunto das características acima, e de outras, como o grande número de vagas para o estacionamento, a qualidade dos materiais de acabamento e o esmerado tratamento paisagístico, permitem classificar o Edifício Mandarin com sendo um prédio residencial de alto padrão. Este fato é realçado pela arrojada composição arquitetônica, que se destaca fortemente na dramaticamente movimentada



A imponência do Edifício Mandarin

paisagem urbana da Marginal Pinheiros, em São Paulo (SP).

### Detalhes do projeto

As cargas nas fundações dos pilares da torre variam de ~ 600 tf até ~ 3.200 tf (sem vento). A ação do vento é muito relevante, dadas a altura, a esbeltez e as características da estrutura. O solo é constituído, em toda a área de apoio da torre, por rocha decomposta com taxa admissível de 8 kgf/cm<sup>2</sup> (sem vento) e de 10,4 kgf/cm<sup>2</sup> (com vento). Na região externa à torre foi adotada taxa admissível no solo de 5 kgf/cm<sup>2</sup>.

A contenção de terra e a estanqueidade dos subsolos são asseguradas por paredes-diafragma com 40 cm de espessura, executadas pela técnica da lama bentonítica, e cravadas em material impermeável. Durante a fase executiva, essas paredes foram atirantadas; os tirantes foram desativados após a execução dos subsolos e do pavimento térreo, que passaram então a proporcionar o auto-equilíbrio dos empuxos.

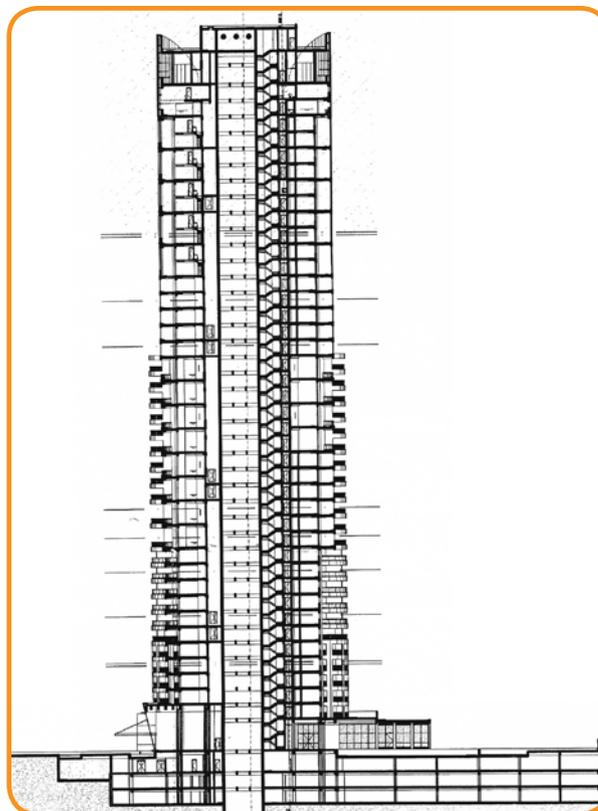
O 3º subsolo é apoiado sobre o solo em lastro armado, que participa do sistema de auto-equilíbrio dos empuxos; os 2 demais subsolos têm estrutura convencional, com lajes e vigas em concreto armado.

O pavimento térreo caracteriza-se pela complexidade estrutural decorrente do elaborado projeto de paisagismo, que exigiu rebaixos para canteiros e espelhos d'água, bem como caixas especiais profundas para a vegetação de grande porte. As sobrecargas desse andar são muito elevadas. Adotou-se, em virtude dessas condições, um sistema convencional de lajes e vigas armadas.

Para os pavimentos acima do térreo, há um grande número de tipos de andar, conforme as diversas disposições adotadas no projeto arquitetônico. Disso resultou a dificuldade de se conseguir uma estrutura que fosse compatível com cada uma dessas diversas disposições geométricas, evitando-se ao máximo transições nas prumadas dos pilares, que implicariam a presença de elementos estruturais de transferência de cargas, pesados e de difícil acomodação arquitetônica. A simples observação das formas dos diversos andares atesta essa dificuldade.

O projeto das sapatas de fundação para os diversos casos de carregamento foi efetuado através da utilização de programas desenvolvidos pela empresa responsável pelo projeto estrutural.

A laje do térreo e as demais lajes acima deste foram inicialmente projetadas e dimensionadas, andar por andar, através de programas próprios da empresa. Uma vez definido o dimensionamento final das peças, foi gerado um modelo de pórtico espacial completo, utilizando-se um poderoso modelador estrutural. Os pilares e vigas foram então detalhados automaticamente. Os resultados obtidos foram comparados com aqueles anteriormente determinados nas análises andar por andar, proporcionando assim a necessária validação desses resultados, e permitindo ao estruturalista não se afastar da realidade física do problema, facilmente perdida quando se utilizam modelos muito complexos.



Corte transversal

Da análise tridimensional resultaram os seguintes coeficientes de instabilidade global  $\gamma_z$ , determinados para as direções principais XX e YY definidas pelos dois eixos de simetria da estrutura:

$$\gamma_{z,xx} = 1,17; \gamma_{z,yy} = 1,20$$

De acordo com o que faculta a NBR 6118, esses valores foram utilizados como coeficientes de majoração dos esforços de 1ª ordem devido às cargas de vento.

As verificações dinâmicas relacionadas com a aceleração prevista nos andares mais altos resultaram em valores abaixo daqueles estabelecidos, visando assegurar o conforto dos ocupantes.

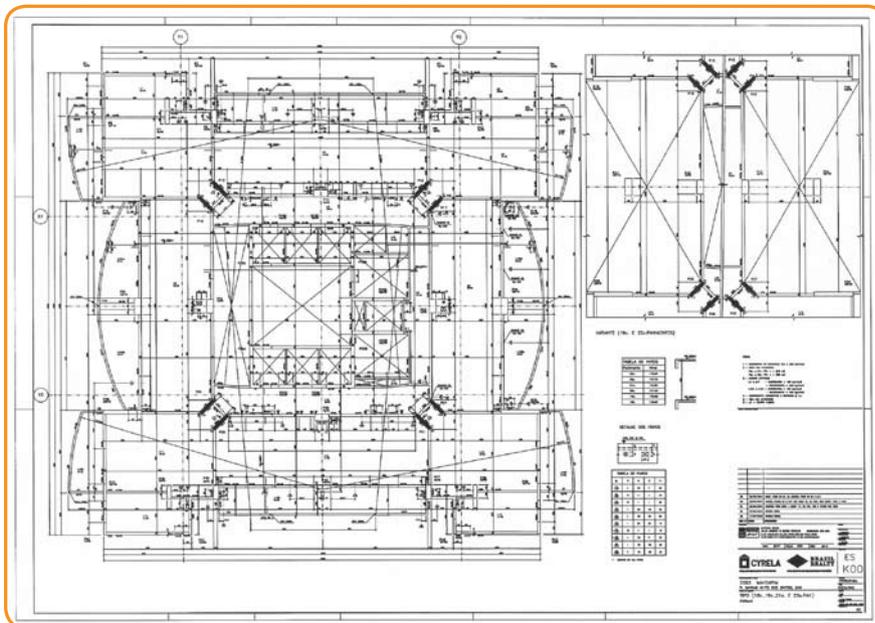
Uma obra de tal envergadura requer uma série de cuidados específicos em sua execução, principalmente por estarmos cada vez mais com prazos menores de conclusão dos empreendimentos. O tempo determinado para execução do canteiro, escavação e fundações foi de 5,5 meses, do término das fundações ao térreo 2,5 meses e a execução do 1º pavimento ao ático teve a duração de 14 meses. Do término da estrutura à conclusão da obra tivemos mais 11 meses.

Um grave problema de execução de um edifício alto é termos muitas lajes; portanto, temos um grande potencial de alteração. Neste

edifício, como haviam dezenas de plantas nos andares "tipo", temos uma fachada que não tem continuidade nenhuma complicando enormemente sua execução.

O concreto utilizado foi de 35MPa até o 29º Pavimento e de 30 MPa nos andares restantes. A espessura média dos andares acima do térreo é de 0,30 m³/m² e a taxa média de armadura é de 36 kgf/m² ou 123 kgf/m³.

Foi solicitado pela construtora que se evitasse ao máximo a utilização de pilares em L e U, e devido à geometria favorável aos esforços do vento, este pedido pode ser atendido na maioria dos casos.



Forma de um andar tipo

### Soluções construtivas

As dificuldades construtivas que tiveram que ser transpostas foram várias, tais como transporte vertical, movimentação

de operários, abastecimento de material nas unidades duplex, não repetição de pavimentos, personalização das unidades gerando um grande trabalho de gestão das variações, fachadas com até 4 variações em um mesmo pano e montagem da pele de vidro na cobertura.

A grua ascensional foi colocada em uma abertura de laje e sua utilização predominante, 90% do tempo, era para transporte de armadura. Foram utilizadas, numa primeira etapa, duas cremalheiras e depois passou-se a

três. Estava prevista uma quarta que não chegou a ser utilizada. Os blocos paletizados subiam pelas cremalheiras e para diminuir o deslocamento de pessoal foram colocados banheiros e bebedouros distribuídos pelo prédio.

O sistema de escoamento remanescente adotado permitia deixar três níveis 100% escorados com espaçamento entre escoras de 1,80 m nas lajes e 1,40 m nas vigas. Um detalhe bastante interessante nos procedimentos de cura é o cuidado tomado para cura das cabeças de pilar. Como a fôrma é um elemento de cura, a construtora tem como procedimento executar, no dia útil seguinte à desfôrma, a proteção com chapisco rolado desta região.

A qualidade do concreto também foi uma preocupação constante. Desde o processo de compra são estabelecidas cláusulas de controle de volume, de resistência à tração, carta de traços e outros. São



Vista da estrutura em 3D

determinados procedimentos de recebimento, tais como horários de saída da usina, fck, traço, água adicionada, slump e liberação para lançamento.

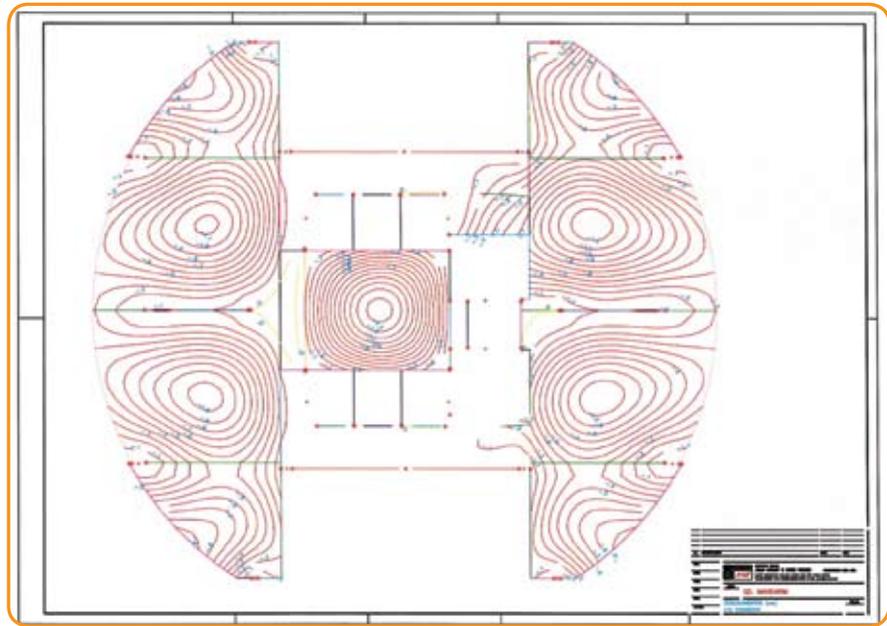
É sempre utilizada uma ficha de controle do concreto em que estão anotados o horário programado para a concretagem, a hora da chegada do concreto na obra, a hora de lançamento, resultados dos ensaios aos 7 e 29 dias e o índice de crescimento da resistência  $f_{ck}/f_{c7}$ . É realizado um mapeamento rigoroso das peças concretadas.

O lançamento e adensamento são feitos em camadas, o transporte vertical com bombas e o concreto é lançado com a utilização de várias giricas o que dá um grande ganho de tempo, pois a concretagem de várias peças é simultânea.

Para as juntas de concretagem são utilizadas telas galvanizadas como forma, o que propicia uma superfície mais adequada para a retomada da concretagem.

As moldagens de corpo-de-prova foram feitas para resultados aos 7 e aos 28 dias. O acesso ao resultado do ensaio deve ser no mesmo dia ou, no máximo, no dia seguinte à sua realização. Se o resultado for baixo, deve-se entrar em contato com o fornecedor imediatamente e fazer uma investigação preliminar das possíveis causas deste resultado, bem como uma estimativa do resultado que será alcançado. Caso esta análise seja desfavorável, deve-se entrar em contato imediato com o projetista para que tenhamos seu parecer. Caso os resultados não sejam aprovados pelo projetista, passa-se a uma investigação complementar. As regiões do concreto são mapeadas com esclerômetro e, onde obtivermos a menor resistência, é definido como local a se fazer a extração dos corpos-de-prova.

Nesta obra, houve uma grande preocupação da interação da estrutura com os outros subsistemas. Como ficam os efeitos de deformação lenta em um edifício alto e como minimizar as fissuras que aparecem na interface das alvenarias com os elementos de concreto? Foi utilizada uma ligação lateral das alvenarias



Curva de isovalores de deslocamentos

com telas de nylon chumbadas nos pilares. Os materiais de acabamento das alvenarias foram em argamassa no 1º pavimento, em gesso do 2º ao 30º pavimentos, e em argamassa acima do 30º pavimento. O emboço foi executado antes da fixação das alvenarias com a estrutura, o que permitiu um aumento do tempo decorrido após a concretagem e também um aumento da carga atuante antes da fixação, minimizando o surgimento de patologias.

Este edifício foi uma das primeiras obras monitoradas nas primeiras idades de carregamento. Com as medições efetuadas pode-se determinar o melhor momento para execução das alvenarias internas sem o risco de ocorrência de patologias devido às deformações.

Todos estes cuidados levaram ao alcance dos objetivos iniciais, pois transcorridos um ano e meio da entrega da obra o número de patologias constatadas é desprezível.

#### Ficha técnica

##### **Incorporadores**

Cyrela/Brazil Realty

##### **Arquiteto**

Itamar Berezin

##### **Projeto estrutural**

Escritório Técnico Julio Kasso  
e Mario Franco Eng. Cívil

##### **Fundações**

Consultrix S/C ♦



## Painel expõe propostas da comunidade técnica para o momento atual da engenharia brasileira

Fábio Luís Pedroso

De 1982 a 2001, o arrefecimento no crescimento econômico mundial e brasileiro, visível na queda da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) no país, de 24%, em 1981, para 17,6%, em 1983, teve como reflexos a redução do ritmo de construção de obras de infraestrutura, a escassez de projetos de engenharia e a desvalorização profissional do engenheiro. Por outro lado, as privatizações ocorridas na década de 90 mudaram o sistema de gestão de projetos de engenharia e construção. Antes, no modelo estatal, os estudos e os projetos eram

concebidos sob a ótica da maximização da produção, onde a tecnologia funcionava como fator limitador predominante. Com a gestão privada das construções pesadas e o advento da consciência ambiental, dois fatores tomaram à frente das avaliações técnicas: os impactos ao meio ambiente e a viabilidade econômico-financeira da obra.

O panorama do investimento na construção civil começou a mudar. Dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontam um crescimento de 6,3%



Mesa do Painel Momento da Engenharia Brasileira



Engenheiro José Ayres de Campos

no segundo trimestre de 2007 para o setor, aproximando-o da melhor fase de investimento em infra-estrutura no país – os anos entre 1951 e 1981. Essa retomada coloca, porém, dois desafios para a engenharia nacional: melhorar o marco regulatório da construção civil e capacitar recursos humanos para a reconstrução da infra-estrutura do país.

Esses desafios foram temas do painel “O Momento da Engenharia Brasileira”, realizado em 1º de setembro de 2007, como atividade do 49º Congresso Brasileiro do Concreto (49º CBC 2007). O painel é a sexta edição do debate iniciado em São Paulo, no Instituto de Engenharia, logo após o colapso no túnel da Estação Pinheiros da linha amarela do Metrô de São Paulo.

“O Brasil tem as mais avançadas tecnologias construtivas do mundo. Somos referência mundial na construção de usinas hidrelétricas. A globalização disponibiliza, por sua vez, o acesso ao conhecimento e tecnologias específicas. O desafio não é, portanto, técnico. Nem financeiro, pois vivemos um momento de excessiva liquidez nos mercados de capitais do país e do mundo. As dificuldades para a engenharia e construção no país atualmente são de ordem institucional e de disponibilidade de recursos humanos em quantidade e com capacitação necessária para atender a demanda aquecida em infra-estrutura e produção”, explicou o engenhei-

ro José Ayres de Campos, diretor executivo da Construções e Comércio Camargo Corrêa & CNEC Engenharia, um dos painelistas.

As edições anteriores do debate percorreram o país para recolher sugestões da comunidade técnica para melhorar o contexto técnico-legal e econômico da engenharia e construção. Iniciativa do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, da Associação Brasileira de Mecânica de Solos e Engenharia Geotécnica – ABMS, do Instituto de Engenharia – IE, da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, e da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural – ABECE, o evento foi realizado em São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Recife e Brasília.

As principais sugestões foram apresentadas no Painel realizado no 49º CBC 2007 pelo coordenador Alberto Sayão, presidente da ABMS. Elas se referem à necessidade de um exame de ordem para os profissionais, à revisão da Lei de Licitações e a um novo modelo de gestão das obras, dentre outras.

---

#### Propostas da comunidade técnica

---

A Lei 8.666, que trata do processo de licitação de obras civis é repudiada pela comunidade técnica em seus moldes atuais. O principal problema apontado na lei é que



Engenheiro José Roberto Braguim, em sua exposição

incentiva a contratação de serviços de engenharia com base apenas no menor preço, o que resulta em desvalorizar o profissional competente, em poucos estudos técnicos para embasar os projetos executivos, em obras de baixa qualidade e segurança, e no desestímulo à manutenção de equipes de profissionais experimentados pelos escritórios de engenharia e projetos. "A lei desvaloriza o profissional qualificado. Obriga as empresas a contratarem engenheiros recém-formados, sem experiência, que trabalham inclusive nos finais de semana", enfatizou o presidente da ABECE, José Roberto Braguim, em sua exposição.

A saída apresentada é a de assegurar, no processo licitatório, a contratação de serviços de engenharia, não pelo menor preço, mas pelo melhor preço. "A lei 8666 não deve ser descartada, mas melhorada, exigindo uma especificação mais detalhada dos projetos, o que tiraria do páreo as empresas não preparadas para tocar a obra", defendeu o recém-empossado presidente do IBRACON, Rubens Bittencourt, que também participou da mesa do Painel.

O modelo atual de gestão das obras é também alvo dos profissionais da engenharia. Eles argumentam que o modelo turn key, onde uma empresa construtora é contratada por um preço fechado pelo Estado, ficando responsável pela subcontratação dos demais serviços de engenharia, não garante a necessária independência entre os diversos profissionais envolvidos no projeto, execução e controle de qualidade da obra, sobressaindo-se os conflitos de interesses entre projetistas, executores e tecnólogos. Para os debatedores, o modelo precisa assegurar a independência de atuação desses profissio-

nais, assim como maiores prazos na execução de obras e mais verbas para estudos, ensaios e investigações técnicas. Uma proposta de destaque foi a da instauração de um sistema de revisão de projetos por pares (peer review), garantindo-se maior segurança e confiabilidade das obras contratadas.

A formação profissional e a regulamentação do exercício da engenharia precisam também passar por uma revisão, segundo os debatedores. A qualidade dos cursos de engenharia deve ser assegurada através de uma parceria entre o Ministério da Educação e o Sistema Confea/CREAs e pelo maior intercâmbio entre as universidades e as empresas. Já, a competência profissional deverá ser auferida pelo exame da ordem dos engenheiros, nos moldes do que existe para os advogados. Mas, esta proposta é ainda passível de muitas dúvidas, tais como: o modo de avaliação dos engenheiros antigos e experientes; a entidade responsável pela aplicação do exame; e o prazo de vigência da habilitação profissional. "A comunidade técnica não está acostumada com as questões dessa natureza, que precisam ser amadurecidas, com a realização de mais eventos, até se chegar numa proposta pactuada e bem estruturada, que deverá ser entregue às autoridades competentes", observou o então presidente em exercício do IBRACON e atual vice-presidente, Paulo Helene.

O coordenador do Painel, Alberto Sayão, informou aos presentes que a Carta da Engenharia Brasileira, contemplando as propostas da comunidade técnica, está em fase de elaboração e será brevemente encaminhada para o Confea, para os CREAs e para as entidades do setor. ♦

# Avaliação de desempenho da resistência ao cisalhamento em lajes alveolares pré-fabricadas em concreto protendido

Marcelo A. Ferreira, Neiton S. Fernandes, Roberto C. Carvalho, Altibano Ortenzi  
Departamento de Engenharia Civil – UFSCar

Íria L. O. Doniak, Luis O.B. Livi  
CASSOL Pré-Fabricados

## Resumo

Nas últimas décadas as lajes alveolares protendidas se tornaram os elementos pré-fabricados de maior aplicação em todo o mundo. Entretanto, no Brasil ainda não existe uma normalização específica que oriente a padronização de projeto ou mesmo que estabeleça os critérios necessários de desempenho para a realização de ensaios de controle de qualidade, visando a certificação deste produto.

Neste artigo é apresentado o procedimento padronizado de ensaio ao cisalhamento para lajes alveolares pré-fabricadas de concreto protendido, seguindo as recomendações da FIB (CEB-FIP) e da norma EN-1168:2005. São descritos de forma resumida os procedimentos de ensaio, sendo também apresentadas algumas considerações sobre os critérios de projeto e de aceitabilidade em relação à produção.

Para verificar a aplicação deste método de ensaio no Brasil, realizou-se um estudo experimental que envolveu pesquisas de pós-graduação desenvolvidas no NETPRE -UFSCar em conjunto com a Cassol Pré-fabricados, através do convênio entre a UFSCar e a ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto). Foram realizados ensaios em elementos de lajes sem capa, com capa e com preenchimento de alvéolos. Os resultados experimentais são comparados com critérios de cálculo de acordo com a NBR-6118:2003 e EN-1168:2005. Cabe salientar a importância da identificação e rastreabilidade do produto que

possibilitou a recuperação de todos os dados obtidos nas inspeções e ensaios durante a produção: Qualificação e análise de desempenho dos materiais componentes do concreto e aço, traço e dosagem das misturas utilizadas, desvio padrão do concreto, resistência de liberação 21,0MPa para desprotensão em 24hs, resistência à tração, módulo de elasticidade do concreto, controle dimensional em relação as tolerâncias estabelecidas em norma, relatório de alongamento dos cabos, acompanhamento da curva de cura à vapor compatível com as recomendações para elevação gradativa de temperatura, período constante e resfriamento.

Finalmente, é apresentada uma análise dos resultados encontrados com algumas considerações dos autores.

## Introdução

A normalização em relação aos elementos estruturais pré-moldados foi recentemente revisada, tendo como principais aspectos: adequação à NBR 6118:2003 e à NBR-9062:2006, durabilidade, estrutura em serviço, estabilidade global da edificação, controle de qualidade, segurança e economia. Entretanto, no Brasil ainda não existe uma normalização específica para lajes alveolares que oriente a padronização de projeto ou mesmo que estabeleça os critérios necessários de desempenho para a realização de ensaios de controle de qualidade, necessários para a certificação deste produto.

De acordo com a literatura técnica internacional, as lajes alveolares podem apresentar diferentes mecanismos de ruptura: a) Falha por perda da ancoragem; b) Falha por cisalhamento (tensão no ponto crítico da nervura superior à resistência de tração do concreto); c) Falha por cisalhamento em região fissurada (com efeito combinado de cisalhamento, flexão e escorregamento); d) Falha por cisalhamento combinado com torção (em peças que não são planas); e) Falha por flexão (ELU), com possibilidade de escorregamento da armadura ativa próximo à ruptura.; f) Falha por interação dos mecanismos de flexão e cisalhamento (em peças curtas com carregamentos altos).

Segundo várias pesquisas ao longo do mundo, o principal parâmetro a ser considerado no projeto das lajes alveolares protendidas é a resistência à tração do concreto, principalmente pelo fato de que a mesma é considerada no cálculo da resistência ao cisalhamento, onde a armadura transversal é dispensada. Segundo o Manual de Qualidade para Lajes Alveolares da FIP (1992), a resistência à tração efetiva do concreto em uma laje alveolar é altamente dependente da forma geométrica dos alvéolos, do traço de concreto e do método de produção.

Em geral estas lajes possuem capas de concreto acima de 5 cm para formar uma seção composta visando o aumento da capacidade da resistência à flexão. Por outro lado, desde que seja garantida a aderência entre a capa e a superfície da laje junto ao apoio, esta capa pode contribuir para o aumento da capacidade da resistência ao cisalhamento.

Para as situações correntes de projeto no Brasil as lajes alveolares mais utilizadas são as de 150 e 200 mm de altura, enquanto que na Europa e nos EUA são comuns as aplicações de lajes alveolares entre 265 e 500 mm de altura. Por esta razão, nem sempre os mecanismos resistentes críticos presentes nas lajes de maior altura serão compatíveis às situações de projeto encontradas no Brasil. Sendo assim, a realização de ensaios deste tipo de laje no Brasil é de grande importância para que se ganhe um melhor entendimento do funcionamento, que por sua vez também permite o aprimoramento de projeto.

Neste artigo é apresentado o procedimento padronizado de ensaio ao cisalhamento para lajes alveolares pré-fabricadas de concreto protendido, seguindo as recomendações do Manual para Projeto de Lajes Alveolares da FIB (2000) e da norma EN-1168:2005. São descritos de forma resumidas os procedimentos de ensaio, sendo também apresentadas algumas

considerações sobre os critérios de projeto e de aceitabilidade em relação à produção.

## Modelo teórico

A resistência ao cisalhamento de lajes alveolares pode ser governada por dois mecanismos básicos: a) quando a força de cisalhamento próxima ao apoio produz uma tensão principal de tração em um ponto crítico da nervura entre os alvéolos, excedendo a resistência de tração do concreto; b) quando a tensão de tração produzida por cisalhamento é combinada com outras tensões de tração no concreto, como por exemplo, as tensões de tração causadas pela introdução da força de protensão na região de transferência e/ou por tensões de tração causadas pela presença combinada de flexão.

Para levar em conta a resistência ao cisalhamento em regiões afetadas por fissuras de flexão, o cálculo pode ser feito de acordo com prescrições da NBR-6118:2003, as quais estão de acordo com recomendações da FIB (CEB-FIP) e EN-1168:2005. Com base nestes critérios, a resistência ao cisalhamento de projeto  $V_{Rd}$  pode ser obtida pela equação 1.

$$V_{Rd} = \left[ \tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_t) + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$$\tau_{Rd} = 0,25 f_{ctd}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_c \quad (\text{com } \gamma_c = 1,0)$$

$$\rho = A_{s1} / b_w \cdot d$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_{c,calc}$$

$\kappa$  = coeficiente com os seguintes valores:

- para elementos em que 50% da armadura inferior não chega ao apoio:  $\kappa = |1|$ ;
- para os demais casos:  $\kappa = |1,6 - d|$  (não menor que 1), com d em metros.

$A_{s1}$  é a área da armadura de tração que se estende até não menos que  $d + L_{b,nec}$  além da seção considerada.

$b_w$  é a largura mínima da seção ao longo da altura útil d ( $L_{pacp}$  – número de alvéolos x diâmetro dos alvéolos).

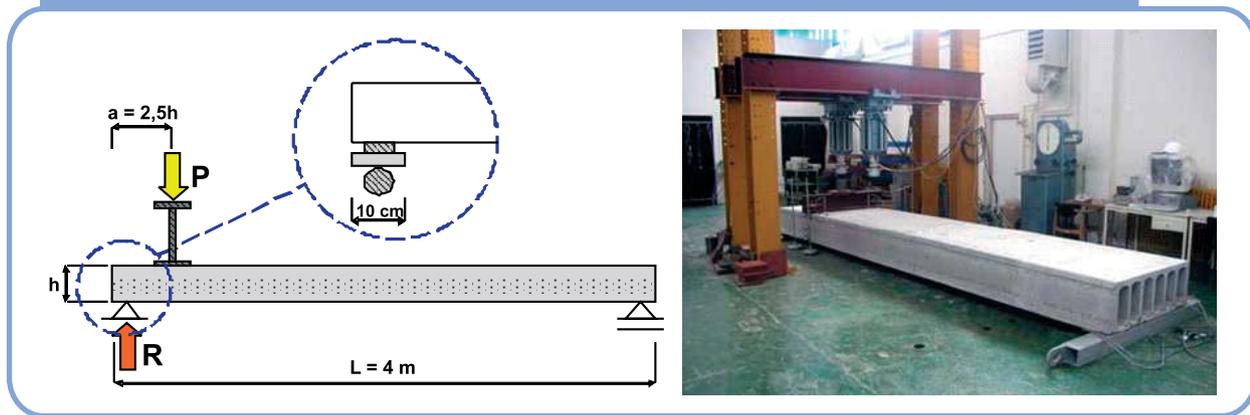
d = altura útil ( $h_{laje} - d'$ ).

$N_{sd}$  = força longitudinal na seção devida a protensão.

$\gamma_c = 1,0$  não sendo considerado no cálculo, nesse caso.

$A_{c,calc}$  = área calculada de concreto nos painéis de laje alveolares.

Figura 1 – a) Arranjo do ensaio de cisalhamento padronizado pela norma EN-1168; b) ensaio de laje alveolar realizado na Europa



Para a análise dos resultados experimentais, foram calculados os valores teóricos da resistência ao cisalhamento característica  $V_{Rk}$ , sem considerar os coeficientes de segurança, os quais foram comparados com os resultados obtidos para as resistências de ruptura médias nos ensaios  $V_{u,exp}$ , sendo que este último deve superar a resistência característica. Por sua vez, o coeficiente de segurança efetivo pode ser obtido pela relação entre a resistência experimental e a máxima força de cisalhamento de serviço  $V_{S,max}$  dada por:

$$\lambda = V_{u,exp} / V_{S,max}$$

Equação 2

### Ensaio de cisalhamento segundo a EN-1168:2005

A eficiência do projeto de lajes alveolares pré-moldadas de concreto pode ser avaliada por meio de ensaios de elementos de lajes (ensaios para controle da qualidade, ensaios de prova de carga para verificação de projeto e ensaios de pesquisa e desenvolvimento). O ensaio de cisalhamento permite, além de avaliar a resistência ao cisalhamento da laje alveolar, avaliar indiretamente a resistência à tração do concreto e a ancoragem.

Para que se consiga um efeito desfavorável da flexão sobre o mecanismo de resistência ao cisalhamento, o ensaio de apoio padronizado recomendado pelo manual da FIP (1992) e a norma EN-1168:2005 estabelece que a carga sobre a laje seja aplicada a uma

distância de  $2,5h$  (sendo  $h$  a altura da laje) do apoio mais solicitado, cujo arranjo de ensaio está ilustrado na Figura 1. O comprimento da laje deve ser igual ao maior dos valores de 4 metros ou  $15h$ . A velocidade do carregamento deve ser controlada de acordo com o procedimento padronizado.

Com o objetivo de verificar a viabilidade de aplicação no Brasil do procedimento recomendado pela FIB (CEB-FIP) realizou-se um trabalho de parceria tecnológica que envolveu pesquisas de pós-graduação desenvolvidas no NETPRE-UFSCar, onde foram ensaiados ao cisalhamento 5 grupos de lajes alveolares, sendo: a) lajes sem capa; b) lajes com capa de concreto com tela soldada; c) lajes com capa de concreto com fibras metálicas; d) lajes sem capa com 2 alvéolos preenchidos; e) lajes com 4 alvéolos preenchidos. Na Figura 2 é apresentada uma ilustração de um dos ensaios realizados na fábrica da Cassol em Araucária, no Paraná.

Vários quesitos preliminares são requeridos antes de iniciar os ensaios propriamente ditos. Tais quesitos dizem respeito ao controle de qualidade dos materiais que irão compor o produto acabado, bem como os processos de fabricação dos elementos. Os procedimentos adotados nos ensaios estão apresentados detalhadamente na dissertação de mestrado recém concluída em FERNANDES (2007).

### Avaliação dos resultados experimentais

Na Figura 3 estão apresentados os resultados experimentais para os valores de reação de apoio versus o deslocamento no ponto de aplicação do carregamento para

Figura 2 – Ensaio de Cisalhamento em Lajes Alveolares na CASSOL – Fábrica de Araucária - PR



os ensaios das lajes sem capa, lajes com capa (com tela e com fibras metálicas) e com preenchimento dos alvéolos (2 e 4 alvéolos respectivamente). Na Figura 4 estão apresentadas configurações de fissuração de cisalhamento no apoio da laje e em uma nervura típica.

Na tabela 1 estão apresentados os resultados médios dos ensaios para cada um dos grupos de lajes, sem e com capa, com 2 ou 4 alvéolos preenchidos. A Tabela 1 também apresenta a comparação com os valores de cálculo de acordo com a NBR-6118:2003. Para o cálculo teórico, considerou-se para a data do ensaio a resistência de compressão do concreto das lajes igual a  $f_{cj} = 40$  MPa, a resistência da capa igual a  $f_{cj} = 25$  MPa. A resistência à tração do concreto das lajes, obtida de acordo com a NB1, foi de  $f_{ctm} = 3,5$  MPa. O aço de protensão utilizado é o da categoria CP190RB, sendo 5 cordoalhas de  $\phi=1/2"$  Considerou-se uma perda de cerca de 10% para a tensão de protensão na data dos ensaios.

Conforme pode ser observado, no caso das lajes sem capa a resistência experimental ficou um pouco acima da capacidade máxima estimada (sem os coeficientes de ponderação), indicando uma boa consistência para o modelo teórico adotado. Em ambos os casos para as lajes com capa (com tela e com fibra metálica), os resultados experimentais estiveram bem acima dos valores estimados. Todavia, nos casos das lajes sem capa com preenchimento de alvéolos, os resultados experimentais indicaram que a resistência ao cisalhamento não aumentou proporcionalmente ao aumento da área de preenchimento dos alvéolos. Outros comentários são apresentados nas considerações finais.

### Considerações finais

Através do estudo técnico desenvolvido pelo NETPRE (UFSCar) em parceria com a CASSOL verificou-se que o procedimento para ensaio de cisalhamento recomendado pela norma EN-1168:2005 para avaliação de lajes alveolares pode ser reproduzido em fábricas de pré-moldados no Brasil.

Devido ao arranjo utilizado para os ensaios realizados, com a carga aplicada a uma distância do apoio igual a  $2,5h$ , tem-se um mecanismo de resistência ao cisalhamento em zona com possibilidade de fissuras de flexão. Sendo assim, a partir da comparação dos resultados experimentais com o cálculo teórico, verificou-se boa consistência com os critérios de cálculo estabelecidos pela EN-1168:2005, que neste caso são coincidentes com a NBR-6118:2003.

No caso das lajes sem capa, os resultados experimentais foram superiores à resistência última estimada, com exceção em um modelo que rompeu por mecanismo combinado de cisalhamento e torção. Para evitar este efeito, nos demais ensaios utilizou-se um dispositivo de apoio em uma das extremidades que permite rotações devido à deflexão da laje e rotações em torno do eixo da laje.

Nos casos das lajes com capa (com tela e com fibra metálica), observa-se que os resultados experimentais foram bem superiores aos valores estimados teoricamente. Acredita-se que este fato se deve à mudança de mecanismo devido ao aumento da altura da laje, ficando mais próximo ao mecanismo de ruptura por cisalhamento puro onde a tensão principal de tração na nervura excedeu à

resistência de tração do concreto. Entretanto, observa-se que se por um lado o limite de resistência tenha aumentado, tem-se uma diminuição da ductilidade.

Através da comparação dos resultados experimentais com os valores teóricos das resistências estimadas para os casos das lajes com preenchimento dos alvéolos observa-se que as resistências experimentais ficaram abaixo dos valores estimados. Nos casos dos preenchimentos de 2 e 4 alvéolos, ainda permaneceram nervuras com a espessura original, o que pode ter atuado como um elo fraco na laje. Novos estudos estão sendo realizados pelo NETPRE

para melhor compreender estes efeitos. O que se pode dizer até o momento é que os resultados de ensaios demonstraram que a resistência não aumentou proporcionalmente ao aumento da seção de concreto, através do preenchimento de alvéolos, para os casos de lajes sem capa.

Finalmente, observa-se que a resistência considerada no cálculo teórico é referente a uma tensão crítica localizada em uma região abaixo do ponto da tensão principal de tração na nervura, onde existe uma interação entre a tensão de tração no concreto devido ao cisalhamento com a tensão de tração devido à

Figura 3 – Resistências experimentais nos apoios das lajes ensaiadas

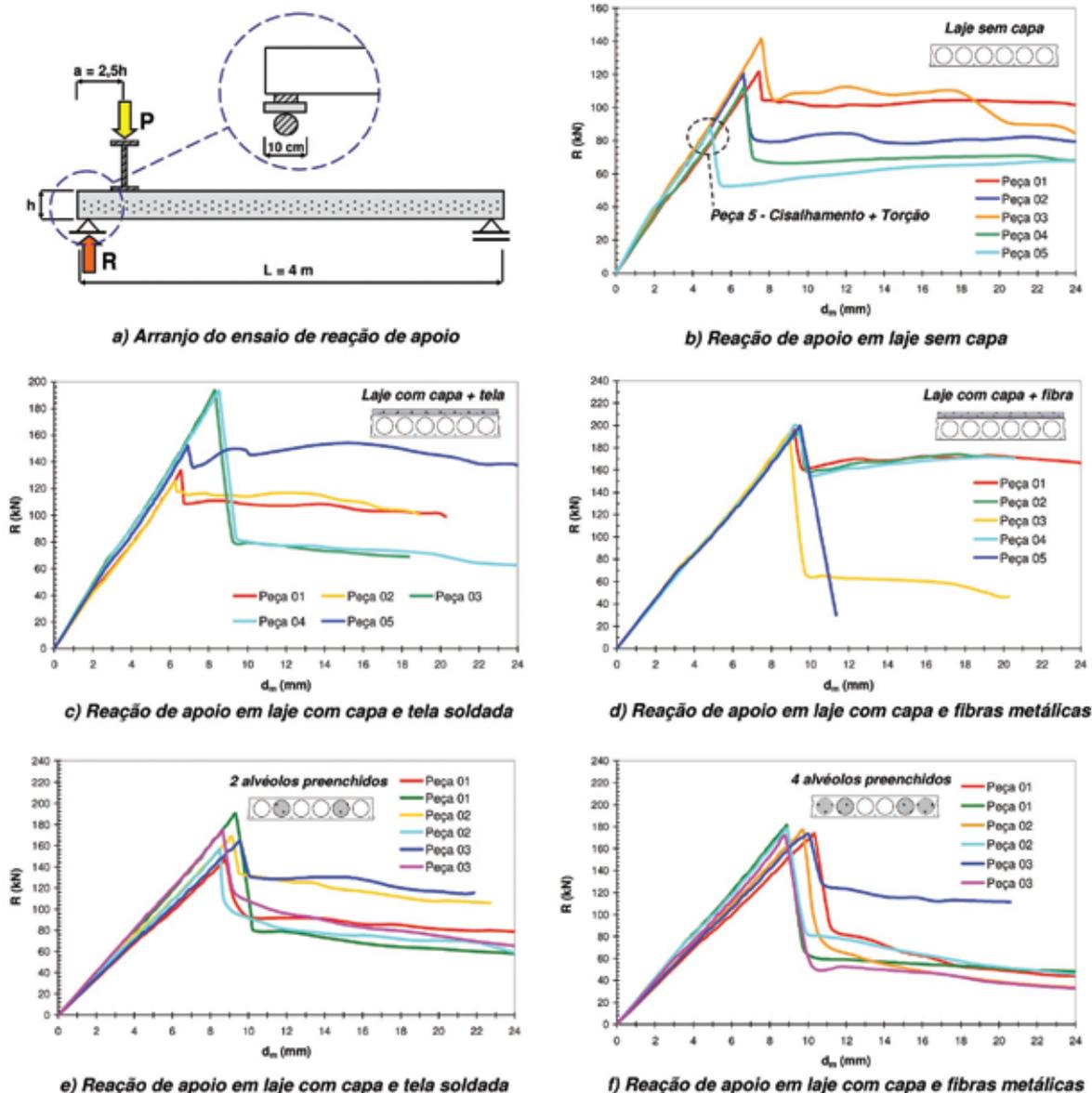
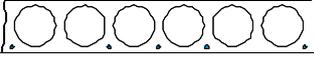
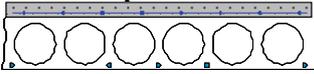
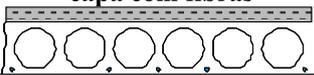
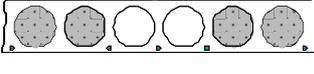


Tabela 1 – Comparativo entre valores teóricos e os obtidos nos ensaios de cisalhamento

Descrição	$V_{u,exp}$ (kN)	$V_{Rk}$ (kN)	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{S,max}$ (kN)	$\lambda$
<b>sem capa</b> 	118,01	102,9	81,95	58,54	2,02
<b>capa e tela</b> 	160,21	113,65	88,73	63,38	2,53
<b>capa com fibras</b> 	197,25	113,65	88,73	63,38	3,11
<b>2 alvéolos preenchidos</b> 	166,16	173,74	137,3	97,86	1,70
<b>4 alvéolos preenchidos</b> 	175,18	238,87	186,98	133,56	1,31

$V_{u,exp}$  – média de ruptura por cisalhamento nos ensaios;  $V_{Rk}$  – resistência característica ao cisalhamento;  $V_{Rd}$  – resistência ao cisalhamento de projeto;  $V_{S,max}$  – cisalhamento máximo de serviço;  $\lambda = V_{u,exp} / V_{S,max}$

protensão. Sendo assim, a qualidade da ancoragem é um fator muito importante a fim de se evitar a ocorrência de rupturas frágeis. Neste contexto, do ponto de vista do controle da qualidade, tem-se que a resistência de tração do concreto é um dos parâmetros mais importantes a serem controlados, pois a mesma influencia tanto na resistência ao cisalhamento quanto na eficiência da ancoragem.

Além de validar o sistema de ensaio do fabricante parceiro neste trabalho e atestar a conformidade do produto em relação ao cisalhamento, parâmetro ora concluído, em relação às normas nacionais e internacionais,

a contribuição para os projetistas envolvidos neste processo, pretende-se que o trabalho venha contribuir para o projeto da ABCIC no desenvolvimento da Certificação de Produto, uma vez que o Selo de Excelência que atesta os processos das plantas de produção incluindo avaliação de obras já é uma realidade consagrada no setor. O próximo passo será a revisão da norma brasileira de lajes alveolares.

Além do cisalhamento, foram realizados também ensaios de flexão, cujos resultados estão sendo analisados, sendo que as conclusões serão objeto de matéria em próximas edições desta revista. ♦

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (01) Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (2007). NBR-9062:2006, Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro.
- (02) Comité Européen de Normalisation, CEN (2005). EN 1168:2005, Precast concrete products – Hollow core slabs. Brussels.
- (03) Fédération Internationale de la Précontrainte, FIP (1992). Guide to good practice: Quality assurance of hollow core slab. London.
- (04) Fédération Internationale du Béton, FIB (CEB-FIB) (2000). Guide to good practice: Special design considerations for precast prestressed hollow core floors. Lausanne.
- (05) FERNANDES, N.S. (2007). Cisalhamento em Lajes Alveolares Pré-Fabricadas de Concreto Protendido: Ensaio de Apoio Padrão para Controle de Qualidade. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. São Carlos, SP.



## Palestrantes do exterior apresentam soluções para a construção civil sustentável

Fábio Luís Pedroso

O tema da sustentabilidade na construção civil foi um dos destaques na programação do 49º Congresso Brasileiro do Concreto, ocorrido em Bento Gonçalves, de 1 a 5 de setembro de 2007. Todos os palestrantes que abordaram o assunto foram unânimes em afirmar sua confiança na tecnologia do concreto como parte da solução para os problemas relacionados ao meio ambiente, inclusive o aquecimento global.

O engenheiro Ramón Carrasquillo, Prof. da University of Texas, em Austin,

nos Estados Unidos, ressaltou os aspectos positivos da indústria da construção relativamente ao desenvolvimento sustentável ao mostrar a relação entre o avanço na pesquisa e na tecnologia do concreto e de seus métodos construtivos e o melhoramento da qualidade de vida da população em geral. Ele argumentou que o advento do concreto de alto desempenho, do concreto reforçado com fibras, do concreto compactado com rolo, dos pré-fabricados de concreto, do uso de materiais recicláveis possibilitou um



Engenheiro Ramón Carrasquillo aborda as construções sustentáveis



Professor Mehta responde perguntas da platéia

avanço na vida de serviço da obra, reduziu a necessidade de manutenção, aumentou a segurança e durabilidade das estruturas, reduziu os custos e consumo de energia e tornou as construções mais rápidas, menos barulhentas e mais bonitas, benefícios para a qualidade de vida das pessoas e para a conservação do meio ambiente. "A indústria da construção é um movimento não apenas industrial, mas também social e cultural, que afeta todos os aspectos fundamentais da vida das pessoas", delineou.

Um requisito fundamental para a sustentabilidade na construção civil é a durabilidade do concreto. A durabilidade é a capacidade para resistir à ação do tempo, aos ataques químicos, à abrasão e a qualquer outro processo de deterioração. É um parâmetro que assegura a vida útil da estrutura, ou seja, por quanto tempo uma obra vai servir ao propósito para o qual foi edificada. Quanto mais durável uma obra, menor é o uso de recursos naturais e de energia para a produção de cimento e de concreto, materiais que servirão para construção de nova obra para substituí-la.

Estudos têm sido feitos para aumentar a durabilidade das construções em concreto. Esta é fundamentalmente dependente da qualidade do concreto, caracterizada pela proporcionalidade adequada entre sua resistência mecânica (que assegura a estabilidade da estrutura), sua

consistência (parâmetro da trabalhabilidade do concreto) e sua homogeneidade (relativa à compacidade do material). O processo que cuida das melhores proporções dos materiais constituintes da pasta de concreto para assegurar sua qualidade é a dosagem. Ele leva em consideração a relação água/cimento, a qualidade do cimento, a temperatura ambiente, os meios tecnológicos disponíveis, dentre outros fatores.

"A importação dos métodos de dosagem de países onde os materiais, o clima e nível tecnológico são diferentes tem implicado em diferenças substanciais nos resultados técnicos e econômicos dos concretos obtidos", alertou o engenheiro Vitervo O'Reilly, presidente da Comissão do Cimento e do Concreto de Cuba, em sua palestra "A dosagem do concreto e sua influência na durabilidade".

Ele recomendou aos congressistas que o concreto de boa qualidade deve:

- ◆ Ter porosidade menor do que 10%;
- ◆ Ter a menor relação água/cimento possível, obtida através do uso de aditivos;
- ◆ Empregar cimentos que garantam um pH ótimo;
- ◆ E o tamanho do agregado que resulte em baixa permeabilidade.

O engenheiro Pedro Castro, pesquisador do Centro de Investigação e de Estudos Avançados do Instituto Politécnico Nacional do México (CINVESTAV), trouxe também os

estudos desenvolvidos em seu país sobre a durabilidade das estruturas de concreto. Segundo ele, o problema da durabilidade necessita de uma definição mais clara e ampla, embasada numa abordagem holística que considere os diferentes materiais que compõem o concreto e os usos e reparos da estrutura, assim como as ações do meio sobre elas. A metodologia proposta por ele para prever a vida útil de uma estrutura de concreto divide seu tempo em sete estágios:

- ◆ **1º estágio:** planejamento da construção sob o ponto de vista da arquitetura, estrutural e da durabilidade;
- ◆ **2º estágio:** execução da estrutura, que exige adequada supervisão e acompanhamento das especificações do projeto;
- ◆ **3º estágio:** primeiro dia de serviço da obra – acompanhamento;
- ◆ **4º estágio:** tempo que se estende do primeiro dia ao momento em que o ambiente inicia seu processo de deterioração – acompanhamento;
- ◆ **5º estágio:** tempo de prorrogação da vida útil a partir do adequado tratamento da estrutura – acompanhamento;
- ◆ **6º estágio:** período onde houve a necessidade de se definir mudanças no uso da estrutura – acompanhamento;
- ◆ **7º estágio:** início do colapso da estrutura – acompanhamento.

As mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global é o assunto mais importante relacionado à sustentabilidade. O relatório 2007 do Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (IPCC) afirma categoricamente que o aquecimento global é processo em curso, disparado pelas atividades humanas relacionadas ao uso de combustíveis fósseis (carvão e petróleo).

Desde 1950, a temperatura terrestre vem crescendo e os cientistas atribuem essa elevação à concentração progressiva de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera da Terra. Por isso, o documento do IPCC pede como medida urgente a redução das emissões mundiais de gás carbônico aos níveis dos anos 90.

Segundo a comunidade científica, a frequência e intensidade maiores de tempestades, inundações, ciclones, furacões e secas, o aumento na temperatura das águas oceânicas e o conseqüente degelo das geleiras e aumento do nível dos oceanos, além de outras disfunções nos ecossistemas, são efeitos imediatos e visíveis das mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global. Por isso, o assunto é uma constante na mídia e nas discussões científicas e governamentais.



Professor Pedro Castro fala sobre durabilidade

A indústria do concreto contribui com uma parte das emissões de gás carbônico para a atmosfera. De acordo com estimativas de 2005, a produção mundial de 17 bilhões de toneladas de concreto foi responsável pela emissão de 1,7 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, por conta, principalmente, da produção do clínquer. Para se ter idéia da dimensão do problema, estima-se que os automóveis emitam 1,5 bilhão de toneladas de gás carbônico por ano.

Para que a indústria do concreto seja reconhecida futuramente como ecologicamente correta e se enquadre no Protocolo de Kyoto – o documento, assinado por 141 países, estabelece que as emissões de gases do efeito estufa em 2020 estejam 6% abaixo dos níveis de 1990 –, ela precisará lançar mão de medidas para assegurar menos emissões na produção do concreto. “As ferramentas para a redução das emissões de dióxido de carbono já existem. Basta que indústria se conscientize do problema e comece a usá-las”, enfatizou o engenheiro Kumar Mehta, professor de engenharia civil da Universidade de Berkeley (Estados Unidos), em sua palestra no 49º CBC 2007.

Segundo ele, estas ferramentas são:

- ◆ A preocupação com a durabilidade das obras, seja no desenvolvimento de projetos inovadores, ou no uso de concretos de maior qualidade, ou ainda na extensão da vida útil das estruturas com sua manutenção e reparação. Tais medidas diminuiriam o consumo anual de concreto.
- ◆ A disseminação do uso do concreto verde, concreto que apresenta pouca retração e, conseqüentemente, que possui menor fissuração, sendo mais resistente aos processos de deterioração. Como exemplo de concreto verde, Metha citou o concreto com alto teor de cinza volante (HVFA).
- ◆ A redução do uso do clínquer na produção de cimento, por meio de sua substituição por materiais complementares, como os pozolânicos.

“As emissões de gases do efeito estufa provenientes da produção de clínquer poderão cair para os níveis dos anos 90 lá pela década de 2020, se: reduzirmos o consumo global de concreto; reduzirmos a quantidade de água usada no concreto; e diminuirmos a proporção de clínquer no concreto”, reafirmou confiante Mehta. ◆



## IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CONCRETOS ESPECIAIS

22 a 24 de Maio de 2008 | Sobral, Ceará

### OBJETIVOS

- Promover a divulgação de novos conhecimentos sobre a tecnologia do concreto que se caracterizam por possuírem propriedades diferenciadas
- Ampliar os conhecimentos sobre os materiais componentes dos concretos especiais, suas características e propriedades, assim como divulgar as possibilidades de suas aplicações, contribuindo para a melhoria da qualidade e durabilidade das obras em concreto

### INFORMAÇÕES

**FONE | FAX:** (88) 3611 6796

**E-MAIL:** [sinco2008@yahoo.com.br](mailto:sinco2008@yahoo.com.br)

**SITE:** [www.sobral.org/sinco2008](http://www.sobral.org/sinco2008)

### REALIZAÇÃO

**IBRACON** Instituto Brasileiro do Concreto

**IEMAC** Instituto de Estudos dos Materiais de Construções

**UVA** Universidade Vale do Acaraú

# Ponte da integração Brasil-Peru

Hideki Ishitani

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Rui Nobhiro Dyamada, Iberê Martins da Silva

Outec Engenharia

Este trabalho tem o objetivo de divulgar o projeto da Ponte da Integração Brasil - Peru sobre o Rio Acre. Trata-se da primeira ponte construída no Brasil com protensão no extradorso, sendo parte integrante da Rodovia Interoceânica, ligando as cidades de Assis-Brasil (BRA) e Iñapari (PER).

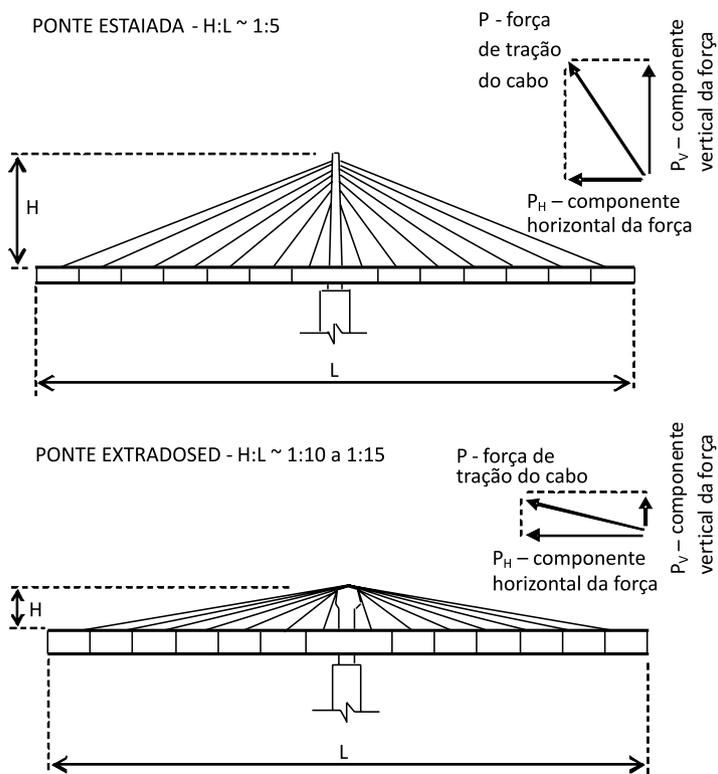
A Interoceânica permitirá a ligação dos oceanos Atlântico (via Brasil) ao Pacífico (via Peru e Bolívia). Esta rodovia é um dos mais importantes projetos entre os 31 selecionados pelo programa IIRSA - Iniciativa de Integração da Infra-estrutura da América do Sul, cujos eixos de integração foram definidos na Cúpula

de Cuzco, em dezembro de 2004. Ela facilitará o escoamento da produção do Brasil, Peru e Bolívia, permitindo a integração da América do Sul com os mercados da América Central, México, da costa Oeste dos Estados Unidos, China, Sudoeste Asiático e Oceania. Ao reduzir os custos de transporte de mercadorias e permitir maior crescimento econômico com a geração de renda e de novos postos de trabalho, o empreendimento trará benefícios diretos e imediatos para a região sul peruana, para o norte e centro-oeste brasileiros e para o oeste da Bolívia. Além disso, irá favorecer a criação de uma área de controle de fronteira

e estimulará o turismo local. A estrada terá 1.009 km entre a cidade de Iñapari, no Peru (cidade fronteira com o Brasil pelo estado do Acre) e os portos marítimos de Ilo, Matarani e San Juan (Peru). Quando concluída, a Interoceânica terá extensão total de 2.600 km, sendo que os 1591 km no território brasileiro nos estados do Acre, Rondônia e Mato Grosso já estão finalizados.

A Ponte da Integração Brasil-Peru sobre o Rio Acre foi uma obra financiada pelo DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, sendo administrada pelo

Figura 1 – Relação de altura da torre por vão sustentado



DERACRE - Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Acre com construção a cargo do consórcio formado pelas construtoras EDITEC e CIDADE. A ponte comporta duas pistas, cada qual com duas faixas de tráfego, com passarelas laterais para pedestres. O projeto executivo da obra, de autoria da OUTEC Engenharia, consiste na primeira ponte *extradosed* (dotada de protensão no extradorso) no Brasil.

### Ponte de Protensão no Extradorso

O termo “*Extradosed Prestressed Bridge*” foi utilizado pela primeira vez pelo consultor francês de renome internacional Jacques Mathivat, em 1988. A primeira ponte *extradosed* construída foi a *Odawara Blueway Bridge* na cidade de Odawara ao sudoeste de Tóquio – Japão em 1995, com vãos laterais de 74 m e vão central de

122 m. Hoje, além de vários projetos executados no Japão e Coréia do Sul, as pontes *extradosed* começam a ser discutidas em eventos internacionais e adotadas como base para projetos, assim como a nova *Pearl Harbor Memorial Bridge* em New Haven – EUA. Num primeiro contato,

a ponte *extradosed* parece ser uma pequena ponte estaiada com torres baixas; porém, é mais apropriado considerá-la uma modificação da ponte em viga de concreto protendido, pois, apresentando uma relação de altura da torre para vão sustentado (H:L) entre 1:10 e 1:15, quando uma ponte estaiada convencional apresenta relação da ordem de 1:5 (Figura 1), confere a seus cabos posicionados na torre ângulos em torno de 10° a 20°, de modo que há grande preponderância da componente horizontal da

Figura 2 – Vista longitudinal e cortes transversais

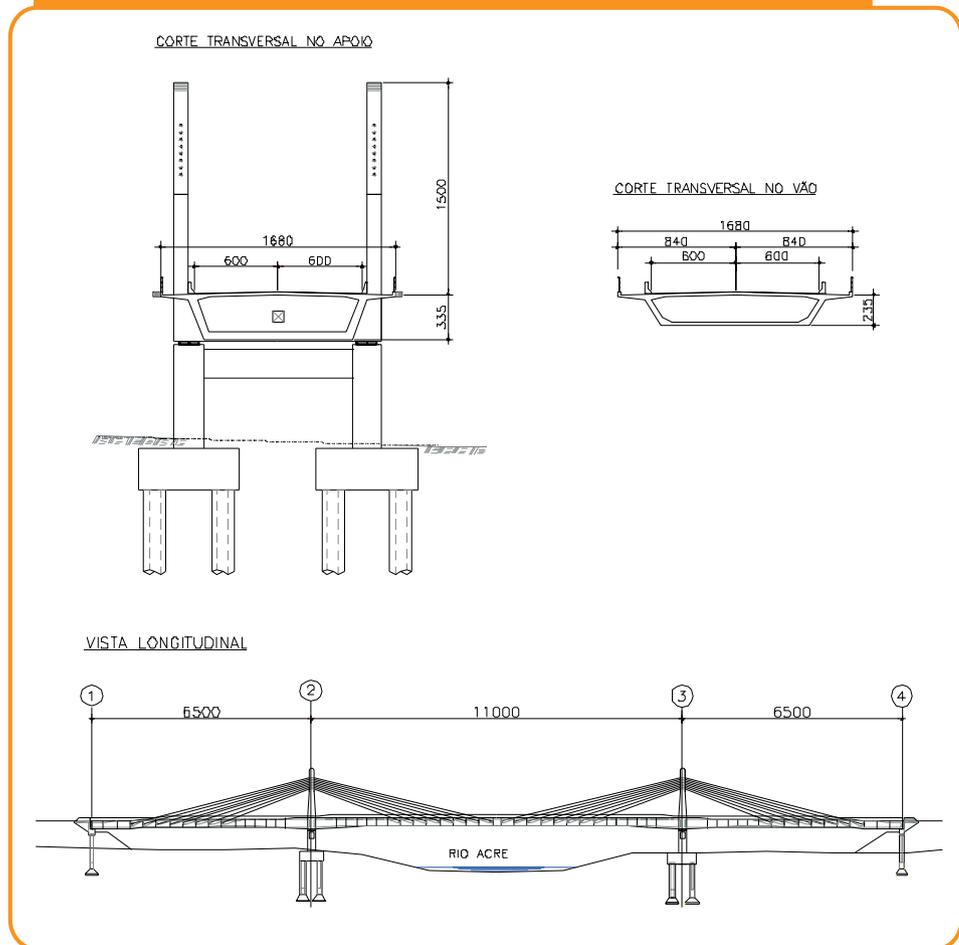


Figura 3 – Construção pelo método dos balanços sucessivos



Figura 4 – Construção pelo método dos balanços sucessivos

força introduzida pelo cabo, caracterizando mais uma protensão externa do que um estai.

O vão livre de uma ponte *extradosed* apresenta usualmente valores entre 100 m e 200 m, parâmetro próximo da ponte em viga de concreto protendido; contudo possibilita a redução da altura da viga principal. As torres mais baixas representam maior facilidade de execução do que uma ponte estaiada, além de poderem ser uma imposição no caso de gaba-

rito de aviação na região. A flutuação de tensão nos cabos é menor do que em estais e, uma vez que é dispensável o ajuste de forças nos cabos, elimina a necessidade de ancoragens especiais e possibilita a adoção de ancoragens do tipo sela (desviador) na torre. Para o dimensionamento dos cabos externos pode-se utilizar tensão limite de fadiga da ordem de  $0,60.f_y$  contra a usual  $0,45.f_y$  de uma ponte estaiada.

Aliando a estas vantagens o apelo visual de uma forma estética que consegue interagir tanto com um ambiente natural como urbano, a ponte com protensão no extradorso (*extradosed*) passa a ser uma alternativa interessante para a concepção de novos projetos de pontes.

Ainda no estado do Acre encontra-se a segunda ponte deste tipo, a Terceira Ponte de Rio Branco sobre o rio Acre com vãos laterais de 54 m e vão central de 90 m, que faz parte do Contorno Rodoviário da cidade.

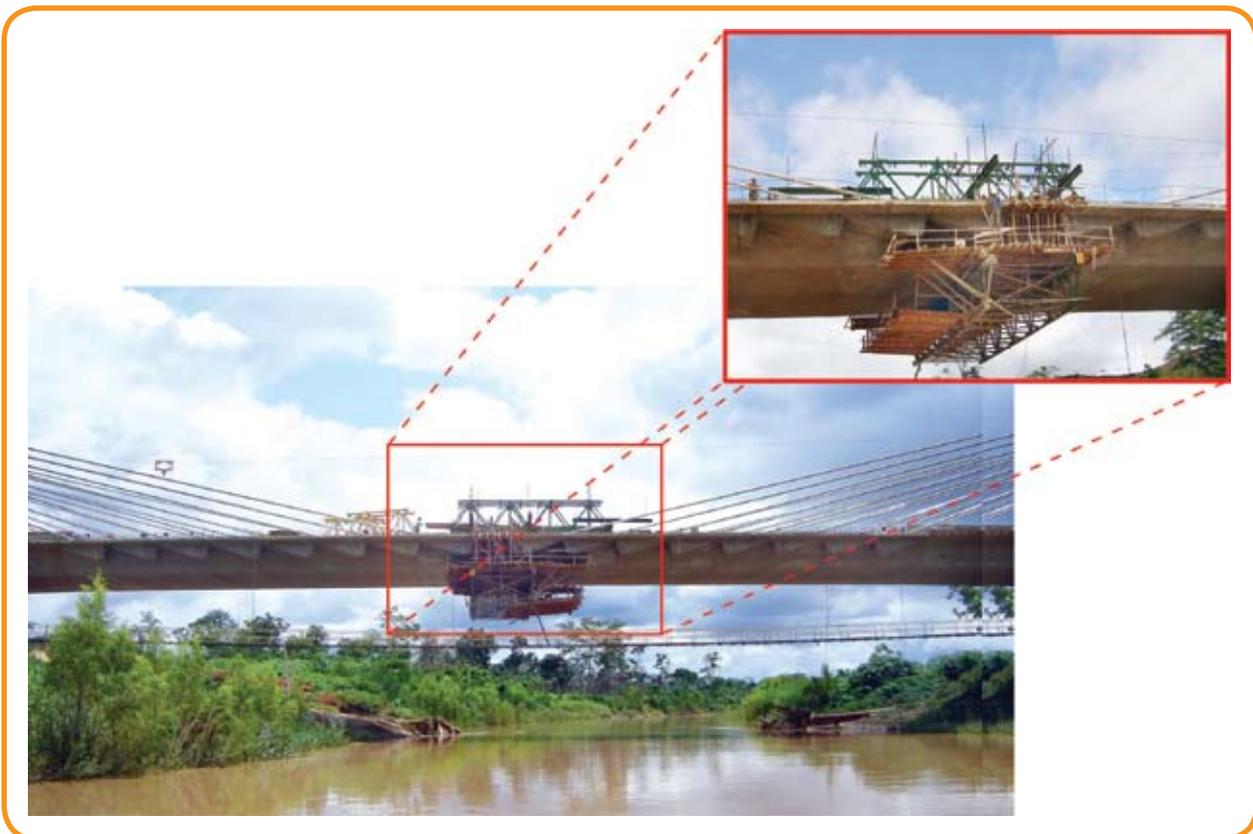


Figura 5 – Aduela de Fechamento

## Ponte da Integração Brasil-Peru

**Ponte da Integração Brasil-Peru – Infra e Meso-estrutura:** os pilares centrais têm cerca de 6,0 m de altura e são apoiados em blocos dotados de 4 tubulões com diâmetro de 1,6 m, escavados a ar comprimido utilizando camisa de concreto, sendo que a camada de assentamento das bases foi encontrada

por volta de 18,0 m de profundidade. Nos encontros, dois pilares nascem na cota do terreno natural, atravessando a camada de aterro para dar apoio à travessa, cortina, muros de ala e laje de aproximação. Cada um destes pilares possui bloco de fundação com 2 tubulões com diâmetro de 1,4 m, escavados a ar comprimido utilizando camisa de concreto, com comprimento médio de 18,5 m. As ligações com a superestrutura são feitas por meio de aparelhos de apoio metálicos tipo panela, que permitem movimentações horizontais e angulares.

**Ponte da Integração Brasil-Peru – Superestrutura:** o tabuleiro desta ponte possui comprimento total de 240 m, subdividido em três vãos contínuos de 65 m, 110 m e 65 m, com largura de 16,8 m. Além da protensão interna, a ponte conta com cabos externos protendidos no extradorso apoiados em torres laterais com 15,0 m de altura, posicionados entre 8,5 m e 12,0 m acima do tabuleiro e formados por 17 cordoalhas com diâmetro de 15,7 mm produzidas com aço CP173RB, que recebem três camadas de proteção contra a corrosão: galvanização dos fios a quente, filme de cera de petróleo e revestimento de PEAD (polietileno

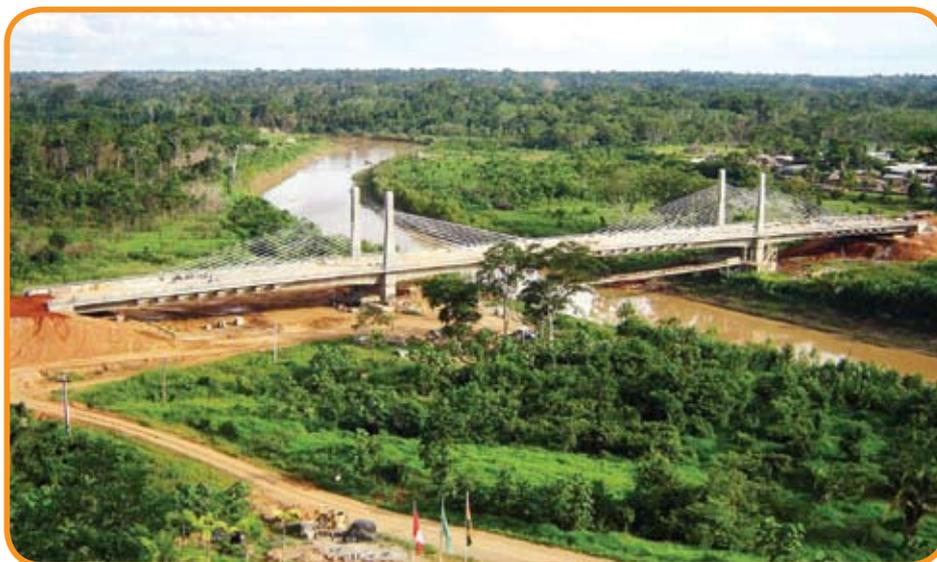


Figura 6 – Ponte da Integração Brasil-Peru sobre o rio Acre

de alta densidade). Os cabos são envolvidos numa bainha de PEAD e protegidos até uma altura de 2,5 m do tabuleiro com tubos anti-vandalismo de aço galvanizado. O tabuleiro é formado por viga unicelular de concreto protendido, que tem altura constante de 2,35 m na região dos cabos externos e variável até 3,35 m na proximidade dos apoios centrais, associada a vigas transversinas espaçadas de 3,9 m que servem de apoio para a treliça de lançamento (a ponte foi construída pelo método dos balanços sucessivos), além de travamento nos pontos de inserção dos cabos externos. No dimensionamento da viga longarina, para o estado limite de serviço foi adotada a protensão limitada, ou seja, a verificação do estado limite de formação de fissuras para a combinação freqüente de ações e de descompressão para a combinação quase-permanente de ações. A modelagem computacional para o cálculo estrutural seguiu as fases da obra de modo a dar subsídio para o controle de flechas na construção das aduelas, proporcionando um greide com contra-flecha para combater os efeitos de deformações diferidas e um fechamento sem discrepâncias significativas. ◆

### PONTE DA INTEGRAÇÃO BRASIL-PERU – DADOS RELEVANTES

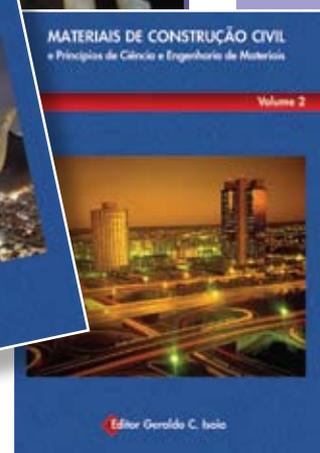
- ◆ vão principal: 110 m
- ◆ comprimento total: 240 m
- ◆ relação altura da torre\* – vão principal: 1/9
- ◆ relação altura da longarina no vão – vão principal: 1/47
- ◆ relação altura da longarina no apoio – vão principal: 1/33
- ◆ consumo de concreto C35 (superestrutura): 3.160 m<sup>3</sup>
- ◆ consumo de aço CA50 (superestrutura): 415.000 kg
- ◆ consumo de aço CP190RB: 79.000 kg
- ◆ consumo de aço CP173RB: 58.500 kg
- ◆ inauguração: 21/01/2006

\* altura efetiva, considerando altura até último cabo.



Professor Geraldo Isaia no lançamento do Livro de Materiais

## Livro de Materiais de Construção Civil é lançado no 49º Congresso Brasileiro do Concreto



Fábio Luís Pedroso

Em uma noite agradável com coquetel e show artístico oferecido pela ArcelorMittal na Cave de Pedra, em Bento Gonçalves, no dia 2 de setembro, foi lançado oficialmente o livro *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*, organizado e editado pelo professor Geraldo Cechella Isaia, titular da Universidade Federal de Santa Maria e presidente do Comitê Técnico IBRACON de Materiais de Construção (CTMAT).

O livro vem atender uma demanda existente no país por uma obra didática sobre materiais de construção civil, escrita por profissionais

brasileiros, referenciada na engenharia nacional e que aborda os avanços e inovações ocorridas no setor nos últimos 30 anos, para ser adotada em cursos de graduação e pós-graduação das escolas de Engenharia e Arquitetura e como livro de consulta para os profissionais envolvidos com projeto, execução e reparação de obras civis.

“O livro vem preencher uma enorme lacuna do ensino nacional, que, há anos, solicita material adequado e completo de referência, que contemple as normas brasileiras e os procedimentos da engenharia nacional. A obra aborda, de maneira didática, todo o ciclo de

conhecimentos necessários para a utilização dos materiais na construção civil, trazendo as recentes inovações tecnológicas no campo dos materiais”, esclareceu às mais de 500 pessoas presentes à cerimônia o então presidente do IBRACON e idealizador do projeto, professor Paulo Helene.

A escolha do professor Isaia para ser o editor da obra foi norteada por sua vasta experiência no campo dos materiais para construção – quatro décadas de ensino e pesquisa. Pesou também o sucesso de sua empreitada anterior – a edição do livro “Concreto: ensino, pesquisa e realizações”, realizada dois anos antes.

Segundo o editor, sua militância no campo dos materiais facilitou a escolha dos autores, mas, devido à abrangência do projeto, foi necessário recorrer à consulta por pesquisadores na Plataforma Lattes do CNPq. “O critério adotado foi que os autores tivessem o título de doutor, sempre que possível, e que exercessem o ensino e a pesquisa na área de materiais para construção civil”, explica.

Editado em dois volumes, o livro trata, em seu 51 capítulos, dos diferentes aspectos relacionados aos Princípios de Ciência dos Materiais e aos Materiais de Construção. Vale

destacar: os critérios de projeto para a seleção de materiais; as estruturas atômica e molecular, os fenômenos de superfícies e interfaces, a mecânica das fraturas e as principais propriedades dos materiais clássicos, modernos e inovadores; o impacto dos materiais de construção no meio ambiente, com uma seção dedicada exclusivamente aos materiais sustentáveis; e os materiais não-estruturados para a construção, com vistas a resolver num futuro próximo os problemas de corrosão, degradação e de aumento da vida útil das obras. O compêndio contou com a colaboração voluntária de 85 especialistas, entre professores das mais destacadas universidades brasileiras e profissionais da indústria da construção.

“Ao organizar o livro, senti-me como um maestro a reger músicos maravilhosos, que produziram, ao invés de música, conhecimento de grande alcance didático, técnico e profissional. O resultado é um valioso instrumento para o ensino e a reciclagem profissional, que esperamos seja muito disseminado e que contribua para aprimorar o setor”, finalizou Isaia. Saiba mais sobre o livro Materiais de Construção Civil no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) e adquira hoje mesmo a obra pela Loja Virtual IBRACON. ♦

## Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais

Adquira o livro Materiais de Construção Civil, a mais recente publicação didática lançada pelo IBRACON. Editado em dois volumes, sob coordenação do Prof. Geraldo Isaia, o livro-texto é referência indispensável para os estudantes de engenharia civil e arquitetura e para os profissionais da construção civil.

### Ficha técnica

- 2 volumes
- 1.700 páginas
- 51 capítulos
- 85 autores
- Capa dura

Acesse o sumário da obra:

[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

### PREÇOS

Não-sócios: R\$ 250,00

Sócios: R\$ 200,00

Estudantes: R\$ 150,00





## Projeto final do curso de engenharia civil na área de estruturas

Justino Vieira  
Justino Vieira-Monica Aguiar Projetos Estruturais Ltda.

### Introdução

A Cadeira de Projeto Final do curso de Engenharia tem importância fundamental na formação do futuro profissional; entretanto, para que sua contribuição tenha êxito, deve

ser objeto de cuidadosa reflexão por parte dos docentes que lidam com a disciplina devido às peculiaridades de seu formato, metodologia e objetivos.

Minha vivência com o assunto se deve à oportunidade de orientar, há muitos anos, inúmeros projetos finais na Escola de Engenharia.

ria da Universidade Federal Fluminense (Rio de Janeiro - RJ) no âmbito do Setor de Estruturas do curso de Engenharia Civil. No exercício de tal função, tive chance de observar algumas iniciativas bem-sucedidas, e, por outro lado, outras tantas rotinas que, a meu ver, frustram o enorme potencial de formação que esta Cadeira permite.

Durante um memorável ciclo de palestras que o Clube de Engenharia promoveu na cidade do Rio de Janeiro no final da década de 70, quando representantes de cursos de Engenharia de diversos países percorreram sobre suas experiências pedagógicas, ficou muito claro o papel relevante do Projeto Final salientado por vários professores, sendo marcante o caso relatado pelo representante da Engenharia Naval da Holanda. Ele salientou que o grau de complexidade e aprofundamento do Projeto Final de seus alunos era tal que sua conclusão em bons termos se tornava o maior desafio aos futuros formandos. Ainda que com ambições mais modestas, o esmero na condução desta Cadeira revelase um importante item da qualidade de um Curso de Engenharia.

### Objetivo

A Cadeira de Projeto Final pretende dar ao aluno a oportunidade de desenvolver, em ambiente acadêmico, um trabalho que busque a maturidade de quem, em breve, será cobrado um bom desempenho profissional.

Idealmente, deve permitir o exercício de uma série de conhecimentos preliminares que, encadeados, propicie a solução satisfatória de uma pesquisa na área de interesse do aluno.

### Metodologia

A metodologia geralmente adotada consiste na escolha de um tema que satisfaça, simultaneamente, aluno e orientador e que será desenvolvido e debatido ao longo do período letivo.

Nota-se, prontamente, que o processo de aprendizado é aquele que se conhece como Tutorial, no qual as dúvidas e anseios de aprendizado do aluno emulam a intervenção do Orientador. Tal processo exige e envolve um razoável grau de maturidade do orientando, o que é altamente compatível com o caráter da Cadeira.

Por fim, há a apresentação. Minha impressão é que quanto mais ritualizada e formal forem as circunstâncias da apresentação, mais formativa será a experiência, dando ao aluno a possibilidade e o desafio de expor seu trabalho com convicção e desembaraço.

### Temas de Projeto

Na área de Estruturas tenho percebido três categorias de temas que despertam maior interesse. Inicialmente, há alunos que se dedicam à pesquisa de determinado assunto de abrangência bem focada e específica. Nesta categoria, cheguei a orientar trabalhos comparativos entre estruturas de prédios com alvenaria convencional e de gesso acartonado. Um tema bastante estimulante foi o estudo de critérios de retirada de escoramento considerando a evolução do concreto no que tange à resistência e deformabilidade. Outro, de caráter mais teórico, estudava o comportamento de vigas de fundação em radier assentes sobre diferentes tipos de solo.

Como se pode notar, esta vertente de Projeto exige um aluno com vocação para a pesquisa e que, por alguma oportunidade prévia, notadamente Estágio, adquiriu maturidade para se envolver com um tema de certo refinamento conceitual. Possivelmente, será futuro candidato a um curso de Mestrado.

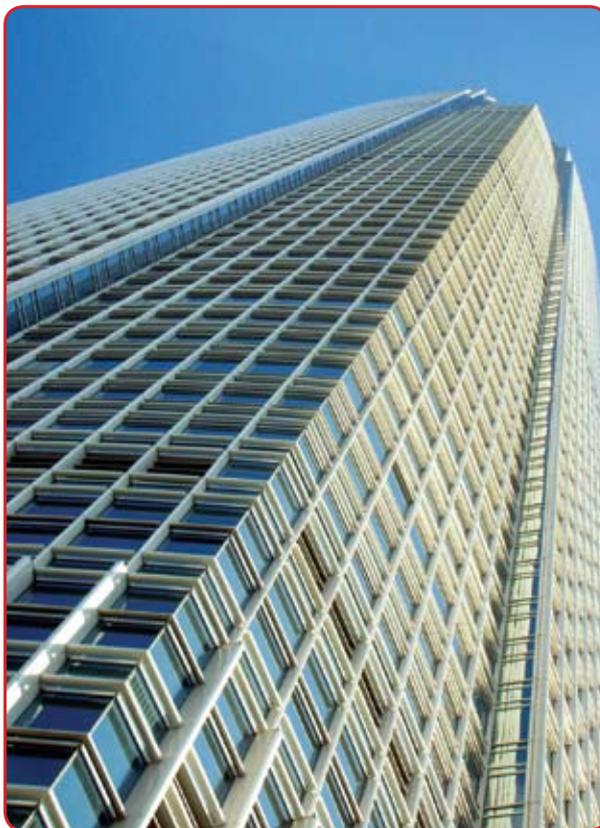
Uma segunda categoria de trabalho seria aquela que visa desenvolver “o projeto completo de uma estrutura”. Tal tema é o mais desejado pelos alunos, demonstrando a compreensível busca de uma visão abrangente que reúna as informações segmentadas das diversas disciplinas. Não é raro mesmo que, como a Cadeira se desenvolve ao longo de dois períodos, o aluno eleja como tema consecutivo o projeto das instalações ou o planejamento da execução da edificação anteriormente estudada sob a ótica estrutural. O tema é tão recorrente – tantas vezes fiz parte de bancas de Projeto Final onde era apresentado “o projeto completo de uma residência” – que sempre me lembrava do olhar irônico e impaciente do inesquecível Ary Barroso ao escutar do décimo calouro da noite que ia cantar... “Granada”.

Creio que, embora o assunto seja válido e formativo, guarda, entretanto, algumas armadilhas. Caso não haja uma intervenção segura do Orientador, muitas vezes o aluno desenvolve o “projeto completo de uma residência” simplesmente modelando a res-

pectiva estrutura em um programa comercial, freqüentemente com origem similar a um DVD de "Tropa de Elite", e reúne a copiosa saída de relatórios do Programa como resultado do Projeto. Sugiro que seja sempre pedido o dimensionamento manual de dois ou três exemplares de cada tipo de peça estrutural para "conferir o que o Programa detalhou". Mais importante ainda é a crítica aos relatórios gerados pelo Programa, feita conjuntamente por Orientador e aluno, de forma a despertar neste a pungente necessidade de, invariavelmente, estabelecer uma visão crítica dos resultados obtidos via computacional.

Por fim, há uma possibilidade de Projeto Final que tive a oportunidade de sugerir e que muito me entusiasma. Programas de análise, dimensionamento e detalhamento estrutural se tornaram tão recorrentes nos dias atuais que, na maioria das vezes, os envolvidos no processo de ensino, alunos e professores, se esquecem que sem Projeto, concepção estrutural e criação, não há Engenharia. Sem isso, não se exerce o verdadeiro talento do Engenheiro: a engenhosidade, incrustada na etimologia do próprio nome de sua profissão. É irônico observar a obviedade de que, com um Projeto medíocre, o melhor Programa do mundo calculará, dimensionará e detalhará algo... igualmente medíocre.

Pois a proposta de Projeto a que me refiro consiste em apresentar ao aluno sucessivas arquiteturas de edificações, com grau crescente de dificuldade, e solicitar-lhe que proponha solução estrutural para as mesmas. Da mesma forma que é impressionante como, freqüentemente, no início da empreitada, o aluno não consegue sequer entender a arquitetura proposta, é também estimulante perceber a evolução ao longo de um mesmo projeto, bem como dos sucessivos estudos. É fundamental que cada proposta apresentada seja comentada e criticada,



inicialmente visando sua mera viabilidade e, posteriormente, sua otimização.

A evolução do trabalho se dá muito mais pela elaboração da dúvida presente na mente do próprio aluno do que por aquilo que o Orientador verbera e prega em termos de adequação estrutural.

Cabe salientar que as oportunidades de lançar e propor soluções estruturais são espaçadas no início da carreira, dependendo de uma série de circunstâncias. O que esta proposta visa é acelerar, em ambiente assistido, esta vivência de forma a capacitar o aluno a empreendê-la com sucesso já nos primeiros anos de sua vida profissional, ajudando-o a formar uma "biblioteca de soluções" que, com o passar do tempo, se ampliará e sofisticará.

Em um segundo momento, passa-se à tarefa de pré-dimensionamento de algumas destas propostas que também consiste em um trabalho necessário para acionar o tal melhor programa do mundo... Nesta fase, fica muito claro o caráter interdisciplinar da proposta, que corresponde exatamente ao cerne da Cadeira de Projeto Final. Os resultados são estimulantes e extremamente compensatórios, posso assegurar.

## Conclusões

O Projeto Final dos Cursos de Engenharia é um importante instrumento de formação do futuro Engenheiro, ajudando a desenvolver um acentuado aprimoramento cognitivo e comportamental do aluno.

Especificamente na área de Estruturas, pode apresentar opções de pesquisa focada em temas específicos, projetos abrangentes de disciplinas convergentes, ou ainda o estímulo à função mais nobre do Engenheiro: exercer sua engenhosidade criativa. ♦



## Especialistas apresentam as boas práticas para construção e manutenção de obras

Fábio Luís Pedroso



Mesa do Painel Cura do Concreto

Educar o mercado da construção civil para as boas práticas de construção e manutenção de obras civis é o objetivo principal do Congresso Brasileiro do Concreto. Em sua 49ª edição, o evento propôs dois temas muito relevantes para o mercado: a cura do concreto e a recuperação de estruturas.

A cura tem implicação direta na qualidade, segurança e durabilidade de uma obra de concreto. São diversos os procedimentos de cura, com seus custos e benefícios, mas todos consistem em manter a área recém-concretada úmida por um período de tempo, para evitar a perda excessiva

de água. Conseqüências de obras não curadas ou insuficientemente curadas, as fissuras em lajes e vigas podem acarretar enormes dores de cabeça para os proprietários, com diminuição da durabilidade da estrutura, inclusive o aumento anormal das flechas com seus prejuízos estéticos, psicológicos e de durabilidade. "A falta de cura resulta numa obra de má qualidade com pior resistência à tração, com estruturas mais deformáveis e de baixa segurança", ensinou o engenheiro Ricardo Leopoldo França, professor da Escola Politécnica da USP e palestrante no Painel de Assuntos Controvertidos "A cura do concreto".



Engenheiro Jorge Batlouni apresenta visão da construtora sobre o tema

O assunto é tido como controverso não porque existem dúvidas quanto aos benefícios da cura para a obra, mas porque a importância do procedimento de cura não está devidamente consolidada no mercado. "Fazer cura é chato, pois o ambiente molhado resultante não é adequado para o trabalho do carpinteiro; por isso, uma parte das cons-

trutoras não faz", observou o palestrante Jorge Batlouni Neto, da Tecnum Construtora. "É urgente mostrar a deficiência da cultura construtiva em nosso país, numa campanha capaz de convencer o engenheiro de obra da importância da cura para a qualidade da edificação", completou França.

O engenheiro Arcindo Vaquero y Mayor, da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC), coordenador do painel, trouxe aos congressistas um estudo onde fica demonstrado que, para diferentes relações de água/cimento do concreto, a resistência deste aumenta com um período maior para a cura. "A cura deve ser iniciada tão logo terminada a concretagem e a área concretada deve ser mantida úmida por, no mínimo, sete dias", alertou. Segundo Batlouni, a NBR 14931 postula como condição mínima para a interrupção da cura a resistência à compressão do elemento estrutural de 15MPa. Para o enge-



Engenheiro Pepe Isquierdo em sua apresentação

nheiro Paulo Fernando, da Concremat, o período de cura pode variar de 1 a 3, de 5 a 7, e de 8 a 14, dependendo do ambiente onde está localizada a obra. “Eu gostaria que a cura fosse feita por 20 dias”, rebateu França.

São muito variados os procedimentos da cura do concreto, conforme suas aplicações. O mais conhecido é a lâmina de água, que consiste em molhar a laje concretada algumas vezes ao dia, de modo a manter essa lâmina de água sobre o concreto. É um procedimento utilizado em lajes, de fácil execução, mas que requer monitoramento constante em climas quentes e secos. Uma versão mais avançada desse procedimento é a aspersão, que consiste em implantar irrigadores na área concretada, mantendo-a regularmente molhada. A técnica do recobrimento, que consiste em cobrir a superfície com material que se mantenha úmido é especialmente recomendada para a cura de pilares. Por fim, a cura química, a aspersão de uma substância no concreto capaz de reter a água contida nele, é procedimento voltado para grandes áreas concretadas, porque não exige a aplicação repetitiva. “O produto que faz a cura química precisa passar pelo teste da norma ASTM C 309. O construtor precisa estar atento às especificações dessa norma, sob a pena de comprar uma água suja e cara, que não se prestará a curar devidamente o concreto”, interveio Paulo Fernando. “No caso do uso de mantas, é recomendável o uso de lonas plásticas e brancas, capazes de proteger do calor, evitando perda excessiva de água e a conseqüente fissuração”, completou.

Independentemente da técnica adotada, o custo da cura no valor total da estrutura de uma obra é muito baixo, na visão de Batlouni. Segundo ele, seu custo é da ordem de 0,6% do custo total.

O painel foi encerrado com a proposta de se formar um grupo de trabalho para elaborar uma Prática Recomendada IBRACON sobre Cura do Concreto.



Engenheiro Raul Husni

## Recuperação de estruturas

Uma obra de má qualidade apresentará certamente elementos estruturais deteriorados no curto e médio prazo, que exigirão sua substituição para que a estrutura continue a desempenhar a função para a qual foi projetada. As causas da deterioração são a corrosão das armaduras, a reação álcali-agregado, o ataque químico do meio ambiente, dentre outros fatores. O concreto é capaz de resistir por longo tempo a estes fatores, se for adequadamente preparado.

Uma pesquisa da British Cement Association constatou que as falhas no projeto e construção que levam à deterioração da estrutura de concreto estão assim distribuídas:

- ◆ 15,8% relativas ao concreto de má qualidade;
- ◆ 13% relativas à incorreta seleção dos materiais;
- ◆ 11,6% relativas à insuficiente cobertura das armaduras;
- ◆ 7,7% relativas às falhas na impermeabilização das juntas;
- ◆ 7,2% relativas à má qualidade dos detalhes de construção;
- ◆ 4,2% relativas à má qualidade da construção;
- ◆ 1,5% relativas aos erros de especificações;

- ◆ 0,5% relativas aos erros no projeto estrutural;
- ◆ 38,5% relativas ao meio ambiente.

“Nos Estados Unidos, estima-se que os proprietários gastem entre 18 e 21 bilhões de dólares anualmente com a reparação, proteção e fortalecimento das obras”, dimensionou o engenheiro Fred Goodwin, pesquisador da BASF Construction Chemicals e palestrante no 49º Congresso Brasileiro do Concreto, acerca do problema.

A reparação é procedimento que objetiva trocar o material deteriorado ou avariado, para recuperar a capacidade estrutural da obra, ou para proteger sua superfície e seus elementos estruturais do meio agressivo, ou ainda para recuperar os requerimentos de durabilidade dos componentes estruturais. O processo envolve a determinação das causas, a remoção dos materiais prejudiciais e a aplicação de materiais apropriados, capazes de estender a vida estrutural da obra. “A técnica da reparação requer uma compreensão da interação entre os componentes existentes na estrutura e os que compõem os materiais de reparação”, explicou o engenheiro Pepe Isquierdo, outro palestrante no evento. Isquierdo já foi presidente do American Concrete Institute (ACI). “A durabilidade da reparação dependerá dos componentes usados na substituição e de que forma estes componentes são expostos na estrutura como um todo”, completou.

Por exigir um conhecimento aprofundado da macroestrutura (permeabilidade pelas fissuras) e da microestrutura do concreto (difusão de agentes químicos), assim como da interação entre os componentes do concreto e do material de reparação, o que demanda profissionais especializados na técnica de recuperação de estruturas, a durabilidade das reparações tem deixado a desejar. Segundo Goodwin, apenas 50% das reparações podem ser consideradas satisfatórios em termos de durabilidade. Os motivos: erros na avaliação do problema e no projeto de reparação; baixo nível da qualidade da construção e de seu controle tecnológico; e uso inadequado de materiais de reparação.

Goodwin apresentou aos congressistas alguns tópicos das normas para avaliação, reparação e reabilitação de edifícios de concreto (ACI 562) e para especificações de reparo (ACI 563). “A reparação exige cuidadoso balanço entre as propriedades dos materiais, custos, vida de serviço e aplicação da obra”, concluiu.

O tema foi abordado ainda por Raúl Husni, professor da Universidade de Buenos Ayres, no que diz respeito às técnicas não-destrutivas para avaliação de estruturas, que apresentou as aplicações do radar e da gamagrafia, técnicas modernas para o levantamento de informações com rapidez, profundidade e extensão, na avaliação do estado de deterioração de estruturas de concreto armado e protendido. ◆

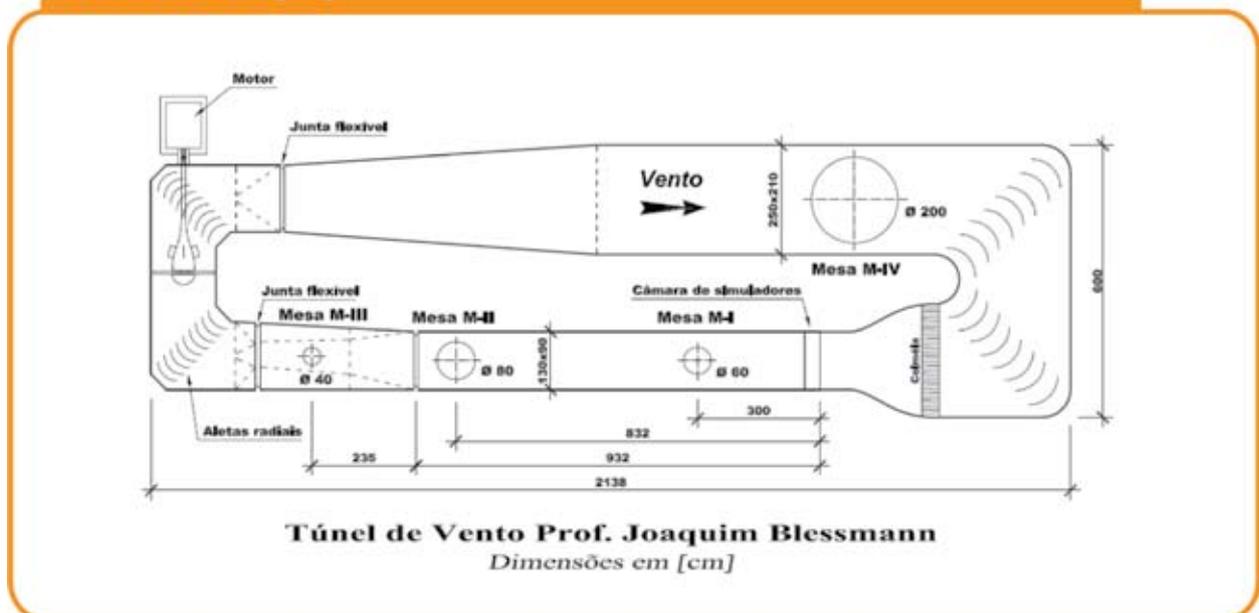


Congressista questiona sobre o tema

## O túnel de vento como ferramenta de projeto

Acir Mércio Loredou-Souza  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Figura 1 – Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann UFRGS.  
Dimensões em [cm]



### 1. Introdução

Existem diversas razões para uma abordagem mais racional e refinada da interação do vento com o ser humano e seu ambiente, e isto inclui sua ação e efeitos sobre as edificações. Sob a ótica da Engenharia Civil, o desenvolvimento de novas formas arquitetônicas e sistemas estruturais, bem como a introdução de uma ampla gama de novos materiais na construção civil e a formulação de recentes metodologias de análise, criaram a demanda para uma descrição mais exata do carregamento devido ao vento. Este fato tem oportunizado o projeto e a construção de edificações não somente mais seguras, como também muito mais otimizadas do ponto de vista econômico.

A ferramenta de trabalho mais eficiente para propiciar a prevenção e reso-

lução dos problemas devidos ao vento é o Túnel de Vento. Pioneiro na América Latina, o Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, é mostrado na figura 1. O equipamento permite a simulação das principais características de ventos naturais na camada limite atmosférica e, aliado ao projeto e execução de modelos reduzidos obedecendo a determinadas condições de semelhança, propicia a correta determinação das pressões atuantes sobre as fachadas e estrutura das edificações.

### 2. Áreas de estudo

O túnel de vento é capaz de resolver problemas nas áreas de:

Figura 2 – Edifícios testados em túnel de vento: Tecnum - E-Tower e Brascan - Century Plaza (Projeto estrutural: França e Associados), Plaza Centenário (Projeto estrutural: Aluizio D' Ávila / Anibal Knijnik), Birmann 21 (Projeto estrutural: JKMF)



- ◆ **Efeitos estáticos e dinâmicos do vento em edificações:** prognóstico de pressões, tensões, deformações, deslocamentos e características das vibrações; influência de detalhes arquitetônicos;
- ◆ **Impactos sobre o meio ambiente e estudos climáticos:** efeitos de diferentes tipos de ventos (tormentas elétricas, tornados e ciclones); conforto de pedestres, dispersão de poluentes, identificação e controle de emissões associadas a fontes industriais, químicas e automotivas; localização de chaminés; transporte e deposição de areia, solo e poeira; interação vento-chuva; disseminação de odores indesejados oriundos de indústrias e áreas de criação de animais; influência do vento em ventilação e climatização de edificações;
- ◆ **Efeitos do vento em estruturas especiais:** pontes, torres, chaminés, linhas de transmissão, estruturas flexíveis e estádios;
- ◆ **Indústria de seguros:** análise de risco para edificações e estruturas sujeitas a acidentes devidos ao vento e análise custo/benefício;
- ◆ **Agricultura:** erosão eólica; efeitos do vento em plantas; posicionamento ideal e influência de quebra-ventos;
- ◆ **Energia eólica:** calibração de anemômetros; identificação do local ideal para geradores conforme topografia

Figura 3 – Modelo reduzido no túnel de vento do Empreendimento Prosperitas e sua inserção urbana na cidade de São Paulo, SP. Projeto estrutural: JKMF, São Paulo



do terreno; performance das estruturas e máquinas geradoras sob ventos fortes;

◆ **Transporte:** efeitos do vento em veículos

terrestres, aéreos e marítimos; localização, operação e proteção de helipontos, heliportos e aeroportos.

Figura 4 – Modelo aeroelástico de etapa construtiva do Complexo Viário Jornalista Roberto Marinho no interior do Túnel de Vento e típica resposta do tabuleiro. Construtora: OAS

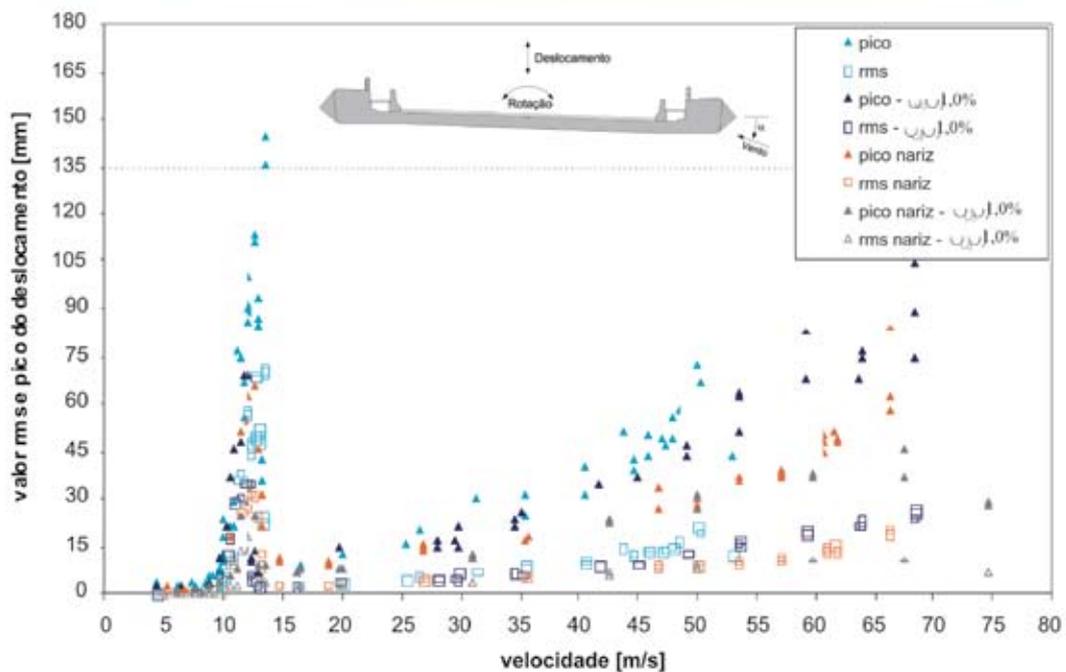


Figura 5 – Modelagem da camada limite e do local específico para prédios construídos em Novo Hamburgo, RS (Mosmann - Sunset Residence - Projeto: Adamy Projetos Especiais) e São Paulo, SP (INPAR - L' Essence Jardins - Projeto: Franca e Associados)



### 3. Ensaios de edificações: procedimentos e resultados

Os ensaios em modelos reduzidos podem ser realizados para a otimização específica de um projeto, para a correção de problemas existentes ou em atendimento ao item 1.2 da NBR-6123: “Esta Norma não se aplica a edificações de formas, dimensões ou localização fora do comum, casos esses em que estudos especiais devem ser feitos para determinar as forças atuantes do vento e seus efeitos. Resultados experimentais, obtidos em túnel de vento, com simulação das principais características do vento natural, podem ser usados em substituição do recurso aos coeficientes constantes desta Norma”. Exemplos de prédios testados em túnel de vento são fornecidos na figura 2.

Após a análise do projeto arquitetônico decide-se qual tipo de estudo é necessário e projeta-se o modelo reduzido a ser utilizado. Os modelos podem ser rígidos, reproduzindo somente a forma arquitetônica (figura 3), ou flexíveis, incorporando características da rigidez, massa e amortecimento da estrutura a ser modelada (figura 4). A escolha dependerá da configuração estrutural e arquitetônica da estrutura real. Os modelos são instrumentados com sensores para medir pressões, acelerações, velocidades e deslocamentos.

Uma vez construído e instrumentado, o modelo é colocado em uma mesa giratória no interior de uma das câmaras de ensaio do túnel de vento, preparada para simular o(s) tipo(s) de vento específicos da região onde a edificação

será construída. Essa simulação é fundamental para que os resultados tenham aplicação prática. Para essa finalidade, são colocados elementos no piso e na entrada da câmara de ensaios, especialmente dimensionados para simular as principais características dos ventos naturais. Arranjos aleatórios ou regulares dos elementos de rugosidade utilizados nos métodos de simulação produzem as características corretas do escoamento. Entretanto, as condições de um local específico são mais fortemente influenciadas pelo terreno de entorno do que pelo terreno mais afastado a barlavento. Em uma área urbana, este local pode ser diretamente afetado por edificações vizinhas. A partir de uma certa distância, torna-se necessário alternar de uma simulação genérica para uma representação detalhada, usualmente chamada de “modelos de vizinhança” (figura 5).

Os ensaios são feitos para vários ângulos de incidência do vento. Os resultados obtidos são analisados e entregues aos projetistas e consultores tendo por objetivo fornecer subsídios para o projeto da estrutura e elementos de revestimento, além de permitir o entendimento da interação do vento com a edificação para propiciar a tomada de decisões. As figuras 6 e 7 mostram exemplos da formatação dos resultados entregues aos projetistas em termos de forças e momentos torçores, bem como das pressões para o dimensionamento dos elementos de revestimento, em estudos típicos de edifícios.

Não existem recomendações para ensaios de edifícios a partir de determinada altura. O grande problema é a dificuldade para

estimar os carregamentos devidos ao vento, especialmente em formas arquitetônicas que não constam em normas. Exemplo é mostrado na figura 8, caso em que tanto a forma arquitetônica quanto as características topográficas do terreno eram as grandes incógnitas. Nestes casos, o túnel de vento torna-se poderosa ferramenta de projeto, propiciando um aumento da confiabilidade dos resultados e tendo grande impacto na economia do empreendimento. O túnel de vento otimiza o projeto nas questões de segurança e economia.

Outro fator importante diz respeito à ordem construtiva de empreendimentos com mais de um prédio e não construídos simultaneamente. Um exemplo é mostrado na figura 9, onde os ensaios foram realizados inicialmente para a primeira torre e depois para a configuração final correspondente às duas torres. No projeto estrutural foram determinados os esforços para a Torre 1 contemplando a execução somente desta torre, para a Torre 1 com os

esforços correspondentes ao vento atuando nas Torres 1 e 2 conjuntamente, e para a Torre 2 com os esforços também correspondentes à configuração construtiva final. Os resultados do ensaio em túnel de vento permitiram aos projetistas verificarem a necessidade de uma ligação entre as duas torres, para que, com a ação do vento, não haja risco de dano ou desalinhamento do piso e fachada na região da junta.

#### 4. Ensaio complementares: conforto de pedestres e heliponto

##### 4.1 CONFORTO DE PEDESTRES

Condições de vento adversas frequentemente apresentam-se em áreas de lazer, tais como praças, piscinas e restaurantes em torno de prédios altos. Estas condições não somente comprometem a utilização adequa-

Figura 6 – Referência para aplicação das forças e momentos torçores para o Edifício Brennan Plaza, Recife.  
Projeto estrutural: Nassar Engenharia Estrutural

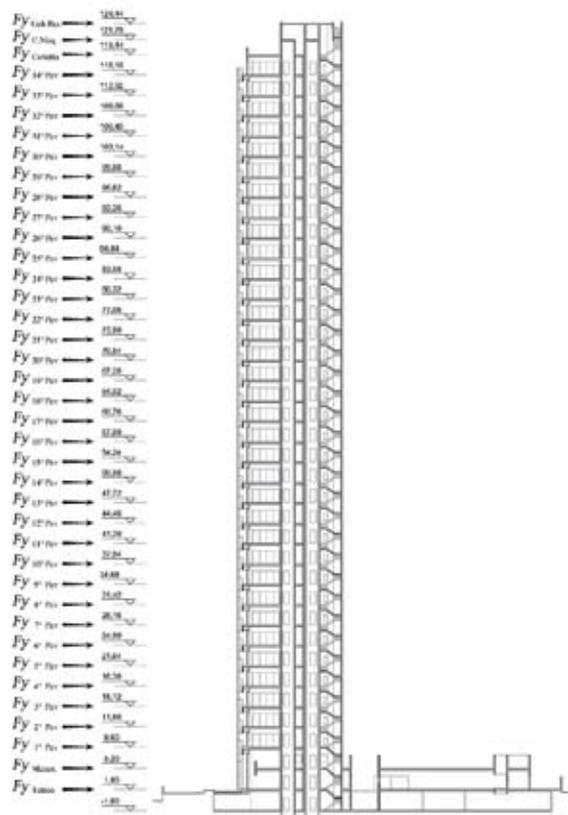
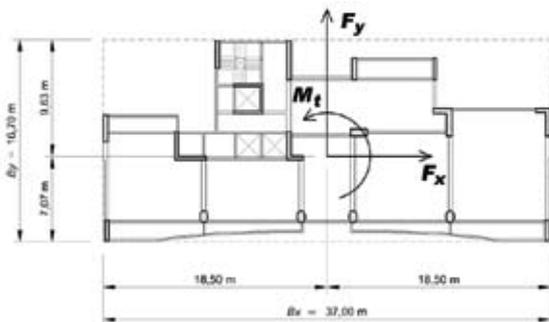
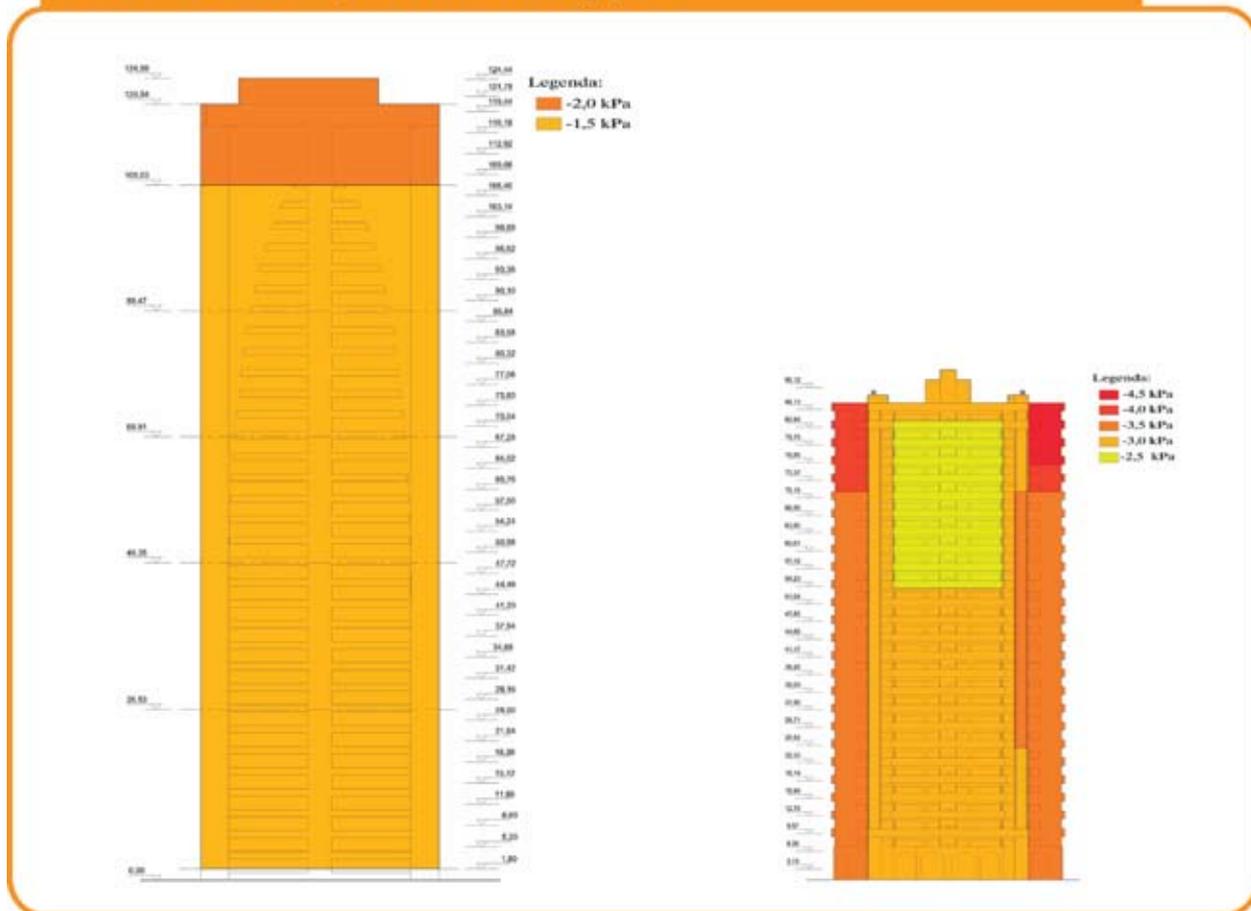


Figura 7 – Pressões mínimas, para um período de retorno de 50 anos, para o projeto das fachadas dos edifícios Brennan Plaza, em Recife, e Sunset Residence, em Novo Hamburgo, RS



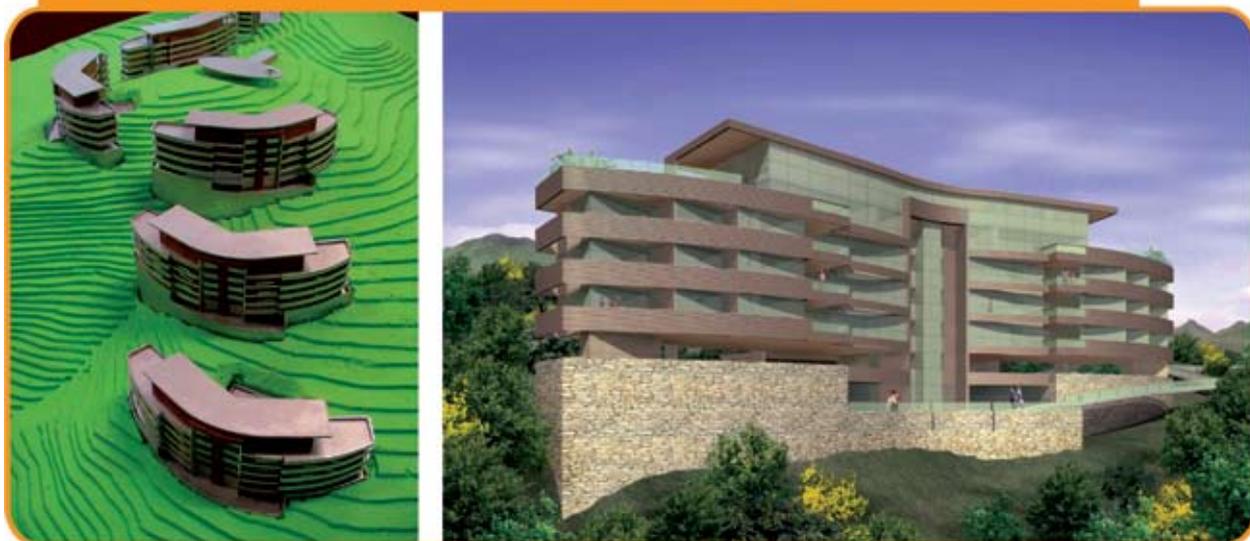
da de tais áreas, mas também podem colocar em risco a segurança destes usuários. O escoamento incidente sobre um edifício deste tipo é desviado tanto em direção ao topo quanto para as laterais, com a separação normalmente ocorrendo nas arestas vivas. Além disso, a presença de um gradiente de pressões nos escoamentos turbulentos da camada limite atmosférica influi de forma marcante na indução de um escoamento descendente ao longo da face frontal, abaixo do ponto de estagnação. Este ocorre em uma altura em torno de 70 a 80% da altura total do prédio. O escoamento descendente aumenta a velocidade do vento em torno da base do prédio. Esta é uma das principais causas das condições excessivas da velocidade do vento junto ao solo nas proximidades de prédios altos. A magnitude deste efeito aumenta com a altura da edificação e com a largura exposta.

Para prédios mais largos, há a tendência da formação de um grande vórtice

na base, como consequência da corrente descendente. A existência de um prédio baixo próximo à face frontal do prédio alto reforça este vórtice de pé de fachada e acelera ainda mais a velocidade do vento nesta região. As velocidades do vento junto ao solo são acentuadas também em locais como passagens estreitas entre edifícios adjacentes e através de aberturas ou espaços abertos no caso de prédios construídos sobre pilotis (efeito Venturi).

Após uma estimativa das zonas mais críticas para a área em torno da edificação em estudo, é realizada uma medição quantitativa das velocidades relativas do vento em pontos selecionados, na região de utilização por transeuntes. Os dados obtidos são comparados com critérios de conforto e segurança utilizados internacionalmente em Engenharia do Vento, sendo fornecidas indicações sobre as condições de uso das referidas áreas. A figura 10 ilustra uma típica configuração para estudo do conforto de

Figura 8 – Modelos reduzidos em túnel de vento e perspectiva artística do Empreendimento Odebrecht – Vila Gardner, Minas Gerais



pedestres em túnel de vento, incluindo os efeitos do projeto paisagístico.

#### 4.2 HELIPONTO

Uma descrição qualitativa, bi-dimensional, do escoamento de ar, em um plano vertical sobre uma forma de edificação rombuda e com arestas vivas, é fornecida na figura 11. O escoamento na região do heliponto pode ser caracterizado por padrões de turbulência bem definidos, representados por três regiões: uma primeira afastada do prédio (chamada de escoamento principal) com turbulência de intensidade relativamente mais baixa; uma segunda com intensidades de turbulência mais altas do que no escoamento principal, onde se desenvolvem vórtices contra-rotativos de eixo paralelo

ao prédio (esteira turbulenta), localizada imediatamente sobre o edifício e correspondente ao descolamento do escoamento quando este encontra a aresta viva; e uma terceira região turbulenta, uma fina camada de vórtices de grande intensidade, localizada entre as duas anteriores.

Esta camada de vórtices é caracterizada por: (1) escoamento altamente turbulento contendo considerável energia em uma frequência dominante associada ao desprendimento de vórtices, e (2) um gradiente de velocidades bem acentuado entre o escoamento principal e a velocidade relativamente mais baixa da esteira. Uma representação da variação vertical da velocidade do vento nesta região é também mostrada na figura 11. As flutuações da velocidade do vento, relativamente pequenas na região da esteira, tornam-

Figura 9 – Perspectiva artística e modelo reduzido em túnel de vento das fases construtivas do Empreendimento Tishman Speyer / Camargo Corrêa - Ventura, Rio de Janeiro. Projeto estrutural: JKMF, São Paulo



Figura 10 - Perspectiva artística e modelo reduzido em túnel de vento para conforto de pedestres do Empreendimento Tishman Speyer / Método - Rochaverá, São Paulo. Projeto estrutural: JKMF, São Paulo



se mais pronunciadas na camada de vórtices e voltam a diminuir na região do escoamento principal. Embora não seja aparente a partir da variação vertical da velocidade média, uma reversão na direção do escoamento é normalmente encontrada nas regiões mais baixas da esteira. A espessura da camada de vórtices aumenta com a distância a sotavento do ponto de separação da edificação. A difusão da camada de vórtices a sotavento é acompanhada por uma redução comparável no gradiente de velocidades médias, porém a intensidade da turbulência dentro da camada sofre uma redução mais gradual.

O uso de helipontos localizados no topo de prédios é objeto de preocupação para os pilotos dos helicópteros que ali pousam e decolam. Um dos maiores perigos que podem ser encontrados por helicópteros, principal-

mente na ausência de deflexão vertical do vento oriunda de edifícios altos vizinhos, está associado com a passagem através da camada de vórtices. Ao passar através desta camada, o helicóptero é submetido a uma brusca mudança da velocidade média relativa do vento, bem como aos efeitos de martelamento destes vórtices. A intensidade deste fenômeno depende, em boa medida, das características arquitetônicas do heliponto. A figura 12 mostra os modelos reduzidos do Empreendimento SP Wellness em duas escalas: 1/200 e 1/400.

## 6. Comentários finais

O túnel de vento pode ser usado em qualquer etapa do projeto. Maiores níveis

Figura 11 - Características do escoamento em helipontos: identificação das regiões e variação vertical da velocidade média e da intensidade da turbulência do vento

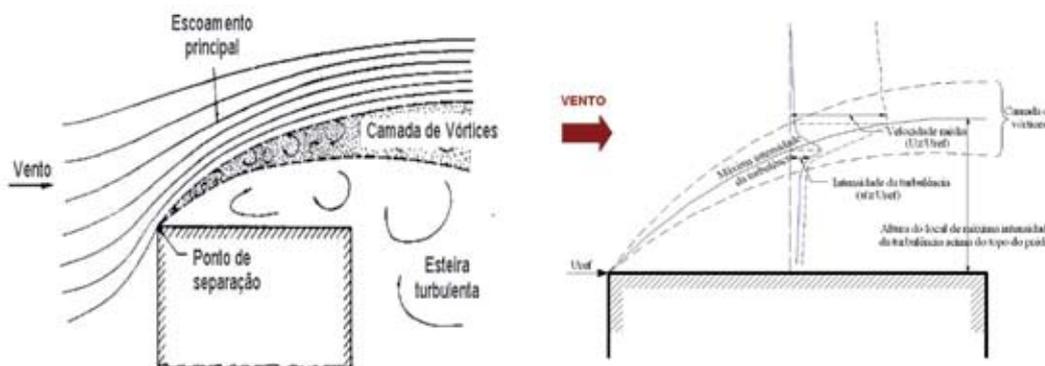


Figura 12 – Modelo reduzido em túnel de vento do Empreendimento Matec / Takaoka - SP Wellness, Alphaville, Barueri, SP, para determinação das características do escoamento em helipontos.  
Projeto estrutural: Eng. Francisco Graziano, São Paulo



de segurança e confiabilidade são atingidos quando a consideração criteriosa dos efeitos do vento é feita a partir da etapa de concepção. Este procedimento preventivo é, geralmente, o de menor custo e o de maior eficiência. Contudo, os estudos em túnel de vento podem auxiliar na identificação e correção de problemas em projetos já implantados.

O Brasil insere-se, hoje, no grande

grupo de países que utilizam o túnel de vento como ferramenta de projeto. Porém, esta utilização ainda é restrita a uma quantidade relativamente pequena de profissionais. Com a crescente demanda por otimização de custos e aumento das condições de conforto e segurança nas edificações, o túnel de vento firma-se como a melhor alternativa para prevenção dos efeitos do vento e de sua utilização em benefício do ser humano. ♦



## V International ACI/CANMET Conference on High Performance Concrete Structures and Materials



June 18-20th 2008  
Manaus Brazil

### Conference topics

- ? Chemical Admixtures
- ? Deformations, Creep and Cracking Control
- ? Durability
- ? Fiber Concrete
- ? Fire Resistance
- ? Mixture Proportions
- ? Non Destructive Test
- ? Quality Control
- ? Structural Behavior
- ? Service Life
- ? Repair and Strengthening of Structures
- ? Supplementary Cementing Materials
- ? Sustainability
- ? Self Leveling and Self Consolidating Concretes
- ? Pavement, Dams and Bridges
- ? Alkali Aggregate Reactions
- ? Marine Structures
- ? Nanotechnology and Cement Materials
- ? Non-Ferrous and Special Reinforcement

### LANGUAGES

English, Portuguese and Spanish. Simultaneous translation.

### MORE INFORMATION

[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)





Professor Paulo Helene defende a sustentabilidade na construção

## Seminário dissemina os caminhos da sustentabilidade na construção civil

Fábio Luís Pedroso

O segmento da construção civil tem desenvolvido projetos e ações para minimizar seu impacto no meio ambiente. São pesquisas científicas relacionadas aos estudos de comportamento dos resíduos de construção e demolição nas propriedades físicas e químicas do concreto, no sentido de viabilizar a incorporação cada vez maior e mais econômica desses materiais recicláveis na construção. É a adoção de novas tecnologias na linha de produção, como os queimadores multi-combustíveis, que possibilitam o uso de até 40% pneus inteiros e de outros resíduos no montante do combustível necessário para o

processo de fabricação de cimento. E a utilização de cimentos na produção de concretos de maior resistência e melhor desempenho, cujo emprego garante a construção de obras com maior vida útil.

“Quando uma estrutura deteriora serão consumidos novos materiais e energia, além da geração de entulho. Por isso, as pesquisas sobre o concreto para aumentar a vida útil das obras são passos para o desenvolvimento sustentável na construção civil”, explicou o engenheiro Paulo Helene, professor da Escola Politécnica da USP, no VIII Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil.

O evento aconteceu dentro da programação do 49º CBC 2007 e visou dar visibilidade e difundir as tecnologias e os estudos que possibilitam construir com menos consumo de energia, com maior aproveitamento de resíduos da própria construção, com menor ruído, com menor desperdício de materiais e que resultam em obras mais econômicas, duráveis e seguras. Ao todo foram apresentados 13 trabalhos técnicos e mais três palestras temáticas.

“A sociedade como um todo tem mostrado uma visão holística quando se trata de crescer para atender as necessidades básicas da humanidade. Hoje, tanto a iniciativa privada como a academia e o poder público já entendem que o objetivo principal do desenvolvimento não pode ter seu foco apenas no aspecto econômico, afinal de contas gerações futuras vão se lembrar de nós como a geração que fez a diferença ou como a que destruiu o planeta”, ponderou o coordenador do VIII Seminário, professor Salomon Levy.

Em sua palestra de abertura, o professor Paulo Helene enfatizou a necessidade da comunidade da construção civil trabalhar com estruturas mais sustentáveis, com maior vida útil, por exemplo. Segundo ele, 91% das emissões de gases do efeito estufa provenientes da construção civil são relacionadas ao uso das estruturas e apenas 9% referem-se à construção propriamente dita. “A indústria do concreto está caminhando na direção certa, com o uso do con-

creto auto-adensável, porque ele reduz o tempo, o ruído, o consumo de energia, o desgaste das fôrmas, de um lado, e aumenta a uniformidade e a vida útil, por outro, esclareceu Helene.

Como exemplo prático, ele citou a construção do edifício e-Tower, em São Paulo, que utilizou a tecnologia do concreto de alto desempenho, “reduzindo em 70% o consumo de areia e de pedra, em 53% o consumo de concreto e de água e em 20% o consumo de cimento”.

“O Comitê Técnico IBRACON do Meio Ambiente preconiza a análise do impacto ambiental provocado pelo conjunto da estrutura de uma obra, e não apenas o impacto causado por seus materiais constituintes individualmente. O que importa é a obra e seu impacto”, reforçou Salomon.

### Adições minerais e agregados reciclados

O professor Geraldo Isaia apresentou aos congressistas os estudos de casos, feitos na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), de concretos com substituições progressivas de cimento por adições minerais, tais como: cinza volante, cinza de casca de arroz e escória de alto-forno. Foram feitos estudos para estimar o custo, o consumo de energia, as emissões de gás carbônico e ensaios de durabilidade desses concretos.

A produção de cimento é responsável pela emissão de 7% do montante anual expelido para a atmosfera. A estimativa é de 1,5 bilhão de toneladas por ano. Por seu turno, as cinzas volantes e de casca de arroz e a escória de alto-forno são resíduos de processos industriais, que têm enorme impacto ambiental, na medida em que contribuem para a poluição terrestre, aérea e de aquíferos. Estima-se que são produzidas anualmente 600 milhões de toneladas de cinza volante, 300 milhões de toneladas de escória, 20 milhões de toneladas de cinzas de casca de arroz e dois milhões de toneladas de sílica ativa.



Professor Enio Pazini em palestra no Seminário

O mérito dos estudos está em reduzir a quantidade de cimento e aumentar o montante de adições minerais nos concretos, com o propósito de diminuir as emissões de gás carbônico, com a produção menor de cimento, e reduzir a poluição promovida pelas adições minerais, uma vez que são incorporadas no concreto, deixando de ser resíduo poluidor para se transformar em produto cimentício.

“Os estudos apontam que os ganhos de durabilidade, de custo e de sustentabilidade são proporcionais ao teor de substituição do cimento portland por adições minerais”, comentou Isaia, para concluir que “existe viabilidade de se substituir até 90% do cimento por adições minerais, com o uso de cal hidratada, sem prejuízo da durabilidade”.

Outra contribuição da indústria do concreto e da pesquisa sobre o material para minimizar a poluição advinda da construção civil é o uso de agregados reciclados graúdos e miúdos. Estes são resíduos provenientes da construção e demolição de obras que, depois de passarem pelo processo de gestão de resíduos sólidos (triagem e moagem), são utilizados como agregados na fabricação de concretos, em substituição das britas e da areia. O benefício é duplo: além de encontrar uma destinação para os resíduos, diminui-se o impacto da construção civil sobre o meio ambiente, ao reduzir a necessidade de extração de brita das pedreiras e de areia.

A gestão de resíduos da construção civil é obrigação das construtoras e das administrações públicas, sendo regida pela resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 307, de 2002.

Para abordar este tema, o professor Ênio Pazini apresentou a dissertação defendida na Universidade de Goiânia sobre a influência do agregado graúdo reciclado nas propriedades do concreto fresco e endurecido. Foram constituídas cinco famílias de concretos, com três traços produzidos para cada família, sem agregados reciclados e com 25, 50, 75 e 100% de agregados reciclados graúdos. Um dos resultados do estudo pode ser

visto no gráfico de resistência à compressão aos 28 dias.

### Gestão de resíduos de construção e demolição

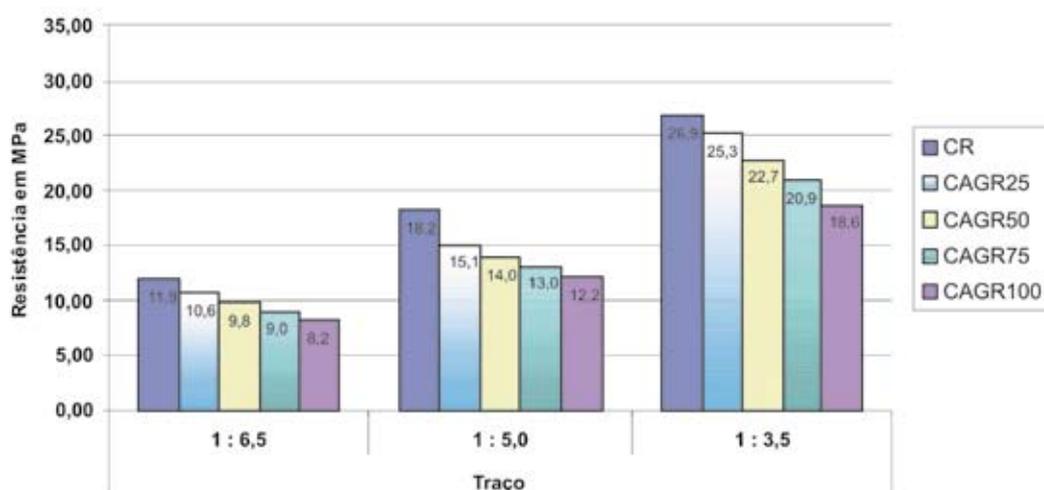
O uso do agregado reciclado na construção civil foi também tema do trabalho técnico dos engenheiros Samir Fagury e Osny Ferreira e do arquiteto Fernando Grande. Foi apresentado um caso de sucesso de gestão de resíduos da construção e a aplicação do agregado reciclado na fabricação de blocos de cimento na cidade de São Carlos, em São Paulo.

Até 2001, os resíduos da construção eram depositados em terrenos baldios, vias públicas e nas margens de córregos e nascentes. Não havia qualquer lei municipal para regular a deposição de resíduos e a fiscalização era conivente com a irregularidade. Hoje, a cidade possui lei municipal e plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil, que dispõe sobre pontos de entrega (ecopontos), manejo, fiscalização, usinas de reciclagem, licenciamentos e reuniões periódicas entre o poder público e os agentes privados. E gera em torno de 250 a 400 toneladas de agregados reciclados por dia. Estes são usados para recuperar vias rurais e erosões e para produzir argamassas, concretos não-estruturais, pisos para pavimentação e blocos de alvenaria para construção de casas populares.



Professor Geraldo Isaia apresenta trabalho sobre sustentabilidade

## Resistências à compressão aos 28 dias

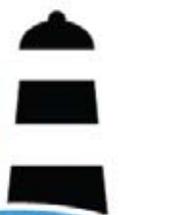


A redução dos impactos ambientais e sociais, a otimização no uso dos aterros, a geração de emprego e renda, a redução de custos no orçamento municipal, a preservação das reservas naturais e as ações de educação ambiental foram alguns dos benefícios citados com a adoção do gerenciamento de resíduos

de construção pela Prefeitura de São Carlos.

“Iniciativas para fomentar o uso do agregado reciclado na construção civil não faltam e o setor privado está ingressando lentamente neste mercado, tendo em vista que o preço do agregado reciclado é cerca de um terço do valor do agregado natural”, destacou Salomon. ♦

**50<sup>o</sup>** CONGRESSO  
BRASILEIRO  
DO CONCRETO  
IBRACON 2008



O cinquentenário do  
**Congresso Brasileiro do  
Concreto – 50<sup>o</sup> CBC 2008** – vai  
acontecer na magnífica cidade  
de **Salvador**, na **Bahia**,  
de **4 a 9 de setembro**.

**Mais informações, acesse:**

[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

*Salvador é um dos destinos turísticos e culturais mais procurados do mundo. Todos que ainda não a conhecem alimentam o desejo de conhecer. Afinal, Salvador tem cinco séculos de história, é hospitaleira, generosa e envolvente.*



**Envio de resumos dos trabalhos técnicos:**  
até o dia 21 de dezembro de 2007.

### TEMAS

- |                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| ■ Gestão e Normalização          | ■ Construction Methods              |
| ■ Management and Standardization | ■ Análise Estrutural                |
| ■ Materiais e Propriedades       | ■ Structural Analysis               |
| ■ Materials and Properties       | ■ Materiais e Produtos Específicos  |
| ■ Projeto de Estruturas          | ■ Specific Products                 |
| ■ Structural Design              | ■ Sistemas Construtivos Específicos |
| ■ Métodos Construtivos           | ■ Specific Construction Systems     |

### DATAS IMPORTANTES

Aceitação de Resumos	25/01/2008
Envio de Artigos	31/03/2008
Aceitação de Artigos	05/05/2008
Envio de Revisão de Artigos	16/06/2008

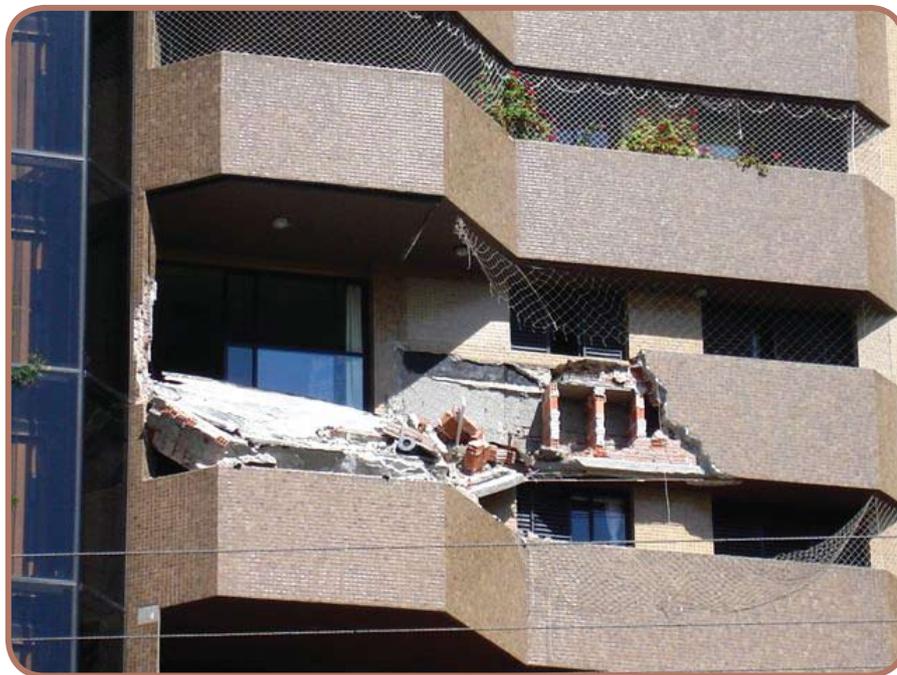
## Marquises e sacadas sob atenção

***“Não há lei para fiscalização” – estruturas são usadas como apoio para ar condicionado, vasos, depósito de lixo, para pendurar objetos ou simplesmente são abandonadas à ação do tempo.***

A tabela “Registros de alguns desabamentos de Marquises” serve para comprovar que a ocorrência de desabamentos de marquises tem aumentado nos últimos tempos. Há aproximadamente sete anos, este tipo de estrutura tem sido alvo de preocupação da ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural).

As gestões anteriores se empenharam em discutir a gravidade do assunto e elaborar, inicialmente para a cidade de São Paulo, um projeto de lei de vistorias periódicas em marquises.

O esforço deste trabalho, coordenado pelo atual diretor da Associação, engenheiro Eduardo Barros Millen, resultou na elabora-



Queda de marquise de prédio em Curitiba (PR, em março de 2007)

ção de uma minuta de projeto de lei sobre vistorias periódicas em marquises e sacadas, que foi entregue, no dia 28 de junho de 2007,

### Tabela 1 – Registros de alguns desabamentos de marquises

Resultado de uma rápida pesquisa na Internet sobre desabamento de marquises

29/08/2007	– Av. Rodrigues Alves, cais do porto do Rio de Janeiro – RJ – 1 morto
26/02/2007	– Hotel Canadá (Av. Nossa Senhora Copacabana) – Rio de Janeiro – RJ – 2 mortos
01/12/2006	– Sobrado no centro de Porto Alegre – RS – 1 morto
12/02/2006	– Universidade Estadual de Londrina – PR – 1 morto e 22 feridos
10/04/2005	– Rua Palestina no Uruguai – 1 criança ferida
22/03/2001	– Hipermercado Carrefour de Campinas – SP – 1 pessoa ferida
04/12/2000	– Hotel Palace (Rua Chile – Centro) – Rio de Janeiro – RJ – 1 morto
23/10/1999	– Rua Amazonas - Distrito de Vicente de Carvalho – Guarujá – SP – 1 morto

ao vereador Domingos Dissei, vice-presidente da Comissão de Política Urbana, Metropolitana e Meio Ambiente da Câmara Municipal de São Paulo.

Este projeto de lei, que foi lido na seção ordinária de 29/08/2007 e recebeu o nº 556/07, propõe, de maneira geral, que a vistoria técnica das marquises e sacadas seja elaborada por profissional autônomo ou pessoa jurídica regularmente inscritos no CREA-SP (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo) com habilitação em engenharia civil e especialização comprovada em estruturas.

A vistoria terá como resultado um relatório técnico que conterá histórico dos relatórios anteriores, cadastramento geométrico da marquise ou sacada (com dimensões, espessura dos revestimentos e carregamentos atuantes), descrições sobre o estado geral da impermeabilização e situação do sistema de coleta de águas pluviais, e a caracterização do eventual quadro patológico encontrado. Ele indicará, em conformidade com as normas nacionais vigentes, a eventual necessidade da execução de serviços de recuperação e do prazo para início dos mesmos.

O PL propõe que o relatório tenha validade de cinco anos, sendo que até cinco anos depois de emitido o "habite-se" em favor do imóvel a responsabilidade pela vistoria deve ser do construtor. São impostas, ainda, penalidades aos infratores da lei pela inexistência do relatório técnico e pela exibição do mesmo em desacordo com as exigências. As edificações existentes terão prazo de 180 dias para atendimento aos dispositivos impostos por esta lei.

Além da preocupação com a segurança das pessoas, motivou a ABECE todo esse tempo, a razão principal de sua existência, ou seja, a valorização profissional do engenheiro estrutural, que terá, a partir da promulgação da lei, mais uma área de atuação em benefício da sociedade.

Nesse período, alguns colegas se propuseram a participar do processo, como o professor Paulo Helene, na época presidente do IBRACON, por intermédio do envio de mensagens à Câmara e divulgação em meios de comunicação, já que sabemos ser uma pressão salutar para fazer com que os projetos de lei não sejam engavetados. A ABECE espera que outros colegas se engajem nesta empreitada. ♦

# 4º CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS • CINPAR 2008



Aveiro, Portugal 25 a 28 Junho 2008

## OBJETIVOS

- Divulgar e discutir os métodos de inspeção de estruturas e caracterização dos materiais;
- Apresentar e discutir as patologias mais frequentes nas construções;
- Conhecer e analisar as principais causas das patologias, considerando que este aspecto é fundamental para que a reabilitação tenha êxito;
- Divulgar os materiais mais utilizados nos trabalhos de reabilitação e reforço de estruturas das construções;
- Apresentar e discutir soluções para a reabilitação e reforço de estruturas;
- Promover a troca de experiências nos domínios do estudo das patologias e da reabilitação e reforço de estruturas entre os profissionais que actuam nesta área.

### DATAS IMPORTANTES

15   Dezembro   2007	Envio de Resumos
15   Janeiro   2008	Aceitação de Resumos
15   Fevereiro   2008	Envio de Artigos
15   Março   2008	Revisão de Artigos
31   Março   2008	Entrega de Artigos Finais
25-28   Julho   2008	Congresso

### Contatos

**Telefones** +351-234-370938 / 370049  
**Fax** +351-234-370094  
**E-mail** cinpar@civil.ua.pt

Mais informações: <http://cinpar.web.ua.pt>



## Estudantes aprendem competindo no 49º CBC 2007

Fábio Luís Pedroso



Equipes premiadas do Concurso OUSADIA

A competição entre estudantes dos cursos de engenharia e arquitetura movimentou o público mais jovem do 49º CBC 2007 nos três concursos promovidos pelo IBRACON – o Aparato de Proteção do Ovo (APO), o CONCREBOL e o OUSADIA.

Neste ano, o Concurso Ousadia desafiou as equipes multidisciplinares de estudantes dos cursos de engenharia e arquitetura a pro-

jetarem um marco referencial para a cidade de Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul. O local escolhido foi uma área pertencente à Fundaparque que abriga o Centro de Eventos da cidade. “Diante da grandiosidade de eventos que ocorrem no espaço, que recebe anualmente visitantes e empresários de mais de 30 países, notamos que o parque carece de um marco referencial, de um elemento de



Equipe vencedora do APO

marcação que o identifique, inclusive à distância”, explica a arquiteta Maria Fernanda Pereira Campos, uma das organizadoras do 3º Concurso Ousadia. “Por isso, o Concurso resolveu propor aos estudantes o projeto arquitetônico e estrutural de uma torre, que servisse de posto de controle, de mirante, e

que rearranjasse a malha viária de acesso ao parque”, completa.

Como posto de controle, o projeto deveria contemplar oito vias de acesso e uma via de pedestres, conforme o Plano Diretor de Reestruturação da Fundaparque. O projeto deveria levar em conta ainda cabines informa-

### Resultado 14º APO 2007

Colocação	Instituição de Ensino	Alunos	Orientador
1º	Centro Universitário da FEI	Bruno Cesar Rotondi Kleber Di Donato Renato Batista da Silva	Prof. Kurt André Pereira Amann
2º	Universidade Nove de Julho	Daniel Oliveira Frazão da Silva Daniel Ornelas Douglas Berni de Souza Jorge da Silva Júnior Marcelo Machado Santana Nivaldo Venâncio da Silva Júnior Noberto Luiz Ortolan	Prof. Salomon Mony Levy
3º	Pontifícia Universidade Católica de Campinas	Caio Manfrim Carlos Manoel Martins Diogo Guerreiro Guilherme Z. Alves Pereira Marcel Giubilei de Oliveira Ricardo Augusto Zanella Stephanie César Tatiana Nascimento Soares	Prof. João Carlos Rocha Braz Prof. Rosa Cristina Cecche Lintz



Equipe Vencedora CONCREBOL

tizadas, ter função de posto de informações, prever espaço de divulgação e de sinalização de feiras e eventos e servir de marco referencial. A altura máxima estipulada foi de 80m.

Os membros comissão julgadora, composta por personalidades nacionais e internacionais da engenharia e arquitetura, receberam uma ficha da comissão organizadora para avaliar os projetos, expostos na Feibracon desde o primeiro dia do 49º CBC 2007, segundo os parâmetros de acessibilidade, adequação ao entorno, durabilidade, estabilidade, funcionalidade, originalidade, plasticidade, programas de usos e atividades e sistema construtivo,

que poderiam ser pontuados de 1 a 10. Num momento posterior, os projetos melhores pontuados foram postos à votação colegiada, para a escolha do vencedor (1º lugar), do destaque (2º lugar) e do mérito (3º lugar).

### APQ e Concrebol

O Concurso mais tradicional promovido pelo IBRACON, já em sua 14ª edição, é o “Prêmio Prof. Telêmaco Hippolyto de Macedo van Lengendonck”, popularmente conhecido

### Resultado 4º CONCREBOL

Colocação	Instituição de Ensino	Alunos	Orientador
1ª	Universidade Federal de Santa Catarina	Fábio Binder Neis Luciano Machado de Almeida Luiz Antônio Zanette Marques Eduardo Tochetto Rodolfo Silveira	Prof. Luiz Roberto Prudêncio Júnior
2ª	Escola de Engenharia de Piracicaba	Miguel Costa Júnior Marcos Paulo Ribeiro Fernando Batista Lima José Antônio Schiavon Evandro Vieira Gonçalves Rafael Sanchez Maroço Patrícia Prezotto Ribeiro	Prof. Salvador Domingos Marth
3ª	Centro Universitário da FEI	Bruno César Rotondi Kleber Di Donato Renato Batista da Silva	Prof. Kurt André Pereira Amann

Eng. Acir Mércio Loredou Souza

Eng. Bruno Contarini

Eng. Enzo Siviero

Arq. Hélio Adão Greven

Arq. Magda Susana Ranzi Cobalchini

Eng. Paulo Helene

Arq. Ruy Ohtake

Arq. Sérgio Marques

Eng. Tarcísio Michellon

Porto Alegre – Brasil

Rio de Janeiro – Brasil

Veneza – Itália

Porto Alegre – Brasil

Bento Gonçalves – Brasil

São Paulo – Brasil

São Paulo – Brasil

Porto Alegre – Brasil

Bento Gonçalves – Brasil

como APO. O nome se deve ao desafio proposto aos estudantes de engenharia de projetar e construir um pórtico em concreto armado que seja o mais resistente possível para suportar as cargas progressivamente maiores que lhe são impostas, protegendo o ovo cozido colocado embaixo dele. "O concurso estimula os alunos a pesquisarem e a propor soluções inovadoras e estar entre os primeiros classificados demonstra a qualidade de ensino ministrada pela instituição de ensino", pondera o professor do Centro Universitário UNINOVE, Salomon Levy, orientador da equipe segunda colocada.

O CONCREBOL une as duas maiores paixões dos estudantes de engenharia: a estru-

tura e o futebol. Ele testa também os conhecimentos dos alunos quanto à capacidade de construção de uma bola de concreto e quanto ao uso de materiais resistentes. Isso porque a bola de concreto precisa descrever uma trajetória retilínea, verificada numa máquina especialmente projetada para este fim: a bola é 'chutada' por um contrapeso em direção ao gol. Se ela entra, então vai parar num medidor de resistência à compressão. Ganha a bola que resistir mais.

A premiação dos estudantes aconteceu no Jantar de Confraternização, ocorrido no dia 4 de setembro, no Centro de Tradições Gaúchas Laço Velho. ♦



## SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO (CCR) Evento paralelo ao 50º Congresso Brasileiro do Concreto 7 E 8 DE SETEMBRO DE 2008

O **Brasil** é um dos países que possuem maior quantidade de obras construídas com **CCR** no mundo. Já são mais de **50 barragens** para **abastecimento de água** e **geração de energia**.

O **simpósio** é uma excelente oportunidade para **conhecer** este **desenvolvimento**, para saber das **últimas novidades** em termos de **projetos, construções** e **controle da qualidade**, bem como para interagir com **especialistas internacionais** sobre o assunto.

### LÍNGUAS OFICIAIS DO EVENTO

Português e inglês

### DATA-LIMITE PARA ENVIO DE RESUMOS

21 de dezembro de 2007

### TEMAS

- Barragens de CCR – Planejamento e Projeto
- CCR para Pavimentação
- Práticas em CCR em Diferentes Países
- Materiais para CCR e Controle de Qualidade

## Torre Mirante FUNDAPARQUE – Projeto Ousadia vencedor



### O conceito

O projeto pretende com um simples gesto responder aos anseios de criação de um marco visual que possa servir como elemento identificador do Parque de Exposições da FUNDAPARQUE, tendo ao mesmo tempo as funções de organizador e estruturador de acessos e de mirante.

Optou-se então, pela criação de um elemento único, uma fita de concreto, que através de pontuais dobras, cria as funções de pórtico de acesso e torre mirante. Gesto simples e transparente, que pretende valorizar e potencializar a paisagem do parque através da sublime capacidade do concreto: a de facilmente se moldar às mais leves formas, vencendo variados vãos e, esbeltamente rasgando o céu.

A fita conforma objetivamente o acesso ao parque. Sua

forma, ao mesmo tempo mínima e exuberante é marcante, de fácil entendimento e memorização. Tem implícita, em seu conceito e origem, a potencialidade de se tornar símbolo, um marco para o parque e, talvez, para a cidade.

A estrutura principal, bem como sua inserção no terreno, valorizam sua topografia e utilizam-se ao máximo das visuais. As modificações efetuadas no traçado viário, visam solucionar o problema do tráfego de automóveis, além da utilização de passeio alongado ao norte privilegiando o pedestre, e criando um interessante eixo descentralizado, exaltando a esbelta estrutura da torre que, desde longe, aparece como referência para o visitante.

O pórtico abriga as funções de controle de veículos e pessoas e seu vão livre agrega valores de flexibilidade. Através de cabines modulares móveis, utilizadas por duas pessoas, o acesso e a saída se tornam muito dinâmicos, abrindo possibilidades

#### Alunos

Cassio Orlandi

Sandra Helena Lehnen Becker

Vanessa Zechin

Vitor Cury Perrone

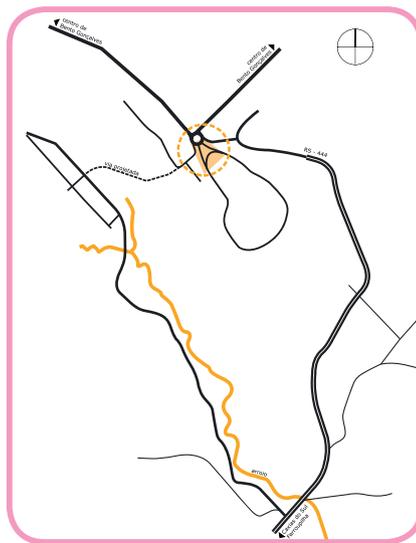
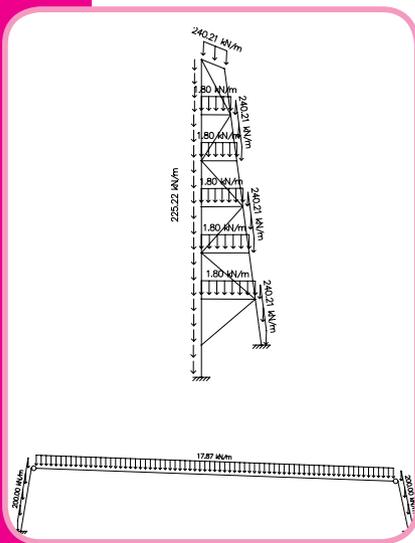
Univ. Fed. do Rio Grande do Sul – UFRGS

#### Orientador

Prof. Alexandre Rodrigues Pacheco

Univ. Fed. do Rio Grande do Sul – UFRGS

## Viabilidade estrutural



A estrutura se divide em duas partes, a torre-mirante e o pórtico de controle e acesso de veículos. A torre, de 60 m de altura, é composta de uma coluna principal de concreto armado e uma parede de concreto armado inclinada, que se apóia sobre a coluna principal através de perfis I laminados de aço e encontra-se com a coluna no topo da torre. O sistema do elevador é suportado pela coluna principal. Esta deve apresentar grande rigidez, visto que os esforços causados pela carga de vento não podem levar a acelerações perceptíveis aos usuários do elevador causando desconforto, principalmente quando no topo da torre. Essa rigidez é alcançada com uma seção de grande momento resistente de inércia: uma caixa de concreto armado com dimensões externas de 8 x 2 m e paredes de 0.50 m. Assim, alia-se resistência com a criação de espaço no seu interior para o sistema de cabos e contrapeso

do elevador, conforme a ilustração. Os perfis de aço, com ligações rígidas na coluna principal e na parede inclinada de concreto da torre, completam a estrutura aportcada. Esses perfis distribuem a carga que a parede inclinada exerce sobre a coluna ao longo do comprimento da mesma e reduzem o comprimento de flambagem da parede. Desse modo, os deslocamentos na direção perpendicular ao plano da parede são reduzidos e a rigidez geral da estrutura é aumentada.

O pórtico de controle de passagem de veículos é uma estrutura em concreto que serve de abrigo para as cabines de controle e de informações. A cobertura é uma laje com uma pequena inclinação um vão de 36 m, apoiada sobre uma parede de concreto por um lado e sobre a estrutura da cabine de informações pelo outro. Para vencer esse vão, foi proposta a adoção de 3 vigas de concreto protendido servindo de almas para uma seção tipo caixão. Construída com essa seção celular, a cobertura ganha e ainda apresenta grande inércia, com resistência suficiente para se estender por sobre a passagem de veículos sem necessitar de apoios intermediários.

Para possibilitar a construção dessa estrutura arrojada, é necessário o emprego dos últimos avanços da tecnologia do concreto. Utilizando concreto de alta resistência com fck de 80MPa, a esbeltez dos elementos da torre e o vão pretendido no pórtico podem ser alcançados. ◆

de variar o sentido dos fluxos em determinados horários, podendo funcionar, tanto para entrada como, saída. O atendimento ao público é feito junto à entrada de pedestres, em uma das bases do pórtico. A estrutura oca permite a utilização interna pelos funcionários e se abre em quatro guichês para os visitantes.

A torre abriga as funções de mirante e marco referencial. Do alto dela, acessado pela plataforma elevatória (o próprio mirante), avista-se uma panorâmica de 360° por sobre a cidade e a região. Vista esta que é estimulada e enquadrada por uma abertura existente na delgada lâmina de concreto que se abre como uma janela para sul.

Na base da torre ocorre a plataforma de embarque ao elevador, rebaixada em relação ao nível original do passeio, provocando a diversidade, criando as variadas relações e formas de observar a paisagem natural, bordada de parreirais, de natureza exuberante, conformando a base do edifício. Além disso, mostra-se como local ideal para implantação de usos relacionados ao monumento e de caráter de lazer e de turismo. Neste local se localizam o café, a loja, as bilheterias para o elevador e os sanitários. Dando usos diferenciados, podendo o mirante ser utilizado constantemente, com a potencialidade de se tornar ponto turístico, podendo, inclusive, ser independizado em relação às feiras e eventos que possam existir no parque.



# Módulo de Elasticidade é parâmetro fundamental para a durabilidade da estrutura de concreto

Fábio Luís Pedroso



Mesa de debatedores do Painel sobre Módulo de Elasticidade

No dia 4 de setembro, o auditório 2 do Centro de Eventos da Fundaparque, em Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul, ficou lotado para assistir o "Painel de Assuntos Controversos – Módulo de Elasticidade: mitos e realidades". O debate fez parte da programação do 49º CBC 2007.

O painel objetivou discutir a importância dessa propriedade do concreto e mostrar quando e como medi-la. O valor do módulo de elasticidade é parâmetro básico para se estimar a resposta da estrutura em termos de deformações sob cargas de curto e longo prazo. "O módulo

de elasticidade, juntamente com a resistência à compressão, determina o tempo para a deformação e a seqüência de operações para a retirada do escoramento”, destacou a engenheira Inês Battagin, palestrante no painel.

Por estar associado às deformações estruturais, cujo excesso é determinante para causar fissuras em alvenarias, deslocamentos de pisos em lajes e outras patologias, o módulo de elasticidade é requisito indispensável para se mensurar a vida útil de uma estrutura de concreto. Segundo mostrou o engenheiro Luiz Aurélio, as deformações diferenciais entre os apoios e os vãos livres podem gerar esforços significativos em lajes e vigas com idades inferiores aos 28 dias e, aos 7 dias, o primeiro pavimento inferior pode ser submetido a esforços superiores aos momentos de fissuração.

Participaram do painel os engenheiros Carlos José Massucato (Cauê/Concrepav), como coordenador, Inês Battagin (CB-18/ABNT), Luiz Aurélio (TQS), Arcindo Agustin Vaquero y Mayor (ABESC) e Marco Aurélio Cupertino (Furnas Centrais Elétricas).

A discussão em torno do módulo de elasticidade não se encerrou no painel, mas estendeu-se pelo evento e também fora dele na Comunidade TQS, grupo de discussão online de engenheiros projetistas, mostrando que o assunto é realmente controverso. As dúvidas mais freqüentes são relacionadas às discrepâncias entre o valor estimado do módulo, dado pela NBR 6118, e o valor medido em ensaio, que varia segundo a composição do concreto para um mesmo valor de resistência à compressão ( $f_{ck}$ ). Há até quem desconfie dos procedimentos de ensaio para se medir o valor do módulo de elasticidade. “O ensaio do módulo é confiável, se a equipe técnica for qualificada, a máquina de ensaio for adequada e estiver calibrada, assim como os medidores de deformação, e se os resultados forem estatisticamente comparados”, assegurou Cupertino.

A comunidade técnica reclama também dos prazos exíguos estabelecidos pelas construtoras para a realização dos estudos e ensaios necessários para alimentar os projetos estruturais, fazendo com que o valor medido do módulo de elasticidade não seja freqüente. “Neste quesito as relações comerciais ficam mais afloradas, a despeito do módulo ser um subsídio importante para o projetista”, observou Massucato.

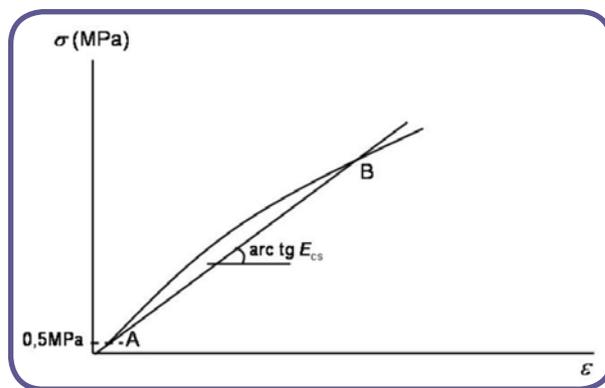
Para Vaquero y Mayor, uma solução possível para o impasse “é a consolidação das informações sobre o módulo de elasticidade para diversos  $f_{ck}$ s e para as diferentes regiões do país”.

Como a polêmica está longe de terminar e para contribuir para o esclarecimento do setor da construção quanto ao módulo de elasticidade, a revista CONCRETO & Construções submeteu algumas perguntas por escrito aos palestrantes do Painel. Veja a seguir as respostas consolidadas.

### 1 – O que é o módulo de elasticidade do concreto?

O módulo de elasticidade do concreto pode ser definido como o coeficiente angular da reta formada pela expressão gráfica do crescimento das deformações imediatas em função das tensões aplicadas em um elemento estrutural ou em um corpo-de-prova submetido a carregamento.

No caso de diagrama tensão-deformação curvo, pode ser tomada a tangente da curva em um determinado ponto ou a reta secante correspondente às deformações verificadas em dois pontos distintos para expressar o valor numérico dessa grandeza, conforme figura a seguir.



O método de ensaio preconizado pela norma brasileira (ABNT NBR 8522) estabelece que: módulo de deformação secante ( $E_{cs}$ ): é uma propriedade do concreto, cujo valor numérico é o coeficiente angular da reta secante ao diagrama tensão-deformação específica, passando pelos seus pontos A e B correspondentes (ver figura), respectivamente, à tensão de 0,5 MPa e à tensão considerada no ensaio. módulo de elasticidade ou módulo de deformação tangente inicial ( $E_{ci}$ )<sup>1)</sup>: módulo de elasticidade ou módulo de deformação tangente à origem ou inicial, que é considerado equivalente ao módulo de deformação secante ou cordal entre 0,5 MPa e 30%  $f_c$  para o carregamento estabelecido neste método de ensaio.

## **2 – Qual é a importância de se conhecer o módulo de elasticidade do concreto? Quais as consequências advindas do não conhecimento do módulo de elasticidade para a estrutura? Em contrapartida, quais são as vantagens de se conhecer o módulo de elasticidade?**

No cálculo estrutural o valor do módulo de elasticidade do concreto é utilizado para estimar:

- ◆ a rigidez de uma estrutura ou de um elemento estrutural pelo produto  $EI$  (onde  $I$  é o momento de inércia da seção considerada);
- ◆ as perdas de protensão, em elementos de concreto protendido;
- ◆ as deformações diferidas no tempo;
- ◆ outras condições em função do tipo de estrutura.

Convém lembrar que diversas outras variáveis concorrem para a estimativa dessas grandezas, além do módulo de elasticidade do concreto.

Os ensaios realizados de acordo com a ABNT NBR 8522 (considerando apenas o módulo tangente à origem determinado pelo módulo cordal a 30%  $f_c$ ), em concretos estruturais correntes brasileiros têm apresentado resultados variando entre 20 GPa e 40 GPa, considerando um intervalo de resistência à compressão compreendido pelas classes C20 a C40 (portanto  $f_{ck}$  variando também entre 20 MPa e 40 MPa). Porém, sobre esses valores de módulo é possível ter uma variação de até 30% em função da região (tipo de agregados disponíveis) e da composição do concreto (tipo e quantidade de materiais utilizados). Por sua vez, quando se pretende estimar a rigidez de um elemento estrutural, há que se considerar a condição da seção quanto aos estados limites de serviço em função da maturidade do concreto. A seção fissurada pode ter momento de inércia significativamente reduzido com relação ao momento de inércia da seção bruta de concreto, reduzindo, com isso, de forma expressiva, o produto  $EI$ .

Conhecendo a resistência à compressão do concreto no momento em que se pretende introduzir esforços, como a retirada do cimbramento, por exemplo, é possível estimar quando ocorrerá a fissuração (que depende da resistência à tração do concreto). Conhecendo também o módulo de elasticidade é possível avaliar a rigidez do elemento estrutural com maior propriedade do que não tendo os valores experimentais.

Da mesma forma, para a estimativa das perdas de protensão e das deformações diferidas no tempo é interessante dispor dos valores de módulo de elasticidade obtidos em ensaios para o concreto utilizado, uma vez que o módulo é de mais fácil determinação do que outras propriedades, como a fluência do concreto, por exemplo, e serve como base à sua estimativa.

## **3 – Qual é o melhor período para se conhecer o módulo de elasticidade?**

O ensaio de módulo de elasticidade pode ser realizado em qualquer idade e depende da estrutura que se pretende desenvolver. Para a indústria de pré-moldados, por exemplo, os resultados de módulo de elasticidade devem ser conhecidos em prazos bastante curtos a partir da preparação e lançamento do concreto, muitas vezes menores que 24h.

Em outras situações, a determinação do módulo de elasticidade aos 28 dias no início dos trabalhos, como medida de controle das deformações, através do conhecimento da resistência à compressão obtida para o concreto, pode ser mais interessante.

## **4 – Por que a medida do módulo de elasticidade do concreto é relegado ao segundo plano, sendo o resultado estimado da resistência à compressão, ao invés de ser obrigada sua medição? Por que o mercado não dá tanta importância ao módulo como é dada à resistência à compressão?**

É preciso diferenciar controle de recebimento e conhecimento das propriedades do concreto.

Os controles de recebimento em obra do concreto são:

- ◆ a consistência, para aceitação do concreto no estado fresco, e
- ◆ a resistência à compressão aos 28 dias, para aceitação do concreto no estado endurecido.

Há outras propriedades do concreto que podem ser de interesse em outras situações, como:

- ◆ resistência à tração, especialmente para concreto destinado a pavimentos;
- ◆ calor de hidratação, especialmente para concreto destinado a barragens;
- ◆ massa específica, por exemplo para concretos pesados, usados em usinas atômicas;
- ◆ consistência auto-adensável, para situações de elevada densidade de armadura, elementos estruturais esbeltos, etc.



Engenheira Inês Battagin expõe sua visão sobre o assunto

*O módulo de elasticidade é uma propriedade do material. O conhecimento de sua variabilidade, para um mesmo tipo de concreto (mesmos materiais, mesmo proporcionamento de mistura, etc) pode auxiliar nas tomadas de decisão de projetistas e construtores.*

**5 – A preocupação em se medir o módulo de elasticidade é recente? Por quê? Anteriormente, não era importante conhecer esta característica do concreto? Por que hoje o parâmetro  $f_{ck}$  não é suficiente para descrever o comportamento de uma estrutura de concreto?**

*As normas de projeto estrutural buscam estabelecer equações que mais se aproximem da possível relação entre o módulo de elasticidade do concreto e sua resistência característica à compressão, de forma a nortear os profissionais de projeto e possibilitar a obtenção, na obra, dos valores estimados em projeto. Para concretos de baixa resistência, como os*

*utilizados há alguns anos, onde era comum  $f_{ck}$  180 kg/cm<sup>2</sup> e, até mesmo, 150 kg/cm<sup>2</sup>, para estruturas, os valores do módulo de elasticidade em função da resistência pouco variavam e a equação prevista na norma era suficiente.*

*Nos dias atuais, no entanto, onde esses concretos de baixa resistência não se enquadram nem mesmo na classe I de durabilidade da NBR 6118:2003 (que estabelece como condição mínima C20 para concreto armado em ambiente seco), o conhecimento dessa propriedade começa a ser importante para construir com qualidade e economia.*

*Atendendo aos anseios do meio técnico e da própria ABNT, que tem como meta realizar revisões das normas brasileiras a cada cinco anos, a NBR 6118 está novamente sendo revisada e pretende incluir em sua nova versão os concretos de alta resistência. Para tanto, os modelos de previsão do módulo de elasticidade estão sendo ajustados, mas a proposta para a nova norma não descarta o interesse em se realizar o ensaio.*

Os concretos de alta resistência (CAR) já têm mostrado como aproveitar a versatilidade que o concreto oferece; os concretos de alto desempenho (CAD), por sua vez, vão mais longe, tirando proveito de forma cada vez mais completa desse inigualável material de construção.

**6 – É custoso medir o módulo de elasticidade? Ou é o tempo necessário o empecilho para que as construtoras não tomem esta providência regularmente?**

Conforme estabelece a norma de projeto de estruturas de concreto, ABNT NBR 6118, o módulo de elasticidade do concreto deve ser determinado por ensaios realizados de acordo com a ABNT NBR 8522.

Apenas nos casos em que não se disponha de resultados dos ensaios é que os valores de módulo podem ser estimados pela expressão matemática apresentada na norma de projeto.

Assim, é desejável que o projetista disponha dos valores de ensaio, que devem ser determinados a partir de um concreto preparado com os mesmos materiais e composição daquele que será usado na obra.

Cumpra salientar que a ABNT NBR 8522 foi revisada em 2003, de forma a popularizar o ensaio, tornando-o mais fácil de ser realizado e mais barato, respeitando a coerência com a prática internacional, mas adequando-o à realidade brasileira. Atualmente o ABNT/CB-18 encontra-se desenvolvendo um novo processo de atualização da ABNT NBR 8522, de forma a aproximar ainda mais esse ensaio das reais necessidades de projetistas e construtores.

**7 – Por que o módulo de elasticidade é um assunto controverso? Qual foi o eixo central de discussão do módulo de elasticidade no Painel de Assuntos Controversos do 49º Congresso Brasileiro do Concreto?**

Tudo que não está completamente dominado pelo mercado pode ser considerado um assunto controverso. Neste caso, a prática comum sempre apontou para a previsão do módulo de elasticidade a partir das equações fornecidas pela Norma de projeto estrutural. No entanto, com o refinamento dos processos de cálculo, é natural a

crecente necessidade de um maior conhecimento do comportamento dos materiais.

A escassez de dados de ensaio do passado deu lugar a exigências desconhecidas que, com o amadurecimento dos conceitos sobre o tema, tendem a um consenso e ao estabelecimento de práticas de mercado com base na normalização técnica.

Cumpra registrar que a Prática Recomendada IBRACON, com comentários e exemplos de aplicação da NBR 6118:2003, traz esclarecimentos importantes a respeito do módulo de elasticidade do concreto e de outros aspectos de interesse relativos ao projeto estrutural. É enfatizada a provável variabilidade nos valores de módulo em função do agregado graúdo e da consistência do concreto, analisada sem o uso de aditivos plastificantes.

O IBRACON, sempre atento às necessidades do meio técnico, procurou mostrar no 49º Congresso Brasileiro do Concreto, no último mês de setembro, os conceitos envolvidos no tema, as melhorias introduzidas no ensaio e a visão de quem prepara e de quem usa o concreto no seu dia-a-dia. ♦

**WCH é Mais** .Tecnologia .Resultados .Economia

ISO 9001  
N  
AFNOR  
CEA-UNI

**FôrmaFlexWeiler**



O Sistema Flex possibilita que uma enorme variedade de perfis seja produzida numa única pista de produção, além de proporcionar agilidade e flexibilidade, o sistema garante, menor tempo de setup, economia de mão-de-obra e custos e maior lucratividade.

**Sistema de Protensão**



Pré-Tensão Pós-Tensão

**WCH**  
Consultoria, Equipamentos para Pré-Moldados

**WEILER-C. Holzberger Industrial Ltda.**  
Vendas: (19) 3522-5903 / 5904  
Fax: (19) 3522-5905 Rio Claro-SP  
weiler@weiler.com.br www.weiler.com.br

## Pontes estaiadas – um pouco de sua história

Manfred Theodor Schmid  
Rudloff Sistema de Protensão Ltda.

Nos últimos tempos, muito se tem falado e bem escrito a respeito de pontes estaiadas, esta magnífica solução para pontes de médio e grande vão e que se apresenta em parte como novidade.

Parece-nos então oportuno lembrar através de alguns dados históricos que a solução vem sendo usada já há muito tempo e em algumas obras espetaculares. A idéia é muito antiga, o próprio Leonardo da Vinci já a sugeriu em seus rasciscos (Fig. 1). O prezado leitor poderá encontrar dados mais precisos nas referências indicadas no final deste artigo, de modo especial na matéria apresentada pelo Prof. René Walther em seu livro Cable Stayed Bridges, dedicado ao grande Fritz Leonhardt.

Uma das primeiras pontes construídas com estais e documentada data de 1784 e foi construída toda em madeira, inclusive os estais, por um carpinteiro alemão de nome Löscher na cidade de Fribourg na Suíça (3). O seu vão era de 32 m (Fig.2). Dessa mesma época datam pontes ao mesmo tempo pênséis e estaiadas, construídas nos Estados Unidos e na Inglaterra. Em 1817 dois engenheiros ingleses construíram na Inglaterra a King's Meadows Bridge (3), uma passarela estaiada com 33,6 m de vão, usando estais de arame e pilares de ferro (Fig 3). No mesmo ano foi construída a ponte em Dryburgh Abbey (3) sobre o Rio Tweed com 79,3m de vão (Fig. 4). Esta ponte apresentava fortes vibrações quando atravessada por transeuntes e, seis meses depois de pronta, não resistiu a um vento muito intenso. O fato suscitou em 1823 uma manifestação de C.L.Navier, nome famoso na Resistência dos Materiais e que no artigo Report et Mémoires sur les Ponts Suspendus (3) propôs o sistema mostrado na Fig.5. Mas, os acidentes ocorridos com pontes estaiadas tanto na Inglaterra como na França e Alemanha levaram Navier a considerar as pontes pênséis mais confiáveis do que as estaiadas.

Em 1824, construiu-se sobre o Rio Saale na Alemanha (3) uma ponte com 78m de vão (Fig. 6), a qual apresentava deflexões excessivas e cujos estais-correntes acabaram rompendo sob carga de multidão. A ponte toda veio abaixo.

Em 1855, o engenheiro alemão Johann August Röbling, emigrado para os Estados Unidos (3,4), construiu junto às Cataratas de Niagara uma magnífica ponte com 280 m de vão, com dois tabuleiros sobrepostos e suportados por cabos parabólicos e estais inclinados (Fig.7). O tabuleiro inferior destinado às carruagens e pedestres e o superior à estrada

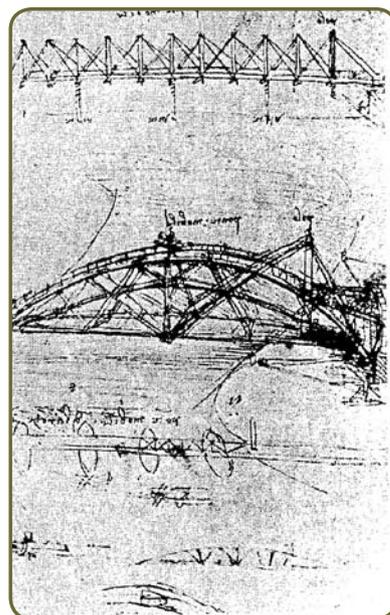


Figura 1

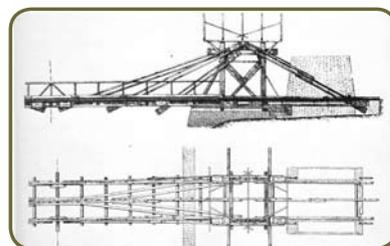


Figura 2



Figura 3



Figura 4

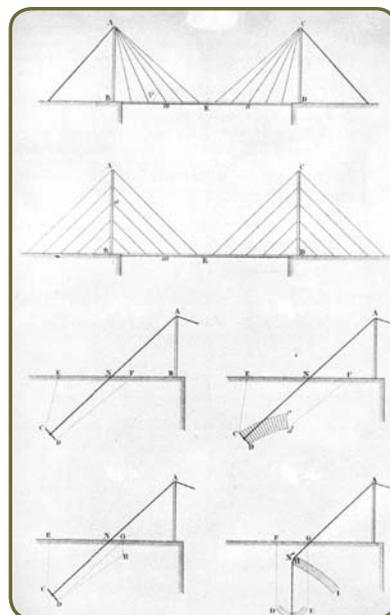


Figura 5

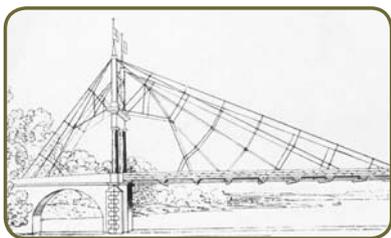


Figura 6



Figura 7

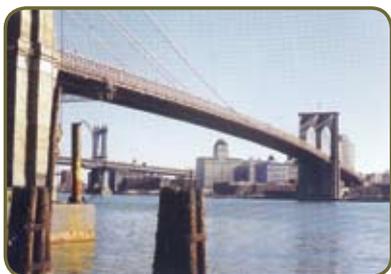


Figura 8



Figura 9



Figura 10

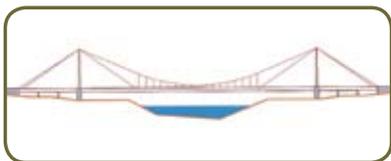


Figura 11



Figura 12

de ferro. Em 1867, o mesmo engenheiro construiu a ponte sobre o Rio Ohio, em Cincinnati, e em 1883 a famosa ponte de Brooklyn, em Nova York, com um vão principal de 486,5 m e um comprimento total de 1059,9 m, usando novamente cabos parabólicos e estais inclinados. Notável! (4). Seus cabos conservam-se até hoje (Fig.8). Röbbling não chegou a ver a ponte pronta. Faleceu em consequência de acidente ocorrido na obra. A ponte foi concluída por seu filho.

Em 1868, foi construída por Ordish et Lê Fleuve a ponte Franz Joseph sobre o rio Moldau, em Praga, com 100 m de vão. E, em 1873, os mesmos engenheiros, usando o mesmo sistema, construíram em Londres a Albert Brige (4) com 122 m de vão, ponte que ainda está em uso, mas com um tráfego mais leve e um pilar auxiliar no meio do vão (Fig.9).

Em 1899, o francês A.Ginclaird provou com uma de suas notáveis obras, a ponte em Cassagne (156 m de vão central) as vantagens da ponte estaiada sobre a ponte pênsil, no que se refere à transmissão de cargas e à rigidez da estrutura.

Em 1925, G. Leinekugel lê Cocq usou solução semelhante para a ponte de Lezardrieux (1) (Fig.10).

Em 1938 o grande Dischinger (4) projetou uma ponte com 409,85 m de vão central sobre o rio Elba, na Alemanha, utilizando cabos parabólicos, cabos verticais e estais pré-tensionados, melhorando com estes últimos acentuadamente a rigidez e a estabilidade aerodinâmica da ponte (Fig.11). Dischinger e, já agora também, Leonhardt, com suas inovações muito contribuíram para a reconstrução das pontes destruídas durante a Segunda Guerra Mundial e na construção de grande número de pontes novas. Dischinger projetou, em 1955, a ponte de Strömsund na Suécia (3), considerada a primeira ponte estaiada moderna (Fig.12).

Nas primeiras pontes estaiadas modernas, utilizaram-se poucos estais concentrados. São exemplos marcantes dessa época as três pontes projetadas por Leonhardt junto com o arquiteto Friedrich Tamms para a cidade de Düsseldorf sobre o Rio Reno, na Alemanha. Nestas três magníficas obras (1,4), a Ponte Theodor Heuss (1958 – Fig.13), a Ponte de Oberkassel (Fig.14) e a Ponte Knie,(1969 – Fig.16), Tamms, a fim de dar ao conjunto um visual único, sugeriu para as três os estais em forma de harpa (Fig.15). São três obras monumentais, próximas uma da outra e nas quais o espaçamento bastante grande entre estais (mais de 30 m) exigiu tabuleiros mais rígidos e de mais altura.

Também, são desta época algumas passarelas estaiadas, das quais uma das primeiras foi construída em Stuttgart (3) no ano de 1960, nos jardins do antigo castelo imperial, cortado agora por várias rodovias. Essa passarela (projeto Leonhardt) foi construída em aço (Fig.17) e seu único pilone assenta sobre apoio de borracha confinada. A estrutura mostrou-se bastante sensível às vibrações provocadas por transeuntes.

Obra marcante na década (1962) foi a ponte sobre o Lago Maracaibo na Venezuela (3), projetada pelo engenheiro e arquiteto italiano R. Morandi. Sua característica: poucos estais concentrados suportando um tabuleiro de concreto bastante pesado (Fig.18) (A propósito, a ponte foi abalroada por uma embarcação e, posteriormente, restaurada).

Atualmente, a não ser por imposições específicas, a solução de poucos estais é pouco usada por ser anti-econômica e pela dificuldade de execução do tabuleiro. Assim, em 1967, o eng. H. Homberg (1) projetou a Ponte Friederich Ebert



Figura 13



Figura 14



Figura 15

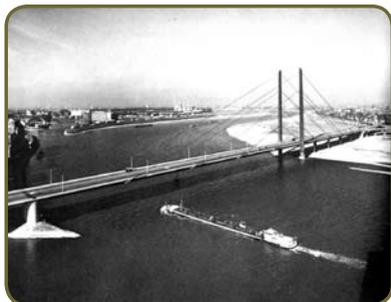


Figura 16

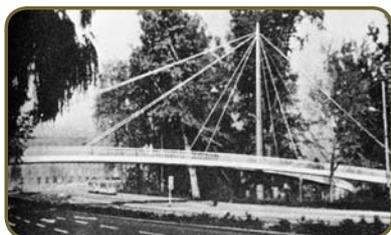


Figura 17



Figura 18

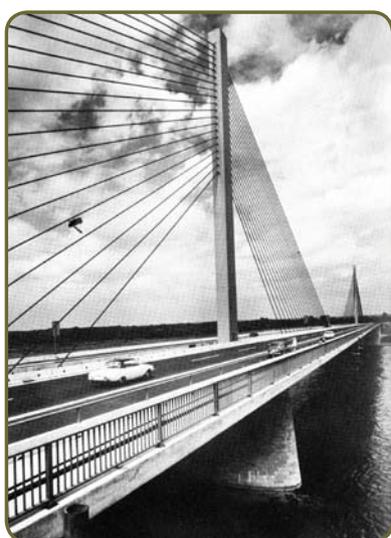


Figura 19

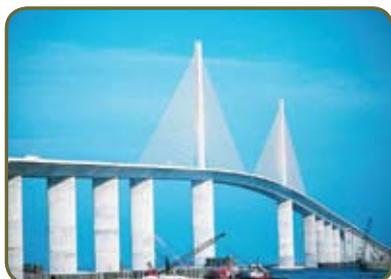


Figura 20



Figura 21

na cidade de Bonn (Fig.19), utilizando, pela primeira vez estais próximos e situados num único plano, solução hoje em dia generalizada e de grande aceitação por sua aparência harmoniosa, por sua economia e facilidade de execução. A proximidade dos apoios elásticos leva a uma flexão longitudinal moderada do tabuleiro tanto na fase de construção (em avanços sucessivos) como na de operação. A suspensão axial do tabuleiro também requer do mesmo rigidez à torção.

Concluindo, pode-se afirmar que o aumento impressionante ocorrido nas últimas décadas do número de pontes estaiadas se deve à introdução dos aços de alta resistência, aos tabuleiros ortotrópicos, ao desenvolvimento da tecnologia tanto do aço como do concreto, dos estais, suas ancoragens e sua execução, bem como à evolução extraordinária da análise estrutural. Estes fatores somados abriram possibilidades quase ilimitadas para a criatividade do projetista usando este magnífico sistema construtivo.

Já, na década de 50, o Prof. Leonhardt recomendava aos seus alunos (fomos um deles) na Universidade Técnica de Stuttgart, que o projetista de pontes trabalhasse associado a um arquiteto paisagista. As amplas possibilidades que oferecem as pontes estaiadas, sua elegância quase inata, sua transparência e ousadia, justificam plenamente a recomendação do prezado mestre (Fig. 20, 21 – Fonte VSL International). ♦

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (01) R. Walther, B. Houriet, W. Isler, P. Mória, J. F. Klein: Cable Stayed Bridges.
- (02) Dieter Jungwirth: Hochleistungsfähige Schrägseile aus der Sicht des Betonbauers. Beton und Stahlbetonbau 83, H 11.
- (03) MS Troitsky: Cable Stayed Bridges - Theory and Design.
- (04) Karl Fritz Mayer: Estruturas metálicas, Vol I – Projetos, pontes rodoviárias e ferroviárias.

## Proposta de intervenção para o FUNDAPARQUE – Projeto Ousadia 2º colocado

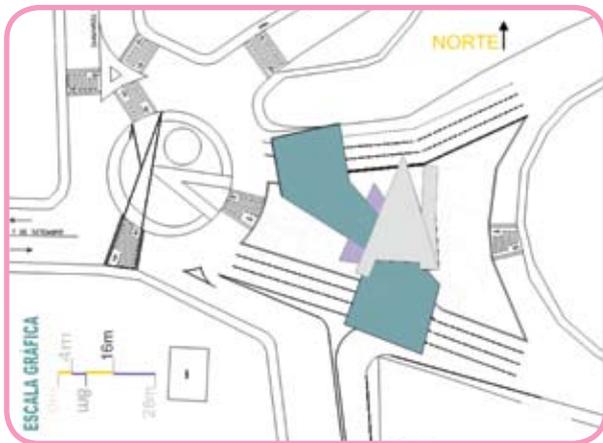


Figura 1: Planta de implantação

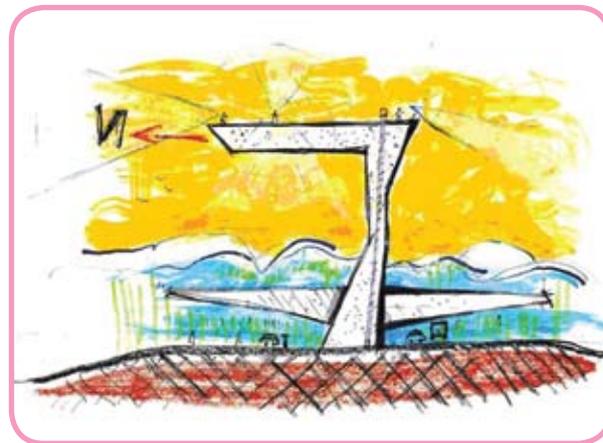


Figura 2: Tensão Arquitetura x Paisagem

Essa proposta é a criação de um novo pórtico de entrada para monitoramento dos fluxos do FUNDAPARQUE e um mirante associado a um centro de informação, para que seja contemplada a paisagem da serra gaúcha. Os vetores territoriais, dentro da área de intervenção, intercalam diferentes escalas geográficas do espaço. Na escala global, o FUNDAPARQUE é um dos melhores parques de eventos da América Latina. Já na escala local, a cidade de Bento Gonçalves possui tradição e qualidade em sua indústria moveleira e na produção de vinhos.

Assim, a proposta parte de uma volumetria que não segue a arquitetura encontrada em algu-



Figura 3: Vista superior e corte

mas obras de impacto em Bento Gonçalves e traz à tona um volume de senso global, apostando numa forma que, com sua ousada estrutura, mostre a força cultural e econômica do parque, da cidade e da região circundante.

O delineamento do projeto evoluiu junto à figura conceitual da tensão. Com isso, a proposta faz uma interlocução e articulação para a sinergia entre a arquitetura e a paisagem, a partir do contraponto. As linhas suaves da paisagem reforçam a forma geométrica com linhas concorrentes e planos agudos, e essa forma severa faz a paisagem ondulada mais singela. Uma se valoriza pela retórica da outra.

### Alunos

Felipe Marchesi de Almeida  
Henrik Carpanedo Lopes  
Luciana Castro Rodrigues  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

### Orientador

Prof. Dr. Luiz Herkenhoff Coelho  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

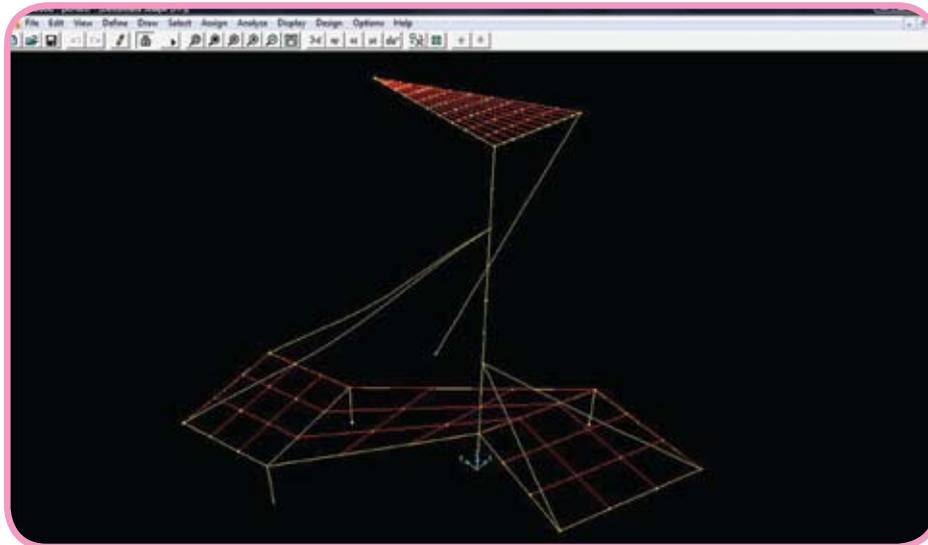


Figura 4: Geometria gerada no software SAP2000

O desenho do mirante e do pórtico, com seções variadas de alguns elementos estruturais, busca a força do concreto, sua organicidade e explora seu potencial plástico. Os grandes balanços desafiam a força gravitacional e revelam a leveza do elemento vertical.

A planta do mirante, em forma triangular, possibilita maior concentração de pessoas nas arestas, pois a relação entre área e perímetro nessa geometria é adequada para a função que receberá que é a de visualizar a paisagem. Essa forma evidencia, também, a relação entre os planos horizontais – solo, pórtico e mirante. O centro de informações e a cobertura do pórtico, projetados em estrutura metálica e vidro, trazem riqueza ao vocabulário arquitetônico. A sombra projetada por essas estruturas cria, no solo, um espaço sublime. A transparência do vidro no centro de informações integra o ambiente interno ao externo. Esse centro articula o fluxo de visitantes, o acesso ao mirante e prevê espaço livre e flexível para usos diversos e efêmeros, tais como exposições da cultura local. Foram planejadas placas fotovoltaicas que se situam na cobertura do pórtico, propondo fontes alternativas de energia.

Para a verificação da viabilidade estrutural foi feito, primeiramente, um pré-dimensionamento, a partir da elaboração da arquitetura. Posteriormente, com a estrutura já com dimensões pré-estabelecidas, usou-se o recurso tecnológico de um software – o SAP2000 – a partir do qual se

obtiveram os esforços reais necessários para o cálculo das dimensões da estrutura.

A técnica construtiva escolhida foi o concreto armado, tendo em vista a sua grande eficiência e capacidade plástica. Optou-se também por peças pré-moldadas, devido à praticidade e suas facilidades, quanto ao canteiro de

obras, rapidez de execução e maior facilidade na montagem da estrutura de grande escala. Nos cálculos, o concreto utilizado é da classe C30 e o aço utilizado para as armações foi o CA-50.

Após a definição da geometria e do material a ser utilizado, as cargas sob as quais a estrutura estaria sujeita, foram consideradas em cada uma de suas áreas de atuação. O peso próprio foi uma carga de extrema relevância em todo o conjunto. Nas lajes, as cargas acidentais e de revestimento também foram levadas em consideração; nas vigas, as reações das lajes, o vento e o peso da alvenaria – quando necessário – compuseram a carga total; os pilares receberam as cargas de vento e as reações de lajes e vigas; já os tirantes receberam as cargas das vigas em balanço.

Logo, com a estrutura devidamente carregada, obtiveram-se todos os esforços e deslocamentos cujos resultados viabilizaram o projeto. É essa ousada composição estrutural que delineou a referida tensão entre a arquitetura e a paisagem local. ♦



Figura 5: Projeto concluído

## Projeto, recuperação e reforço de estruturas cilíndricas

Antonio Carmona Filho  
Tiago Carmona  
Thomas Carmona  
Exata Engenharia e Assessoria

### 1. Introdução

É comum se encontrar estruturas cilíndricas com ampla variedade de problemas de comportamento, inclusive com conseqüências extremas, como o colapso ou precárias condições de funcionamento, tais como deformações excessivas, vazamentos, vibrações etc. que dificultam ou impossibilitam sua utilização.

As causas mais frequentes de mau comportamento se devem a erros conceituais de projeto, que podem estar aliados à ação de ambientes agressivos, agravando os problemas e diminuindo a vida útil dessas estruturas. Os erros de projetos mais comuns são:

- ◆ Análise simplista, nem sempre a favor de segurança, principalmente nas áreas onde a geometria é complexa (mudança de espessuras ou de sistema estrutural, orifícios, alternância de cargas, continuidades e afunilamentos, etc.);
- ◆ Desconsideração de efeito de gradiente de temperatura, geralmente

decorrente de elevadas temperaturas do material estocado, gerando temperaturas internas maiores que as externas;

- ◆ Desconsideração de fenômenos específicos, como formação e colapso de arcos em materiais granulares, efeito dinâmico de descarregamento, fluxo mássico, descarregamento assimétrico etc.
- ◆ Análise deficiente da fissuração, resultando em estruturas muito inconvenientes

no aspecto de desempenho em serviço, apresentando durabilidade e estética inadequadas.

Para simular essas singularidades, a alternativa mais interessante diante da atual facilidade de modelagem por computador é o cálculo por elementos finitos, sempre lembrando que os métodos analíticos tradicionais, mesmo que impliquem em algumas simplificações, não devem ser desprezados, pois constituem valiosas ferramentas de validação de resultados.

Nas indústrias (alimentícia, de papel, de mineração, aciaria e outras) em geral, a agressividade ambiental é elevada e a vida útil dessas estruturas é

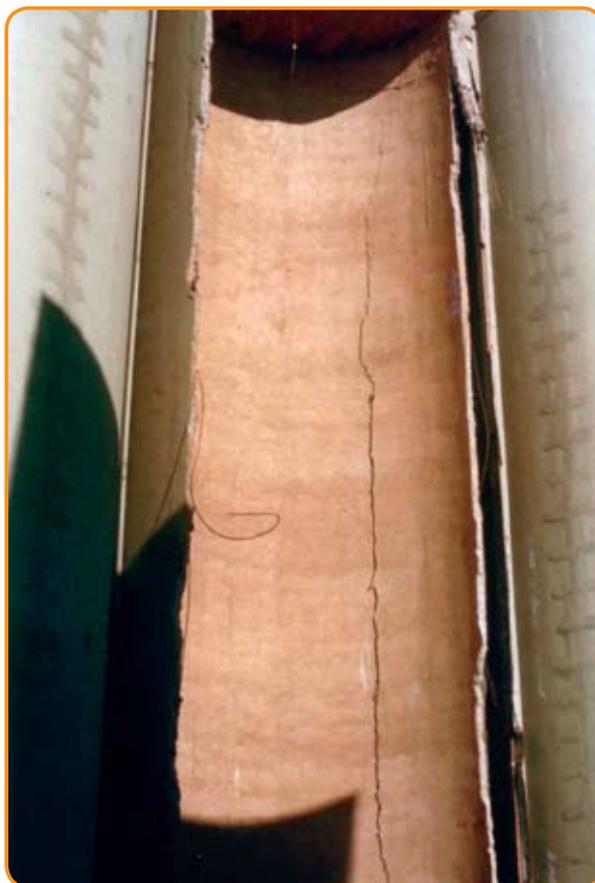
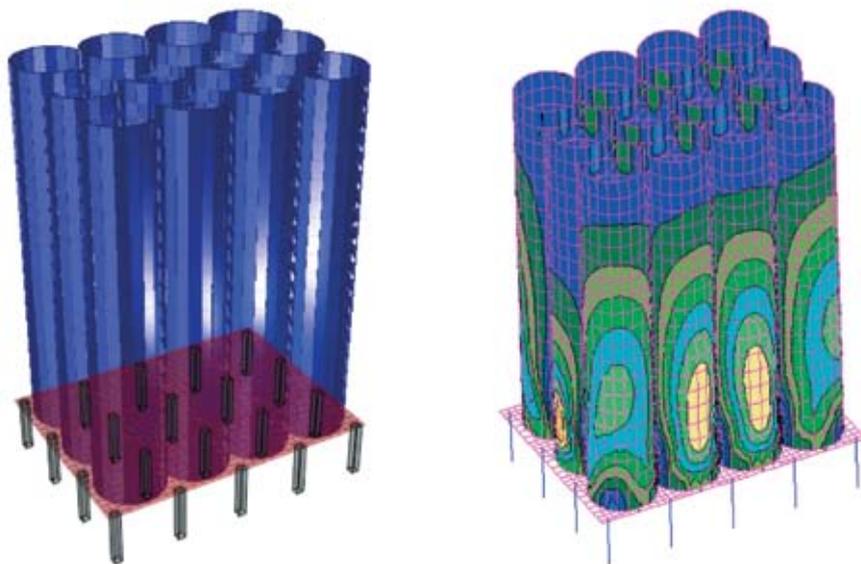


Figura 1: Ruína parcial de um silo do Moinho Peônia – Santa Catarina



Figura 3 – Modelo em elementos finitos de um conjunto de silos



sempenho técnico e financeiro para o caso de estruturas cilíndricas é a protensão externa não aderente, destacando-se as seguintes vantagens:

- ◆ Reforço ativo, que pode ser realizado com a estrutura em utilização;
- ◆ Execução rápida;
- ◆ Excelente controle da fissuração e conseqüente aumento de durabilidade;
- ◆ Fácil manutenção, pois os cabos podem ser substituídos total ou parcialmente com a estrutura em operação e, por estarem visíveis, qualquer dano é facilmente detectado.

A protensão atua como uma pressão externa oposta à do material armazenado, tendendo a anular as tensões de tração.

Os cabos são instalados externamente, protegidos por uma camada de graxa e mangueira de PEAD resistente a ultravioleta.

Após a instalação, é feita a protensão, sendo que os blocos de ancoragem são móveis e podem ser de vários modelos.

Ao final do processo, é executada a caixa de proteção dos blocos de ancoragem com microconcreto.

### 3. Caso – Silos de Carvão na Colômbia

Um caso de destaque por sua envergadura

é o dos silos da mina de carvão de Cerrejón localizados na Guajira – norte da Colômbia.

Trata-se de um conjunto de dois silos em concreto armado para estocagem de carvão com aproximadamente 22 m de diâmetro e 72 m de altura. Com cerca de 20 anos de idade,



Figura 4: Tanque de uma fábrica de papel e celulose que foi reparado, protegido e reforçado com utilização de protensão externa



Figura 5: Vista geral da estrutura

tem capacidade de armazenamento de 12.000 t de carvão por silo.

Cada silo armazena material para um trem de 120 vagões (100 t por vagão), sendo movimentada a quantidade diária de aproximadamente 36.000 t de carvão.

Diversos danos existentes e a suspeita de insegurança frente a cargas sísmicas levaram o cliente a contratar a empresa colombiana Integral Ingenieria, com consultoria internacional da Exata Engenharia para elaboração de diagnóstico e projeto de recuperação e reforço para a estrutura.

Devido aos problemas observados, a operação de descarregamento dos silos se encontrava limitada, podendo apenas ser utilizadas as aberturas junto à parede comum dos dois silos.

Foi realizada uma completa campanha para coleta de dados para possibilitar as análises, incluindo:

- ◆ Inspeção visual completa com exame de percussão;
- ◆ Levantamento geométrico de aberturas não documentadas;
- ◆ Extração de testemunhos de concreto e aço;
- ◆ Ensaio de resistência à compressão, módulo de elasticidade e porosidade do concreto;
- ◆ Ensaio de tração do aço;

Figura 6 - Fissuras, segregações e corrosão de armaduras



Figura 7 – Exame de percussão e ensaio de potencial elétrico



- ◆ Ultra-som;
- ◆ Potencial elétrico de corrosão;
- ◆ Umidade superficial do concreto;
- ◆ Umidade e temperatura ambiente;
- ◆ Medidas de profundidade de carbonatação;
- ◆ Determinação do teor de cloretos.

Diversas combinações de carregamento foram estudadas para obtenção das situações mais desfavoráveis, incluindo a operação

simultânea ou intercalada das aberturas de descarregamento de um mesmo silo, pretendida pela mina.

O costado foi verificado à flexo-tração e flexo-compressão para as solicitações circunferenciais e verticais em diversas seções com armaduras e esforços diferenciados.

Para verificação frente ao sismo foi utilizada análise modal espectral, calibrada com resultados de instrumentação para

Figura 8 – Estudo das cargas atuantes diagrama de pressões, incluindo esvaziamento excêntrico em diversas combinações de casos de carregamento

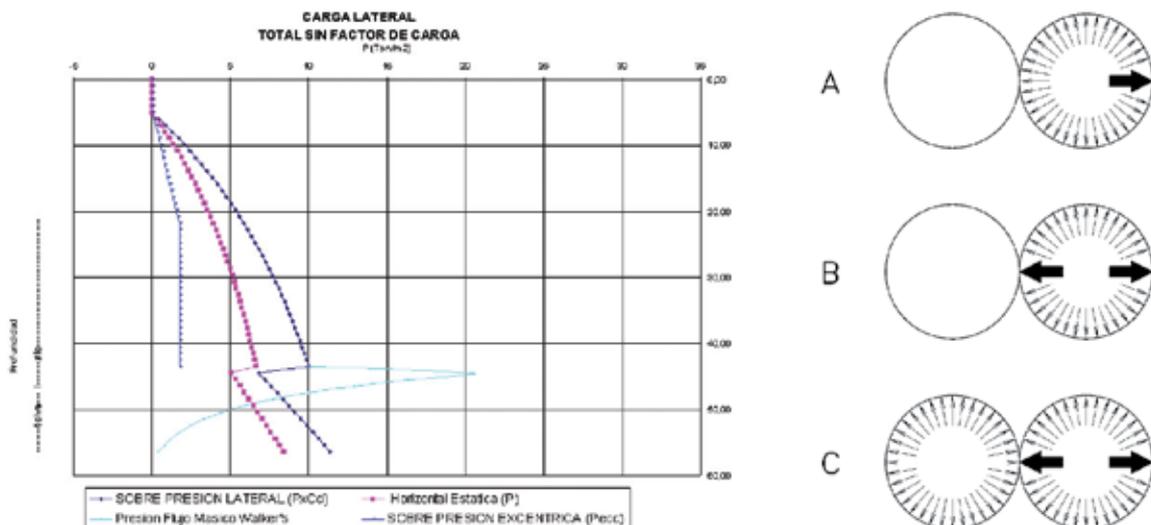
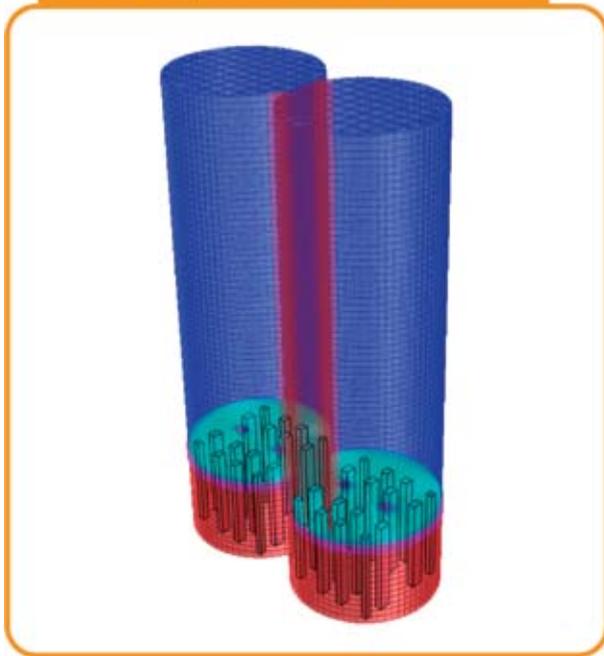


Figura 9 – Modelo tridimensional utilizado para as análises



obtenção de parâmetros dinâmicos, realizada em estudo anterior pela Universidade dos Andes.

Como método aproximado de validação, foram adicionalmente feitas análises simplificadas com modelo de barra engasta-

da de propriedades equivalentes, que mostraram boa aproximação com os resultados obtidos pela análise modal.

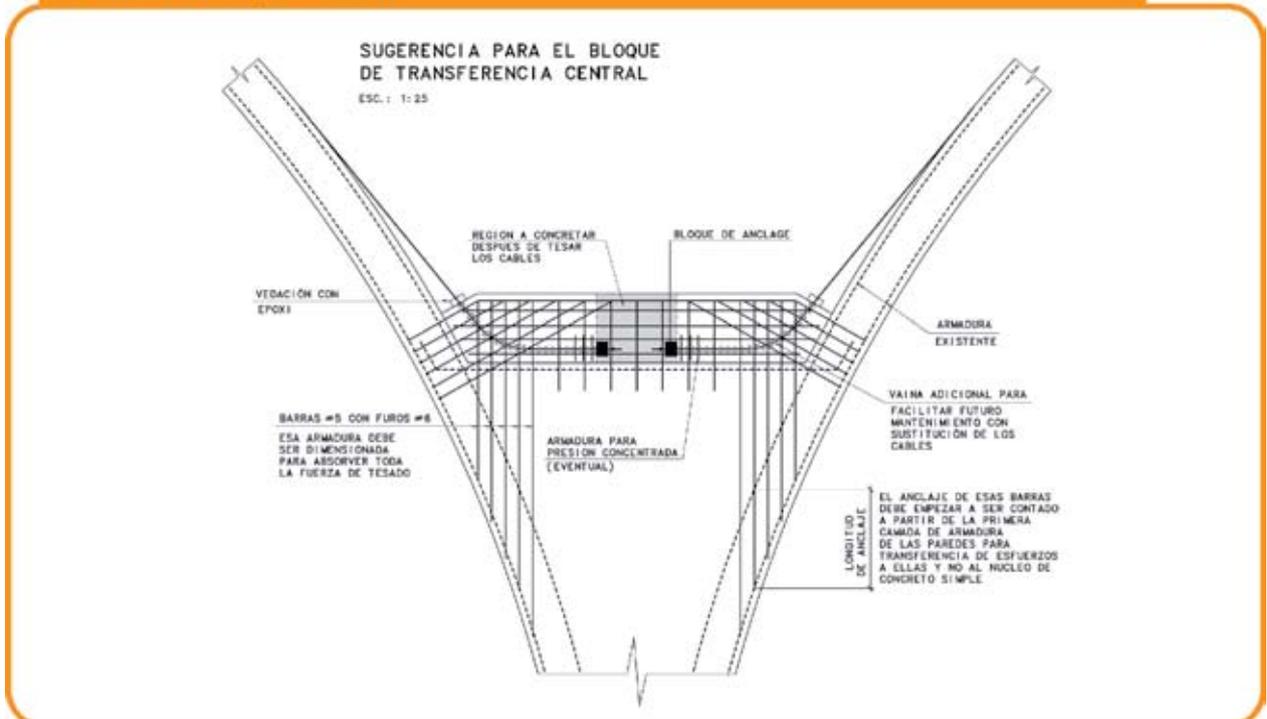
Concluiu-se que o costado não apresenta segurança adequada para os esforços decorrentes da pressão do material e de gradiente térmico, inclusive com elevadas tensões e fissuração em serviço. Quanto às ações sísmicas, a segurança é aceitável, apenas com tensões elevadas em regiões localizadas (concentração de tensões nas aberturas).

A fissuração do costado, decorrente das elevadas tensões em serviço, acelerou a corrosão de armaduras, agravando ainda mais o problema.

Para garantia da segurança e boas condições de utilização, foram especificados procedimentos de reparo, proteção e reforço para as solicitações circunferenciais, tendo sido o projeto desenvolvido com utilização de protensão externa. No momento, está sendo licitada a execução desses serviços.

Um ponto que mereceu atenção especial foi a verificação da união monolítica entre os silos, procurando evitar a protensão dessa região, cuja execução seria muito complexa. Ficou demonstrado que a fissuração da parede comum é aceitável, o que

Figura 10 – Estudos de detalhamento para os blocos de ancoragem dos cabos de protensão



simplificou a solução, tornando necessário apenas um detalhamento especial para combater a fissuração na zona de ancoragem dos cabos.

#### 4. Recomendações gerais para projeto

Em função das experiências anteriores, pode-se salientar as seguintes recomendações básicas para projeto desse tipo de estruturas:

- ◆ Escolher corretamente as cargas a serem consideradas, principalmente as relacionadas com o material a ser depositado (líquido ou granular), com definição cuidadosa de suas características físicas e químicas e sua variabilidade ao longo do tempo;
- ◆ Se necessário, determinar experimentalmente as características do material a ser depositado, pois é comum que os dados dos vários manuais existentes ou o histórico das empresas não estejam adequados à realidade atual e levem a esforços totalmente distintos daqueles que efetivamente irão atuar sobre a estrutura;
- ◆ Realizar criteriosa seleção, dentre os vários métodos que existem na bibliografia, para determinação dos esforços, principalmente de pressões horizontais, em geral o carregamento mais importante a ser considerado;
- ◆ Definir a estrutura corretamente, principalmente os vínculos, de modo a obter esforços solicitantes coerentes com o sistema estrutural real, pois estes podem ser totalmente diferentes daqueles apresentados pela estrutura nas suas várias fases de carregamento;
- ◆ Estudar a rotina de carga e descarga e simultaneidade da atuação de carregamentos para que se formulem as hipóteses de carga mais desfavoráveis para as verificações de estado limite último e de serviço;
- ◆ Finalmente, observar o dimensionamento e detalhamento, seja em concreto armado ou protendido, pois esta é uma fase delicada que merece atenção para garantir que os procedimentos de execução sejam simplificados, evitando erros em obra. ◆

## II WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE PAVIMENTOS DE CONCRETO



Evento paralelo ao 50º Congresso Brasileiro do Concreto



**7-8 de setembro de 2008**  
**Salvador, Bahia**

**Data-limite para envio de resumos:**  
21 de dezembro de 2007

#### Temas

- PROJETO E ANÁLISE ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO
- MATERIAIS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO
- GERÊNCIA E MANUTENÇÃO
- CONTROLE DE QUALIDADE DE CONSTRUÇÃO DOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Mais informações – [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)



Palestrantes do Seminário de Risco

## Seminário discute o risco nas obras de engenharia civil e os procedimentos para reduzi-lo

Fábio Luís Pedroso

O colapso de grandes estruturas tem preocupado recentemente a opinião pública brasileira e mundial. As falhas nas obras da linha amarela do Metrô de São Paulo ocasionaram o colapso do poço de acesso na futura estação Pinheiros, causando a morte de algumas pessoas e grandes prejuízos aos moradores do entorno. Nos Estados Unidos, uma ponte metálica em Minnesota ruiu depois de 40 anos servindo ao intenso tráfego na cidade. O problema do risco na engenharia civil se agrava com o envelhecimento das estruturas, devido aos ataques do tempo e do meio ambiente, ainda mais se estas não são submetidas à vigilância e manutenção periódicas.

O risco é efeito de uma incerteza sobre os objetivos. Quando se projeta e se constrói uma ponte, um edifício, uma barragem, ou qualquer outra obra civil, o engenheiro o faz considerando que a obra será segura, funcional e durável. E geralmente se espera que tais metas sejam alcançadas seguindo-se as normas técnicas do setor, documentos-referência para o meio técnico, pois são resultados de discussões e consensos formados no âmbito das comunidades técnicas regionais, nacionais e internacionais.

“Os engenheiros, as autoridades e a sociedade em geral tendem a pensar que, se uma obra civil segue rigorosamente as normas

técnicas, elas são totalmente seguras do ponto de vista estrutural. Porém, a conformação com as especificações técnicas garante apenas que o mal-funcionamento da estrutura seja mínimo. Mínimo e aceitável”, explicou a professora do departamento de engenharia civil da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Sofia Diniz, no Seminário sobre Risco na Engenharia Civil, organizado pelo IBRACON, Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação da Construção (ALCONPAT) e Associação Sul-Americana de Engenharia Estrutural (ASAE), com patrocínio da Camargo Corrêa, realizado dentro da programação do 49º Congresso Brasileiro do Concreto, em Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul.

Do ponto de vista técnico, as incertezas podem se situar no modelo e na amostragem. Erros no modelo relacionam-se ao mau dimensionamento dos pesos da estrutura e sobre ela, de cargas acidentais, incluindo a força dos ventos para os edifícios altos, dos sismos, entre outros fatores; e às dimensões inadequadas de cobrimento, de área de armadura, etc. Quanto às incertezas nas amostragens, estão relacionadas aos materiais constituintes da peça estrutural (resistência à compressão; módulo de elasticidade; tensão de escoamento; etc).

Num caso trazido para debate no Seminário pelo engenheiro Sandro Sandroni, profissional da Geoprojetos Engenharia, observou-se intensa erosão no vertedouro auxiliar de hidrelétrica,

quando se esperava que a erosão fosse pequena. O caso é típico de incerteza no modelo. Segundo Sandroni, não existe procedimento consagrado nem normas técnicas para projeto contra a erosão de rocha sob a ação de fluxo rápido de água. “Os trabalhos de Brito e Infanti, publicados em 2002, únicos disponíveis sobre o tema, informam que ainda não se acumulou suficiente experiência sobre o assunto e que os métodos de cálculo sugeridos são tentativos”, observou.

Num outro exemplo, o erro foi de amostragem. O projeto de um quebra-mar de enrocamento não levou em consideração os excessos de poropressão cisalhantes e as correções dos valores de palheta. “Mas, havia artesianismo de água doce na base da argila, a aproximadamente 4 km da costa, que causava fluxo ascendente, tornando-a meta-estável e, conseqüentemente, apresentando excessos de poropressão perante cisalhamento”, explicou Sandroni.

### Risco operacional

Do ponto de vista gerencial das obras de engenharia, o risco operacional, possibilidade de ocorrência de perdas resultante de falha, deficiência ou inadequação, é ainda maior. Isto porque o processo de gerenciamento é complexo, sistêmico e dinâmico. As incertezas quanto aos objetivos podem estar nas pessoas, nos processos, nos sis-



Engenheira Nicole Hasparyk faz balanço do Seminário



Professor Luiz Carlos Pinto comenta as apresentações

temas e no ambiente externo. E as conseqüências vão além daquelas relativas à obra, atingindo também a empresa em seus recursos financeiros, juridicamente e em sua imagem.

Este assunto foi abordado por Daniel Karrer, da ELO Group, consultoria especializada em gestão de risco. As incertezas relacionadas às pessoas dizem respeito à competência e idoneidade dos funcionários, à carga de trabalho e às condições do ambiente de trabalho. Em relação aos processos, a falha pode estar na segregação das atividades, na revisão de informações e na aprovação de documentos. Quanto ao sistema, pode haver erros na inserção de dados, no suporte à análise dos dados, no suporte à elaboração de consultas e na geração de relatórios. Por fim, o ambiente externo contribui para o nível de incerteza com as mudanças nos marcos regulatórios, com as condições econômicas e políticas e também com as condições climáticas.

Tais incertezas levam aos eventos de risco operacional: fraudes internas e externas; demandas trabalhistas; segurança deficiente do local do trabalho; práticas inadequadas em relação aos clientes, aos produtos e aos serviços; danos a ativos físicos; interrupção das atividades; falhas nos sistemas de tecnologia da informação; e falhas na execução, no cumprimento de prazos e no gerenciamento de atividades. Os efeitos estendem-se desde ao roubo ou danificação de ativos, perdas de transações e de contratos, até multas e custos não previstos em orçamento.

### Gerenciamento do risco

Pela magnitude das conseqüências advindas do risco na engenharia civil, os estudos e os

programas para sua identificação, mitigação e gerenciamento vêm ganhando destaque no país. A Petrobras implantou e vem desenvolvendo um programa de gerenciamento de riscos que objetiva prevenir falhas e acidentes. Segundo o engenheiro Durval Vilar de Queiroz Júnior, palestrante no Seminário de Risco, “a avaliação de riscos procura identificar antecipadamente os perigos nas instalações, processos, produtos e serviços, quantificando e qualificando os riscos para o homem, o meio ambiente e a propriedade, e propondo medidas para seu controle”.

Durval Júnior explicou que após os acidentes de Cubatão, em 1984, com mais de 100 mortos, na Baía de Guanabara, em 2000, com o vazamento de 1292 m<sup>3</sup> de óleo, e com a P-36, que explodiu e afundou, as pressões sociais aumentaram, a legislação tornou-se mais rigorosa e a empresa se conscientizou das grandes perdas acarretadas pela ausência de um programa de avaliação e gerenciamento de riscos. Hoje, a companhia conta com normas técnicas para a gestão de riscos.

O Ministério da Integração Nacional criou também recentemente um programa para avaliação de riscos nas barragens brasileiras. O motivo é que a maioria das barragens no país já atingiu sua meia-vida e a sociedade pretende utilizá-las por mais 50 anos, o que aumenta o risco de falhas e rompimentos. Esta é outra área que tem freqüentado os noticiários: rompimento da Barragem de Camará, na Paraíba, em 2004, com 7 mortos e 20 desaparecidos; ruptura na Barragem de Ka Loko, nos Estados Unidos, em 2006, com morte de 7 pessoas e prejuízo de US\$ 50 milhões; ruptura na Barragem de Paraguaçu Paulista, em Assis, São Paulo, em 2007.

“Se uma grande barragem rompe, o público em geral questiona as suas condições de segurança. Há, então, a necessidade de se demonstrar os cuida-

dos que estão sendo tomados com a sua segurança e manutenção, de modo a se atenuar a probabilidade de ruptura e mitigar as conseqüências de uma eventual ruptura”, alertou o palestrante João Francisco Silveira, engenheiro da SBB Engenharia.

Ele disse ainda que a melhor compreensão do desempenho da barragem constitui um dos grandes benefícios da análise de risco. “Ela conduz a um exame minucioso dos conceitos de projeto, dos parâmetros dos materiais, do estado de envelhecimento e dos modos possíveis de ruptura”, explicou.

Mesmo com todos os cuidados tomados, o risco, por mínimo que seja, continua. Por isso, para grandes obras a contratação de uma apólice de seguros é procedimento padrão. Para discutir questões securitárias e jurídicas, explicando a estrutura e tipos de apólices, assim como os cuidados que devem ser tomados pelo segurador para não ter surpresas no momento de liquidação, foram convidados para o seminário dois advogados especialistas no tema: Martin Erny Faller, da Cunnigham Lindsey International, e Maurício Luís Silveira, da ETAD.

Faller abordou as nuances entre as condições gerais, especiais, particulares e adicionais, assim como a cobertura de despesas extraordiná-

rias, de manutenção e de responsabilidade civil. Silveira alertou os presentes para os conceitos equivocados e imprecisos das apólices, para a diferença entre os seguros ‘all risks’ e os seguros de riscos nomeados, e para a necessidade de cobertura adicional para os erros de projeto.

“No acidente em engenharia civil a busca do culpado é obsoleta, não é possível nem importante identificar o culpado. O que importa é quem paga o prejuízo. E o direito civil postula que a construtora tem responsabilidade objetiva pela obra. Dividir o prejuízo e pulverizar o risco é, portanto, medida necessária para não levar a empresa à falência”, esclareceu Silveira.

“Sabemos que, por melhor que se construa, o risco é inerente às nossas atividades, e isto foi mostrado neste seminário”, avaliou a engenheira Nicole P. Hasparyk, uma das coordenadoras do evento. Ela acredita que o evento serviu para despertar o interesse do público sobre o assunto e mostrou a importância da análise de risco em todos os segmentos envolvidos.

“O importante é trabalhar ativamente para reduzir a parcela de risco e adotar práticas adequadas para lidar com o risco remanescente”, completou o professor Luiz Carlos Pinto, também coordenador do evento. ♦



## BRAZILIAN INTERNATIONAL ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) SYMPOSIUM

7-8th September | 2008  
Salvador | Brazil

Brazil is one of the major countries in terms of works carried out using RCC. More than 50 dams for hydro generation and water supply were built and new RCC dams are on their way. This is an excellent opportunity to get acquainted with the technical news and to know the all about the new developments in design, constructions and quality control, as well as to interact with international experts on this theme.

**Official languages will be Portuguese and English.**

**Deadline for submission of abstracts: December 21th 2007**

**THEME 1: RCC DAMS – PLANNING AND DESIGN • THEME 2: RCC PAVEMENT  
THEME 3: RCC PRACTICES IN DIFFERENT COUNTRIES • THEME 4: RCC MATERIALS AND QUALITY CONTROL**

# Entidades de classe discutem a situação da engenharia brasileira

O Instituto Brasileiro do Concreto participou do seminário “Reconstruindo a Engenharia Brasileira”, ocorrido nos dias 8 e 9 de novembro de 2007 no Instituto de Engenharia, em São Paulo, capital.

O evento abordou questões relacionadas com a qualidade da formação universitária, com a habilitação do engenheiro civil, com o processo de certificação de escolas de ensino superior e com a forma de contratação dos serviços de engenharia no país.

Participaram do evento representantes de mais de 20 entidades de classe, além de professores universitários, reitores, empresários, estudantes e autoridades. Os seminaristas marcaram posição de que a engenharia passa por um momento delicado por conta da falta de profissionais qualificados no mercado. O Pregão Eletrônico como forma de contratação dos serviços de engenharia foi amplamente criticado.

Mais informações: [www.ie.org.br](http://www.ie.org.br)

São Paulo, SP



## Sistemas construtivos inovadores



No último dia 16 de outubro, a Regional IBRACON Ceará, o Instituto de Estudos dos Materiais de Construção – IEMAC, a Universidade Estadual do Vale do Acaraú – UVA, o Instituto Euvaldo Lod – IEL e o CREA-CE promoveram o Seminário sobre Sistemas Construtivos Inovadores, que lotou o auditório da Federação das Indústrias do Ceará - FIEC, em Fortaleza.

O seminário teve o propósito de promover o conhecimento sobre materiais e produtos inovadores, suas características e possibilidades de aplicação na construção civil e teve como palestrante o engenheiro Hugo Corres Peiretti, professor de concreto estrutural, armado e pretendido na Politécnica de Madrid e membro da Delegação Espanhola ao International Association for Bridge and Structural Engineering – IABS e da Federation Internationale du Beton – FIB.

O evento contou com o apoio da ABECE, da FIEC e da Impacto Protensão.

# Brasil sedia Workshop Internacional sobre Pavimentos de Concreto

O Instituto Brasileiro do Concreto o International Society for Concrete Pavements (ISCP), com o apoio da Escola Politécnica da USP, da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e da Escola Politécnica da Universidade Estadual de Pernambuco, realizaram em Recife, nos dias 21 a 23 de outubro de 2007, o Workshop Internacional sobre as Melhores Práticas para Pavimentos de Concreto.

O evento constitui-se em fórum internacional de discussão das melhores práticas para pavimentação em concreto de rodovias, vias urbanas, pisos industriais e aeroportos, contando com a presença de destacados especialistas na área, como:

- ◆ Dan Zollinger, professor da Universidade do Texas (EUA) e presidente do ISCP, que abordou a cura dos concretos através do uso de membranas químicas;
- ◆ Mark Snyder, consultor da Federal Highway Administration e professor da Universidade de Pittsburg (EUA), que tratou da construção e manutenção de pavimentos;
- ◆ Michael Darter, professor da Universidade de Illinois (EUA), proferiu palestra sobre os modelos para gerência e desempenho com ênfase nos problemas de desempenho de modelagem da degradação de pavimentos



- ◆ Lev Khazanovich, professor da Universidade de Minnesota (EUA), apresentou a modelagem de tensões em placas de concreto por elementos finitos em duas e três dimensões;
- ◆ Mang Tia, professor da Universidade da Flórida (EUA), abordou as modernas técnicas de projetos, detalhando as mais importantes variáveis de carregamento e clima;
- ◆ Shiraz Tayabji, ex-presidente do ISCP e professor da Universidade de Purdue, que fez um panorama da evolução das técnicas de projeto e construção de pavimentos nos Estados Unidos.

## Campo Grande discute a sustentabilidade na Construção Civil

A Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, a Universidade Estadual de Londrina e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o apoio da Regional IBRACON na região, realizaram, em Campo Grande, o IV Encontro Nacional e o II Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. O evento ocorreu de 12 a 14 de outubro, no Teatro Glauce Rocha, na UFMS.



O encontro procurou refletir sobre os impactos da construção civil no meio ambiente e as formas de sustentabilidade capazes de minimizar tais impactos. Concomitantemente, aconteceu o Concurso Bienal da Sustentabilidade José Lutzenberger – Concurso Latino-Americano de Projetos, Produtos e Processos para um Ambiente Construído mais Sustentável.

# Atividades na Regional Rio de Janeiro



Foram realizados na Regional IBRACON no Rio de Janeiro o Seminário "Patologias nas Edificações, nos dias 23 e 24 de outubro, e o Curso de Pontes, nos dias 19 e 20 de novembro de 2007.

O Seminário discutiu as responsabilidades nas inspeções em edificações, as patologias, a recuperação e os custos de manutenção. Já, o curso abordou as fundações, os conceitos gerais para projeto, as técnicas computacionais para análise e dimensionamento de pontes e os aparelhos de apoio e juntas de dilatação.

## Seminário discute hidratação, pega e reologia do cimento

Foi realizado no dia 13 de novembro de 2007, no Departamento de Engenharia de Construção Civil – EPUSP, o Seminário "Técnicas analíticas modernas no estudo da hidratação, tempo de pega e reologia do cimento Portland", sob o patrocínio da GRACE BRASIL e apoio da ABCP e IBRACON, por ocasião da passagem de pesquisadores da Grace/Boston por São Paulo. O encontro teve o objetivo de divulgar o trabalho que se desenvolve na ASTM visando à normalização do ensaio de determinação do calor de hidratação pelo calorímetro isotérmico ou de condução.

Na abertura, a Enga. Inês L. S. Battagin, Superintendente do CB-18/ ABNT, apresentou dados sobre a "Evolução da normalização técnica de cimento no Brasil", ressaltando o esforço do CB 18 em atualizar a normalização brasileira sobre o cimento, atento ao que ocorre no exterior.

O Dr. Paul Sandberg, Coordenador do Grupo que estuda o tema, abordou na sua palestra "Técnicas calorimétricas no estudo da hidratação do cimento e na determinação do tempo de pega" princípios básicos na hidratação do cimento portland, fundamentos da determinação do calor de hidratação pelos calorímetros adiabático e semi-adiabático e a sua aplicação na determinação do teor ótimo de sulfato de cálcio, e o estudo da interação cimento/aditivo. Divulgou também o Programa Grace Adical de aplicação

de calorímetro semi-adiabático em obra e em Centrais de Concreto.

A Dra. Denise Antunes da Silva apresentou resultados de aplicação de aditivo na aceleração da reação de hidratação da fração escória do cimento de alto forno.

Complementando as apresentações, o Dr. Rafael Pileggi e Profa. Maria Alba Cincotto apresentaram resultados de pesquisa em curso sobre "Consolidação de materiais cimentícios: hidratação x aglomeração", numa análise comparativa entre a liberação de calor de hidratação de pastas cimentícias e a evolução de sua consistência em função do tempo, medidas por ensaios de reometria oscilatória, determinando o módulo de armazenamento elástico ( $G'$ ). ♦



## Torre-Mirante – Projeto Ousadia 3º colocado



### Premissas do projeto

Visando atender o potencial turístico de Bento Gonçalves criou-se uma obra de arte, símbolo do progresso da região dos vinhedos. Um ícone de modificação da paisagem, do meio e da sociedade. A torre-mirante proposta agrega espaços de contemplação para a cidade e para as grandes áreas verdes que repousam sobre o relevo sinuoso da região.

A intenção de verticalização da torre é amenizada com a integração do entorno alcançada na base. A malha viária necessitava de uma adequação para organizar o fluxo de automóveis e dar uma maior prioridade ao pedestre que acessa o parque sobre a base do mirante, logo, o posto de controle de veículos foi rebaixado de maneira que aquele que esteja usufruindo do parque não tenha um contato direto com o intenso fluxo de veículos.

Através dessas intervenções gerou-se uma praça seca que serve de cobertura para o posto de controle de veículos, além de configurar um espaço central que possui infra-estrutura como banheiros, depósitos, centro de informações turísticas e também áreas de estar. Este local situado no subsolo

possui flexibilidade para a divulgação de eventos e também para alguns tipos de comércio, no caso sugerido, uma loja de vinhos, uma de artesanato e uma livraria. Este subsolo e a praça seca possuem acesso por todos os lados, tendo rampas suspensas por tirantes - de ligação onde se encontra o hall de entrada para a torre-mirante. Um elevador panorâmico com vista para o parque garante ao usuário uma prévia da vista, assim como a escada possui a sua fachada leste permeável.

A integração com o ambiente encontra-se presente nas soluções sustentáveis empregadas, como o reaproveitamento das águas pluviais e a captação de energia solar através de placas fotovoltaicas que alimentam o restaurante panorâmico situado no alto da torre assim como sua infra-estrutura. Este possui sistema de ventilação cruzada e controlada, também conta com brises solares que filtram a intensidade das radiações solares.

O andar inferior ao restaurante é configurado por áreas fechadas, junto à circulação, e abertas nas extremidades que permitem uma ampla visão da região. Este pavimento foi planejado para atender o usuário com placas informativas que localizam os pontos turísticos nas diferentes visuais.

Há a possibilidade de substituição das torres de transmissão que poluem visu-

#### Alunos

Christian Bartz Steyer

Fábio Maia Guzenski

Renan Alves Pereira

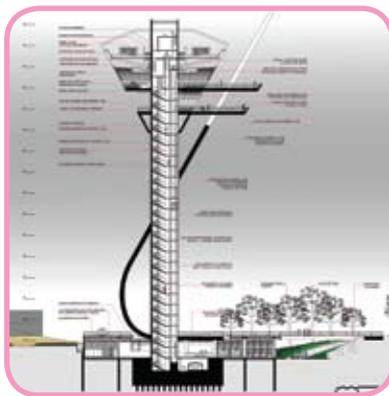
Thiago Silveira dos Santos

Pontifícia Universidade Católica – PUC-RS

#### Orientador

Prof. Esp. Felipe Brasil Viegas

Pontifícia Universidade Católica – PUC-RS



almente o entorno por um único ponto sobre o mirante na continuidade dos pilares metálicos de sustentação da cobertura. A parte periférica desta cobertura possui um fechamento em policarbonato, ampliando a visão para o céu daqueles que se encontram no restaurante. Desta forma criamos um marco com relação direta entre sua forma e suas necessidades funcionais.

### Descrição dos principais elementos estruturais

Consistente com a importância da obra e o arrojo arquitetônico buscado, num conjunto com evidente impacto estético, funcional e referencial para o parque bem como para a região turística dos vinhedos na serra gaúcha - onde será implantado também as soluções estruturais e construtivas exigem o pleno uso da potencialidades dos materiais com ênfase nos elementos em concreto armado e protendido bem como nas soluções executivas.

Sob ponto de vista estrutural merece destaque especial a torre construída em concreto armado de alto desempenho, concebida como uma casca tendo paredes na ordem de 30 cm de espessura, trabalhando solidariamente com o volume dos elevadores e inter-travado pela escada interna.

Esta solução numa seção estrutural com dimensões de 4 x 6 m confere rigidez para a grande torre em balanço de aproximadamente 75 m de altura. No alto o restaurante panorâmico avança em balanços de 6m dispostos de cada lado da torre, formando um volume tronco piramidal. Nesta situação o equilíbrio das cargas permanentes favorece o conjunto pela redução da parcela de momentos fletores.

A grande lâmina que intercepta a torre na base e a meia altura é concebida como uma casca curva de espessura avaliada em 1m e largura de 7 m. Este elemento prolonga-se num balanço que forma com o mirante e o terraço panorâmico do restaurante, em combinação com o corpo da própria torre, triângulos superpostos. Assim a lâmina

funciona como apoio para os decks e estes, por sua vez, travam as placas à flexão provocada pelas cargas aerodinâmicas. A partir da altura dos terraços a lâmina é rasgada mantendo-se as faixas laterais que definem o perfil do conjunto, liberando a visão e a intersecção com as plataformas e, reduzindo significativamente

a área de obstrução ao vento no grande segmento em balanço que atinge a cota 80 m.

Uma terceira estrutura que merece destaque trata-se da laje que cobre a guarita de controle e a via rodoviária no acesso ao parque. Esta estrutura funciona como passarela e caminho de acesso junto à base da torre, vencendo um vão livre com 18 m. Neste caso a solução utilizada foi a de uma laje com nervuras unidirecionais e protendidas, garantindo-se as condições de durabilidade e deformações estados limites de serviço mesmo com uma estrutura relativamente esbelta.

### Materiais e sistema construtivo

O uso do CAD justifica-se, amplamente, neste contexto entre outras pelas seguintes vantagens:

As estruturas apresentam, por suas dimensões, elevados carregamentos de compressão. O uso do concreto de alta resistência viabiliza a utilização de peças com menores dimensões e possibilita, por conseqüência, redução na carga peso próprio, principal parcela de carregamento no contexto;

O ganho no módulo de elasticidade do concreto é interessante fator na redução das deformações e deslocamentos da estrutura, uma das mais relevantes questões de projeto numa estrutura como a que aqui está sendo proposta;

O incremento de durabilidade conferido pelo CAD é importante numa estrutura duramente exposta à intempérie e cuja inspeção e manutenção é sempre uma operação complexa e dispendiosa.

No que trata do sistema construtivo indicamos que a torre poderá ser executada pelo sistema de fôrmas deslizantes, recomendando-se que as escadas por sua complexidade de moldagem e pelas dificuldades que imporiam na construção da casca externa sejam pré-fabricadas, sendo solidarizadas ao conjunto em obra com o uso de elementos metálicos nas uniões. O mesmo sistema de fôrmas deslizantes deverá ser utilizados nos grandes segmentos lineares da lâmina. ♦

## Mestres e Doutores homenageiam seu professor orientador

Eliana Monteiro – UPE  
Salomon Levy – UNINOVE



Prof. Eliana Monteiro apresenta a Pirâmide de concreto e o concreto fotografado, símbolos comemorativos da homenagem ao orientador

Como parte das atividades paralelas ao Congresso Brasileiro do Concreto 49° CBC2007, ocorrido em Bento Gonçalves, os 41 Mestres e 24 Doutores que obtiveram seus títulos em cursos de pós-graduação “stricto sensu”, sob a orientação do Prof. Paulo Helene, homenagearam o dedicado e reconhecido pesquisador numa simpática cerimônia surpresa, ocorrida logo após o lançamento do livro *Materiais de Construção Civil*, no qual muitos deles deixaram também sua valiosa contribuição voluntária num dos seus 51 substanciados capítulos.

“Na realidade trata-se de homenagear aquele que nos deu e tem dado, inúmeras oportunidades de crescimento acadêmico e profissional, sempre convidando-nos a trabalhar juntos, dar aulas, publicar, participar e propor projetos de pesquisa” declara entusiasmada a Prof. Dra. Eliana Monteiro, uma das organizadoras da homenagem e hoje professora dos cursos de mestrado acadêmico da UNICAP e da UPE, em Recife, que já formou 3 Mestres, considerados carinhosamente de “netos” de Paulo Helene.

“No meu caso, ele foi meu orientador de mestrado na UFRGS e de doutorado na EPUSP,



Reginaldo (EPUSP), Prof. Osvaldo Cascudo (UFG), Prof. Helena (UFG), Talita (EPUSP) e Prof. Maristela (UFES), presentes na homenagem

tendo oportunidade ainda de completar um MBA em Patologia das Construções no Instituto Eduardo Torroja em Madri. Estamos trabalhando juntos há 20 anos e continuo aprendendo com meu mestre”, comentou orgulhoso o Prof. Enio Pazini Figueiredo, considerado por Paulo Helene o “filho nº 1”, uma vez que foi um dos primeiros doutores e também o mais jovem doutor na época da obtenção do título, então com 28 anos de idade. Hoje Enio já formou 22 Mestres e 2 Doutores, é Conselheiro eleito há duas gestões no IBRACON e um dos mais conceituados profissionais na área de patologia e reabilitação de concreto do país.

“Fui seu companheiro de turma na POLI e me recordo de que fazíamos rodízio de carro juntos com outro colega, o José Luiz Salvoni, para irmos à Cidade Universitária e economizar combustível. Desde aquela época tínhamos uma visão de preservação ambiental e economia de recursos não renováveis” contou em tom de brincadeira o Prof. Salomon Mony Levy, hoje pesquisador da UNINOVE e Presidente, há 10 anos, do Comitê de Meio Ambiente do IBRACON.

“O Professor dava corda pra gente, empurrava nas atividades de pesquisa e consultoria e facilitava para ir para fora do país. Me lembro que numa dessas fui parar em Otawa no IRC,



MSc. Carine Hartmann (a direita do Prof. Paulo Helene) comemora com amigos



Doutor Paulo Barbosa (vermelho) rodeado de amigos na festa de homenagem

com 15°C abaixo de zero e 30cm de neve” disse o Prof. Luiz Roberto Prudêncio da UFSC, que hoje já formou mais de 19 Mestres e 4 Doutores, todos considerados “netos” de Paulo Helene. Também da UFSC e membro dessa grande e bem formada família de excelência em concreto, é o Prof. Wellington Repette, infelizmente ausente à homenagem por estar no exterior. Também não compareceu por motivos familiares a Profa. Maryangela Geimba de Lima, do ITA/CTA.

“Paulo Helene me cobrava texto e trabalho, mas naquela época era muito difícil encontrar tempo para bem realizar uma tese de doutorado. Eu estava no IPT como Chefe de Setor e então tive uma idéia: Vamos fazer um contrato de “prestação de serviço com multa, prazos, relatórios parciais, etc.”... Assim fizemos, registramos o contrato e a tese saiu...” recordava Dr. Cláudio Sbrighi Neto, o primeiro doutor formado nessa família, hoje Conselheiro do IBRACON há anos, sócio fundador do mesmo e o mais conceituado geólogo do setor.

“A verdade é que tive sorte e recebi alunos que se transformaram em grandes amigos e se revelaram pesquisadores com perfil de liderança no setor. Tentei não atrapalhar e fiz o possível para facilitar e viabilizar os projetos de cada um” conta modestamente o Prof. Paulo Helene, que também teve a oportunidade de formar duas Doutoradas na Argentina: “Buscamos el mejor de Sudamerica en el area de nuestro interés que es hormigón” declararam as Professoras Positieri e Maldonado, na festa.

Muito emocionado e agradecido pela homenagem o Prof. Paulo Helene tomou conhecimento que pelos levantamentos realizados pelos próprios ex-alunos, essa família de excelência em concreto, constitui-se de mais de 225 membros, sendo 24 Doutores diretos, 41 Mestres diretos,

acrescidos de mais de 140 Mestres e 12 Doutores, “netos”, todos já concluídos. E essa família tende a crescer aceleradamente, em progressão geométrica, nos próximos anos. “Trata-se, provavelmente de uma das maiores e mais importantes comunidades do concreto no mundo, que tem apenas uma raiz, numa espécie de árvore genealógica acadêmica”, disse o Dr. Leonel Tula. Imaginem se contabilizarmos a produção científica, técnica, os cursos, consultorias, eventos organizados, direção de comitês e associações no país e exterior, palestras, livros..., “que impressionante contribuição à engenharia deste país”, comentou o Prof. Isaia.

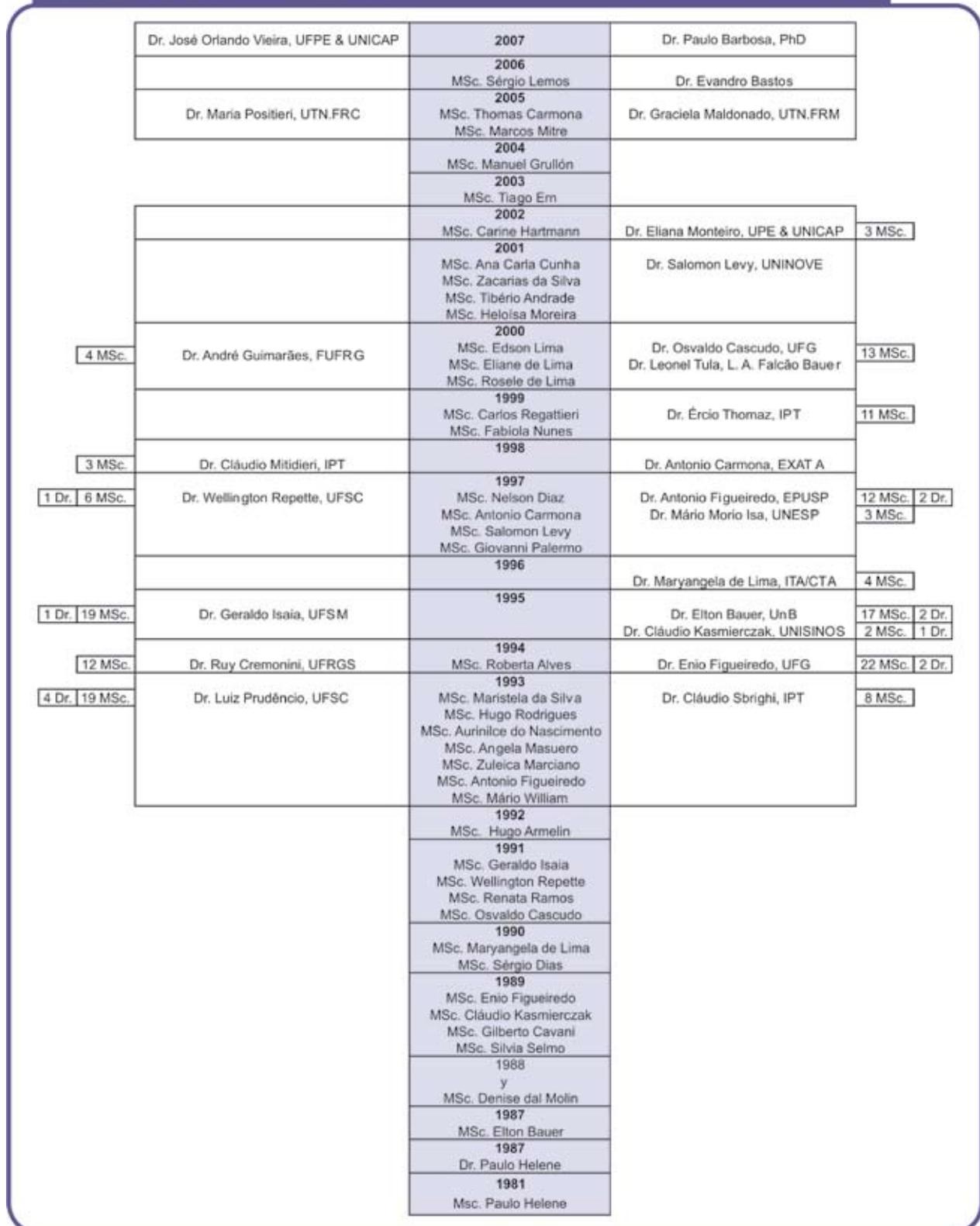
Para celebrar o acontecimento os ex-alunos junto com a Arq. Fernanda Pereira, esposa do orientador, que também guardou segredo para surpreendê-lo durante o 49º CBC2007, decidiram construir uma pirâmide de concreto, gentilmente moldada e doada pela GRACE, onde foram gravados em alto relevo todos os nomes dos Mestres e Doutores diretos e que terá destacada posição permanente na galeria de troféus do Prof. Paulo Helene. Na ocasião, a GRACE também presenteou o Prof. Paulo Helene com uma imagem fotografada em concreto, novidade absoluta e uma das grandes invenções da atualidade no campo dos novos concretos. Todos os membros da família de excelência em concreto receberam uma mini-pirâmide para marcar esse momento histórico.

Muito emocionado, o pesquisador dizia orgulhar-se de que tantos pesquisadores hoje reconhecidos, brilhantes, dedicados, competentes e que descobriram a satisfação de trabalhar com o concreto, tenham convivido um bom tempo de suas vidas com ele, e credita isso a oportunidades e coincidências das mais felizes de sua vida. “Na verdade, o maior prêmio foi ter a oportunidade de descobrir, estimular

e desenvolver talentos natos”, repetiu várias vezes na carinhosa cerimônia de homenagem. Para conferir a importância dessa família, basta

só dar uma olhada na “árvore genealógica acadêmica e cronológica” resumida e apresentada na Fig. 1. ♦

**Figura 1 – Árvore genealógica acadêmica resumida da família de excelência em concreto e construção civil**



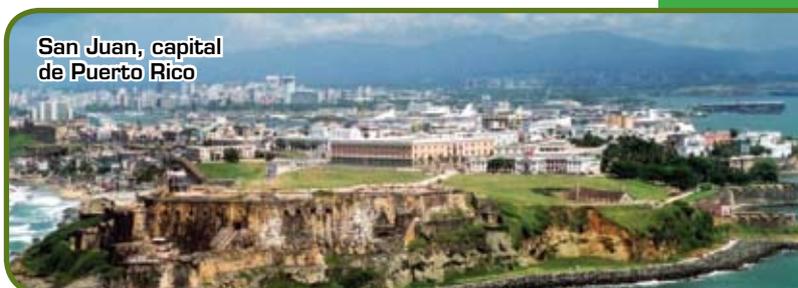
## Convenção do ACI em Puerto Rico

A "ACI Fall Convention" ocorreu no resort de "El Conquistador" no estado agregado independente de Puerto Rico dos Estados Unidos, de 14 a 18 de outubro de 2007. Como sempre, essa Convenção também foi muito concorrida, com mais de 1.500 participantes de todas as partes do país e de mais 35 países.

O forte do evento são as reuniões abertas e presenciais dos membros dos Comitês Técnicos, muitas das quais se iniciam às 6h e se encerram às 21h todos. São mais de 200 Comitês. Entre essas reuniões, ocorrem outras, como a dos parceiros internacionais do ACI, entre os quais figura o IBRACON, a de abertura, a de prêmios, o dia dos construtores, o encontro internacional, o dia dos estudantes e outras.

O IBRACON, representado pelo Prof. Paulo Helene, seu atual vice-presidente, esteve presente em mais esta Convenção do ACI, completando um ciclo de 10 convenções seguidas, marcando a presença brasileira nas importantes reuniões internacionais do setor mundial de concreto.

Dentro dessa saudável política de permanente promoção da engenharia de concreto no Brasil e no exterior, estiveram presentes também na delegação brasileira: a reconhecida Enga. Jussara Tanesi, gerente de Projetos da FHWA, em Washington; a Profa. Sofia Diniz, professora adjunto do Departamento de Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais, que brilhantemente preside o Comitê Técnico "ACI 348 Structural Safety", e o diretor vice-Presidente do IBRACON.



San Juan, capital de Puerto Rico

O professor Paulo Helene participou da tradicional sessão internacional "Structural Concrete in the Americas" e renovou a parceria internacional convidando o futuro presidente do ACI, Eng. Luiz Garcia, para proferir palestra no V HPC2008 "V INTERNATIONAL ACI/CANMET CONFERENCE ON HIGH PERFORMANCE CONCRETE STRUCTURES AND MATERIALS", sob a coordenação do Conselheiro Prof. Enio Pazini e do Diretor Regional de Manaus Eng. Edvar Andrade.

Outro destaque foi a conferência internacional dos coordenadores do Canal do Panamá, liderados por Alberto Aleman Zubieta, uma fantástica obra de bilhões de dólares, totalmente realizada pela Engenharia do Panamá.

Paulo Helene também aproveitou a Convenção para estreitar os laços de cooperação com o Comitê Internacional da ISO, presidido pelo Eng. Shuaib Ahmad, membro também do ACI, confirmando sua presença na próxima reunião do Comitê, a realizar-se em Los Angeles, um pouco antes da Convenção do ACI de primavera (2008).

## Engenheiro brasileiro é homenageado membro honorário do ACI

O professor e engenheiro Selmo Chapira Kuperman, ex-presidente do IBRACON, foi eleito membro honorário do American Concrete Institute (ACI). A eleição é realizada durante a ACI Fall Convention pelo Conselho de Direção do ACI.

Segundo William Tolley, seu vice-presidente executivo e que ficou encarregado do comunicado, o título se deve a uma vida dedica-

da à tecnologia dos materiais do concreto e ao avanço do conhecimento do concreto massa e do desempenho das barragens, além dos esforços excepcionais do profissional em promover os programas internacionais do ACI.

O anúncio formal será feito na Opening Session and Awards Program, em 30 de março de 2008, no Hyatt Regency Century Plaza, em Los Angeles, Estados Unidos.

# I Congresso Nacional de Engenharia Civil no Paraguai

No último dia 3 de novembro, o Prof. Dr. Enio Pazini Figueiredo, Conselheiro do IBRACON, recebeu da Universidade Nacional de Asunción, Universidad Católica de Asunción e da Asociación Paraguaya de Estructuras, durante o "I Congresso Nacional de Ingeniería Civil", o "Reconhecimento pelo seu constante apoio ao desenvolvimento da Engenharia Civil do Paraguai".

A placa de Reconhecimento foi entregue pelo Decano Prof. Dellavedova, Prof. Carlos Montero (Diretor da Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción) e pelo Prof. Sergio Gavilán. Estavam presentes, entre outros reconhecidos professores das referidas Universidades, a Prof<sup>a</sup>. Angélica Ayala e o Prof. Pablo Yugovich.

Durante o evento o Professor Enio Pazini Figueiredo proferiu duas conferências sobre "Avanços nas Áreas de Diagnóstico e Reabilitação de Estruturas de Concreto" e divulgou a "V International ACI/CANMET Conference on High Perfor-



mance Concrete Structures and Materials", que será realizada durante os 18 a 20 de Junho de 2008, em Manaus.

## Sócio do IBRACON recebe Ordem Nacional do Mérito Científico

O Diretor-Presidente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Vahan Agopyan, recebeu no último dia 10 de outubro, no Palácio do Planalto, em cerimônia com a presença do Excelentíssimo Presidente da República do Brasil, Luiz Inácio Lula da Silva, as insígnias e o diploma da Ordem Nacional do Mérito Científico.

A Ordem Nacional do Mérito Científico, instituída em 1993, premia personalidades nacionais e estrangeiras que se distinguiram por relevantes contribuições à Ciência e à Tecnologia.

O Presidente da República é o Grão-Mestre da Ordem e o Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, o Chanceler. As propostas de admissão ou promoção de personalidades no Quadro da Ordem ou de concessão da Medalha Nacional do Mérito Científico podem ser apresentadas ao Chanceler pelos membros do Conselho, pela

Academia Brasileira de Ciências ou por qualquer autoridade ligada à área da Ciência e Tecnologia. As propostas devem ser justificadas e acompanhadas do curriculum vitae dos candidatos.

A Ordem dispõe também de uma Comissão Técnica, constituída de nove personalidades de alto nível, incumbida de apreciar o mérito de cada proposta de nome para admissão ou promoção, bem como para a Medalha.

Vahan Agopyan é graduado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP, da qual foi diretor e é professor titular. Atualmente, também é membro dos Conselhos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), do Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (Ipen), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Instituto de Engenharia.



## Estatueta *La Giraldilla* é conferida a engenheiro brasileiro

A cidade de Havana, capital de Cuba, acaba de homenagear o engenheiro Paulo Helene, ex-presidente do IBRACON e professor titular da Universidade de São Paulo, condecorando-o com uma réplica da tradicional estatueta denominada “La Giraldilla de La Habana.”

A Giraldilla é um dos símbolos mais representativos da cidade e o mais antigo. Foi realizada pelo escultor Jerónimo Martín Pinzón na terceira década do século XVII. A estátua original se encontra no “Museo de la Ciudad, antigo Palacio de los Capitanes Generales”.

O prêmio, instituído na década de 70, é conferido aos cidadãos e entidades que tenham “...alcanzado meritos extraordinarios por su excepcional contribución al desarrollo y fortalecimiento de la Ciudad de La Habana y su pueblo, en la producción, la educación, la salud, la cultura, la ciencia y los deportes...” e, no caso específico, foi outorgada ressaltando que a contribuição tecno-científica do pesquisador Paulo Helene tem sido positiva para o desenvolvimento tecnológico do país, dentro da busca de um projeto nacional socialista, participativo, humano e justo.

A estatueta foi outorgada a outro brasileiro bem conhecido, o Frey Beto. No campo das ciências aplicadas (engenharia), essa condecoração também foi conferida a destacados profissionais do quilate do Prof. Manuel Fernández Cánovas, Dra. Carmen Andrade e Prof. Jose Calavera, da Espanha,

Profa. Liana Arriete de Bustillo, da ALCONPAT da Venezuela e Arq. Heraclio Esqueda, ex-presidente do IMCYC do México. O Prof. Dr. Vítervo O’Reilly, muito conhecido e amigo dos brasileiros, teve papel importante na indicação do engenheiro Paulo, e também é um dos poucos cubanos da área que já recebeu essa homenagem.

A solenidade de entrega do Prêmio realizou-se no dia 20 de julho de 2007, às 11:30h, seguida de almoço de confraternização, na “Casa de los Alcaldes”, ou “Casa de Protocolo del Poder Popular de Ciudad Habana”, ou seja, casa de protocolos da prefeitura de Havana, situada “en el Vedado, Havana”, com a presença de autoridades, podendo-se citar entre elas:

- ◆ Francisco Sánchez, Secretario General de la Asamblea Provincial del Poder Popular de La Habana (equivalente ao Prefeito da cidade);
- ◆ Luis Abreu, Vice-Presidente del Gobierno de Cuba;
- ◆ Juan Mario Junco, Ex-Ministro de la Construcción de Cuba;
- ◆ Vítervo O’Reilly, Presidente de la Comisión Nacional del Cemento y el Hormigón de Cuba;
- ◆ Ricardo Pérez, Diretor de Relaciones Internacionales del Ministerio de la Construcción de Cuba;
- ◆ Pedro Castro, Pesquisador do CINVESTAV, IPN Mérida, de México.

## Sócio mexicano do IBRACON é premiado

O pesquisador mexicano Pedro Castro, sócio do IBRACON e assíduo palestrante nas edições do Congresso Brasileiro do Concreto, recebeu, em homenagem solene no palácio 22 de Novembro, na Cidade do México, o Prêmio Heberto Castillo Martinez do Governo da Cidade

do México. O nome do prêmio refere-se ao maior engenheiro civil que o México conheceu.

A premiação, além do reconhecimento do pesquisador, mostra a importância de sua área de trabalho: a recuperação de estruturas de concreto. ◆



## Sócios do IBRACON elegem os membros do Conselho Diretor para o biênio 2007/2009

Fábio Luís Pedroso

Das 9h às 17h30 do dia 2 de setembro e das 9h às 12h do dia 3 de setembro, durante o 49º Congresso Brasileiro do Concreto, em Bento Gonçalves, os congressistas puderam escolher, por voto direto, os profissionais que, na sua avaliação, têm o melhor perfil para ser membro do Conselho Diretor do IBRACON na gestão 2007/2009.

Foram apurados 150 votos presenciais e 45 votos pelos Correios, dos quais 185 válidos, assim divididos por categorias:

- ◆ 28 votos de estudantes de pós-graduação
- ◆ 123 votos de sócios individuais
- ◆ 34 votos de sócios coletivos e mantenedores

Fizeram parte da Comissão de Apuração dos votos, os seguintes filiados ao IBRACON: Luiz Roberto Prudêncio Júnior (presidente), Alexandre Rodrigues Pacheco, Fernando Druck, Leila Cristina Meneghetti, Sílvia Santos e Tatiana Cervo.

Apurados os votos, os resultados foram divulgados na Assembléia Geral do IBRACON, realizada no dia 3 de setembro, a partir das 17h30 (Tabelas 1 e 2).

O Conselho Diretor do biênio 2007/2009 é composto pelos 10 profissionais mais votados em cada categoria mais os 6 ex-presidentes do IBRACON. ◆



Comissão de apuração

**Tabela 1 – Classificação dos votos da categoria mantenedores e coletivos**

Mantenedores e Coletivos	Total	Mantenedores e Coletivos	Total
1 ABCP	110	28 CYRELA Construtora	14
2 FURNAS	90	29 THEMAG	14
3 Escola Politécnica da USP - POLI	79	30 VIAPOL	14
4 UFRGS	71	31 CASSOL	11
5 BASF	64	32 CONCREBRAS	11
6 ABESC	62	33 TECNOSIL / SILMIX	11
7 GERDAU	60	34 DENVER	10
8 IPT	59	35 GRACE	10
9 EESC.USP - São Carlos	58	36 CBC / CONCREPAV	9
10 HOLCIM	56	37 MACCAFERRI	8
11 TQS Informática	45	38 CONCRETA / BA	7
12 BELGO SIDERURGIAS/A	43	39 METACAULIM	7
13 ENGEMIX	42	40 LENC	6
14 OTTO BAUMGART	39	41 FULL TIME	5
15 L.A.Falcão Bauer	35	42 PERI FORMAS	5
16 SIKA S/A	34	43 POLIMIX	5
17 MC-BAUCHEMIE	31	44 WOLF HACKER & CIA	2
18 CESP	30	45 FEC-Unicamp	2
19 PUC - Campinas	30	46 CHRYSO LTDA	1
20 EMIC	26	47 Eletronorte	1
21 METRÔ	23	48 Unip	1
22 PhDESIGN Concreto	23	49 UPE	1
23 LAFARGE	19	50 UnB	1
24 MUNTE	19	51 Rheotec	1
25 ABCIC	18	52 Itambé	1
26 ATEX	16	53 França e Associados	1
27 ELKEM	15		

**Tabela 2 – Classificação dos votos da categoria sócios individuais**

Individuais	Total	Individuais	Total
1 Augusto Carlos de Vasconcelos	93	22 Eugênio Luiz Cauduro	28
2 Denise C.C. Dal Molin	81	23 Paulo Sérgio F.de Oliveira	27
3 Cláudio Sbrighi Neto	74	24 Carlos de Oliveira Campos	24
4 Rubens Machado Bittencourt	71	25 Paulo Bina	24
5 Túlio Nogueira Bittencourt	69	26 Waldomiro Almeida Júnior	24
6 Geraldo Cechella Isaia	68	27 Mário William Esper	21
7 Enio José Pazini Figueiredo	56	28 Haroldo Mayo de Bernardes	19
8 Néelson Cóvas	55	29 Wagner Roberto Lopes	19
9 Antônio Carlos Reis Laranjeiras	54	30 Carlos José Massucato	18
10 Luiz Carlos da Silva Filho	50	31 Luiz Rodolfo A. de Moraes Rêgo	13
11 Nicole Pagan Hasparyk	49	32 Paulo Fernando A. da Silva	12
12 Vladimir Antônio Paulon	48	33 Luiz Otávio Maia Cruz	11
13 Júlio Timerman	42	34 Newton G.Graça	2
14 Lídia da C. Domingues Shehata	40	35 José Zacarias Junior	1
15 Luiz Prado Vieira Júnior	40	36 Osvaldo Cascudo	1
16 Carlos Eduardo Regattieri	34	37 Antonio Carmona	1
17 Salomon Mony Levy	32	38 Walton Pacelli	1
18 Paulo Roberto Terzian	31	39 Antonio Figueiredo	1
19 Dario Lauro Klein	30	40 Ines Baltagin	1
20 Minos Trócoli de Azevedo	30	41 Fábio H. M. Ribeiro	1
21 Elton Bauer	29		

# O comportamento em serviço de vigas de concreto armado sob carregamento cíclico (item 23.6 da NBR6118:2003)

José Roberto Braguim

Orientador: Prof. Dr. Péricles Brasiliense Fusco

Departamento de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica - USP

## Abstract

To reinforced concrete structures analysis under dead load, the official codes require to take into account the creep of concrete. The same does not occur with analogous effects caused by accidental cyclic loads.

In order to determine the magnitude in the increase of midspan deflexion of reinforced beams under service cyclic loads, it was carried out tests over three normally reinforced beams and also in three super reinforced beams. The results were compared with respective values obtained from empiric models encountered in literature.

To explain the loss of stiffness in concrete under loads, the main notions of Damage Mechanics are presented. The tested beams were analysed under numerical model concerned to Damage Model – Mazar Model – with a software that employs Finite Elements Methods. The results were compared with respective values from tests.

It is presented recommendations to brasilian codes formulation referred to concrete structure design, with the purpose to take into account the cyclic effect in same way the is considered to the creep. Suggestions for future investigations are presented as well.

**Keywords:** Reinforced concrete, beams, cyclic loads, damage, creep, cyclic creep.

## Resumo

Na análise de estruturas de concreto armado, as normas exigem que se leve em conta a deformação lenta do concreto. O mesmo não ocorre com o efeito análogo causado pelas cargas acidentais de caráter cíclico.

Com o objetivo de determinar a magnitude do aumento da flecha de vigas de concreto armado sob cargas cíclicas em serviço, foram realizados ensaios em três vigas normalmente armadas e em 3 vigas super armadas. Os resultados foram comparados com os valores obtidos dos modelos empíricos encontrados na literatura.

Para explicar a perda de rigidez do concreto sob cargas cíclicas, são apresentados os principais conceitos da Mecânica do Dano. As vigas ensaiadas foram analisadas por método numérico com Modelo de Dano – Modelo de Mazar – com um software que emprega o Método dos Elementos Finitos. Os resultados foram comparados àqueles obtidos nos ensaios.

Apresentam-se recomendações para as normas brasileiras a respeito do assunto, com o propósito de que se leve em conta o efeito cíclico dos carregamentos, da mesma maneira que se é obrigado a considerar a deformação lenta. Apresentam-se também sugestões para investigações futuras.

**Palavras-chave:** concreto armado, vigas, carga cíclica, dano, deformação lenta, creep cíclico.

---

## 1. Introdução

---

O trabalho que se apresenta é uma investigação a respeito da evolução da flecha de vigas de concreto armado em serviço, decorrente da ação de carregamentos cíclicos, como os que se observam nas obras-de-arte, pavimentos de garagem dos edifícios, instalações comerciais e industriais.

Como consequência direta desses estudos, pretende-se ressaltar a importância da diminuição da rigidez das estruturas submetidas a carregamentos cíclicos, indicando procedimentos que podem vir a compor tópico especial nas normas brasileiras, tal como ocorre com o fenômeno da deformação lenta em estruturas de concreto armado submetidas à carga permanente.

Foram realizados ensaios em protótipos de vigas super armadas e normalmente armadas submetidas a cargas cíclicas. O valor máximo da carga aplicada nas vigas foi previamente fixado de maneira a provocar a atuação de momentos fletores iguais aos respectivos momentos resistentes, calculados no Estado III em função das propriedades de cada tipo de viga. O valor mínimo da carga aplicada no ciclo de carregamento correspondeu a 60% do valor da carga máxima.

Com o objetivo de comparar a ordem de grandeza do acréscimo de deslocamento provocado pela ação da carga cíclica com o acréscimo provocado pela deformação lenta, também foram realizados ensaios com carga permanente em protótipos de vigas com propriedades semelhantes as daquelas ensaiadas com carga cíclica. O valor da carga permanente a que foram submetidas essas vigas foi o correspondente à carga máxima do ensaio com carga cíclica. Foi determinada teoricamente a flecha em função do tempo das vigas ensaiadas com carga permanente, utilizando-se os procedimentos do CEB-FIP MODEL CODE 1990 (1990).

Da literatura consultada sobre Fadiga, pode-se depreender que os modelos para previsão de evolução da flecha de vigas sujeitas a cargas cíclicas (denominados neste trabalho de modelos empíricos), são como que subprodutos dos estudos à Fadiga, cujo objetivo principal foi focar a questão da diminuição da resistência das peças estruturais.

Diferentemente, os estudos realizados por grupos dedicados à teoria da Mecânica do Dano, procuraram modelos constitutivos que representem macroscopicamente o fenômeno de alteração (ao nível microscópico) das propriedades do material como decorrência do uso.

Por esse motivo o modelo numérico aplicado neste trabalho, que se utiliza da Mecânica do Dano, foi classificado como racional.

Na tentativa de dar caráter genérico aos resultados obtidos nos estudos experimentais, realizou-se também um ensaio numérico com as vigas ensaiadas com cargas cíclicas, utilizando o Método dos Elementos Finitos. As vigas foram processadas com não linearidade física. O programa utilizado, que adota para a lei constitutiva do concreto o Modelo de Dano de Mazars adaptado para carga cíclica, foi desenvolvido na Escola de Engenharia de São Carlos<sup>1</sup>. Os resultados, no que se refere à evolução das flechas com o número de ciclos de carga, encontrados teoricamente são comparados com os obtidos experimentalmente.

Os resultados encontrados teoricamente (modelos empíricos e racional) e os obtidos experimentalmente foram analisados visando concluir a necessidade ou não de se introduzir nas normas procedimentos que considerem a diminuição da rigidez das vigas de concreto submetidas a carregamentos cíclicos.

---

## 2. Comportamento de estruturas sob carga cíclica: abordagens possíveis

---

São três as abordagens possíveis a respeito do comportamento de estruturas submetidas a carregamentos atuantes ao longo do tempo: fadiga, deformação lenta com carga cíclica e mecânica do dano. Assim, a investigação sobre os fenômenos que decorrem da atuação de carga com natureza cíclica nas estruturas, deve necessariamente utilizar uma ou mais das áreas de conhecimento acima mencionadas.

Apresenta-se a seguir a conceituação básica apenas sobre Mecânica do Dano por ser este tema relativamente recente e constituir uma das ferramentas possíveis para abordar sobre o comportamento de elementos estruturais de concreto armado sob carregamento cíclico.

### 2.1. INTRODUÇÃO. CAMPO DE VALIDADE DE SUA APLICAÇÃO

Tanto a Mecânica do Fraturamento quanto a Mecânica do Dano têm como objetivo estudar um meio cuja continuidade foi alterada por defeitos. A consequência da ocorrência desses defeitos no material é a deterioração de suas propriedades mecânicas e, evidentemente, de sua vida residual.

<sup>1</sup> Programa elaborado pelo Prof<sup>o</sup> Dr. Sérgio Persival Baroncini Proença e Eng<sup>a</sup> Larissa Dreineir.



distribuição uniforme. Neste caso, denominado de dano isotrópico, a variável D em um ponto é completamente caracterizada pelo estado de dano de um plano.

### 2.3. CONCEITO DE DEFORMAÇÃO EQUIVALENTE

A definição da variável de dano, que representa a densidade de defeitos no material, relaciona-se com a noção de tensão efetiva. Isto é, a tensão que de fato atua nas partes resistentes da seção em questão. Por simplificação, nas expressões a seguir, as tensões e deformações efetivas serão representadas por  $\hat{\sigma}$  e  $\hat{\varepsilon}$  respectivamente.

No caso unidirecional, seja F a força que atua numa seção de área A. A tensão uniformemente distribuída que satisfaz as equações de equilíbrio é dada por  $\sigma = \frac{F}{A}$ .

Considerando agora que existe um dano de intensidade D na área em estudo, a área efetiva da seção é dada por:

$$\hat{A} = A - A_0 = A(1 - D) \quad (2.3)$$

Assim, a tensão efetiva é dada por:

$$\hat{\sigma} = \frac{F}{\hat{A}} \quad (2.4)$$

Desta forma, é possível escrever:

$$\hat{\sigma} = \frac{\sigma}{(1 - D)} \quad (2.5)$$

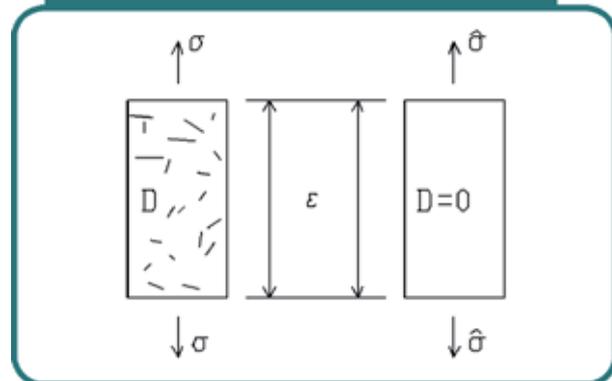
Obviamente,  $\hat{\sigma} \geq \sigma$ . No caso particular em que o material se encontra íntegro  $\hat{\sigma} = \sigma$  e quando o material tende à ruptura  $\hat{\sigma} \rightarrow \infty$ , pela ocorrência de uma fratura.

No caso tridimensional de dano isotrópico, a relação  $\hat{A} / A_0$  independe da orientação do vetor normal ao plano da seção transversal e o fator (1-D) modifica todos os componentes do tensor das tensões  $\underline{\underline{\sigma}}$ . Assim, analogamente ao caso unidirecional, é possível escrever:

$$\underline{\underline{\hat{\sigma}}} = \frac{\underline{\underline{\sigma}}}{(1 - D)} \quad (2.6)$$

A hipótese de deformação equivalente é

Figura 2.3 – Ilustração da hipótese de deformação equivalente



fundamental na formulação das relações constitutivas de um material danificado tratado como um contínuo. Tal hipótese pode ser resumida pela seguinte afirmação:

“O estado de deformação de um material danificado pode ser obtido do correspondente estado de deformação no material íntegro, substituindo-se a tensão usual pela tensão efetiva”

O diagrama da Figura 2.3 apresenta um corpo sob tensão usual com dano D e outro com dano nulo, porém submetido à tensão efetiva. A hipótese é de que para ambos os casos as deformações são iguais.

No caso unidirecional, a deformação elástica de um material danificado pode ser determinada através da seguinte relação:

$$\varepsilon = \hat{\varepsilon} = \frac{\hat{\sigma}}{E} = \frac{\sigma}{(1 - D)E} \quad (2.7)$$

onde E é o módulo de deformação (Módulo de Young) do material virgem.

E portanto pode-se escrever:

$$\sigma = (1 - D)E\varepsilon \quad (2.8)$$

Com essa hipótese, o mesmo estado de deformação poderia ser expresso:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\hat{E}} \quad (2.9)$$

onde  $\hat{E}$  representa o Módulo de Young do material danificado.

A comparação entre as duas últimas expressões permite escrever a relação entre os módulos de deformação:

$$\hat{E} = (1 - D)E \quad (2.10)$$

Como o dano não é uma grandeza física mensurável diretamente, para fins de modelagem matemática, a relação acima demonstra que é possível relacioná-lo com a redução progressiva das propriedades mecânicas do material, como, por exemplo, o módulo de deformação.

#### 2.4. O DOMÍNIO DE VARIAÇÃO DA VARIÁVEL DE DANO

Embora fisicamente seja possível intuir que a variação do dano  $D$  é sempre positiva, uma vez feita a hipótese de que o material não se regenere, os pesquisadores da Mecânica do Dano recorreram às leis da termodinâmica para, teoricamente, estabelecer o domínio de variação da variável de dano, mostrando que a variável de dano tem variação sempre positiva ou nula.

### 3. Modelos empíricos para avaliar a deformabilidade de elementos de concreto sujeitos à carga cíclica de serviço

Das várias abordagens existentes, apresenta-se, a seguir, aquela que neste trabalho foi considerada a mais importante.

### 3.1 SEGUNDO CEB-FIP MODEL CODE 1990 (1991)

O código modelo do CEB-90 editado em 1991, apresenta (em seu item 6.7.7) um expressão simples para o cálculo do deslocamento em elementos de concreto armado sujeitos a carregamentos cíclicos. A expressão apresentada pelo CEB refere-se diretamente ao aumento de deslocamento devido à fluência cíclica que ocorre na peça estrutural, cujo valor deve ser adicionado ao corresponde deslocamento oriundo da fluência convencional, se houver. Observa-se que a expressão não é função da tensão mínima aplicada e sim somente da máxima, uma vez que é expressa em função do deslocamento inicial causado pela tensão máxima na peça.

No texto do código modelo não foram encontradas as referências bibliográficas das quais a expressão apresentada foi extraída. A expressão do CEB é apresentada a seguir:

$$d_N = d_0(1.5 - 0.5 e^{-0.03N^{0.25}}) \quad (3.1)$$

onde  $d_N$ ,  $d_0$  e  $N$  representam respectivamente o deslocamento da peça no ciclo  $N$ , o deslocamento no primeiro ciclo de carga e o número de ciclos de carga aplicado.

### 4. Descrição dos ensaios realizados

Foram realizados ensaios para verificação experimental da evolução de flecha em vigas superarmadas e normalmente armadas submetidas a carga permanente e a carga cíclica, além dos ensaios de caracterização do concreto e do aço utilizados para confecção dos protótipos ensaiados.

Figura 4.1 – Geometria e armadura das vigas superarmadas – VSA

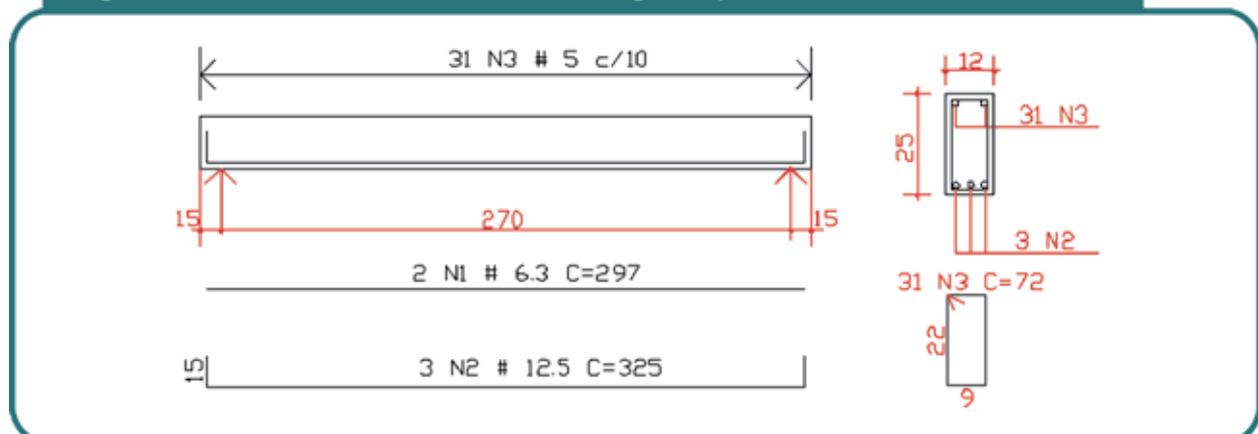
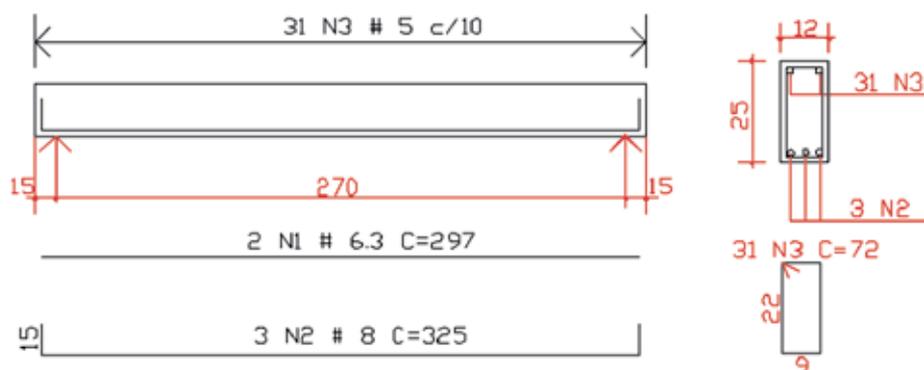


Figura 4.2 – Geometria e armadura das vigas normalmente armadas – VNA



#### 4.1 CARACTERÍSTICAS DAS VIGAS ENSAIADAS

O vão entre eixos dos apoios das vigas foi fixado em 270 cm em função da estrutura de reação e dos equipamentos a serem utilizados na aplicação das cargas. Para que se pudesse verificar a sensibilidade do aumento da flecha das vigas à taxa de armadura, tanto sob carga permanente como sob carga cíclica, foram projetados dois tipos distintos de vigas: vigas superarmadas (VSA) e normalmente armadas (VNA). As figuras 4.1 e 4.2 apresentam a geometria e armadura dos dois tipos de vigas ensaiadas.

Para realização dos ensaios com carga cíclica foram concretadas 6 vigas: 3 vigas superarmadas (identificadas como VSA1 a VSA3) e 3 vigas normalmente armadas (identificadas como VNA1 a VNA3). Para realização dos ensaios com carga constante foram concretadas 4 vigas: 2 vigas superarmadas (identificadas como FVSA1 e FVSA2) e 2 vigas normalmente armadas (identificadas como FVNA1 e FVNA2).

A resistência média do concreto das vigas ensaiadas com carga permanente foi de 35.1 MPa. Aos 325 dias, a resistência média do concreto das vigas ensaiadas sob carga cíclica foi de 41.5 MPa. As vigas foram ensaiadas com as suas respectivas cargas de serviço. Os ensaios para determinar a resistência do concreto foram realizados no IPT.

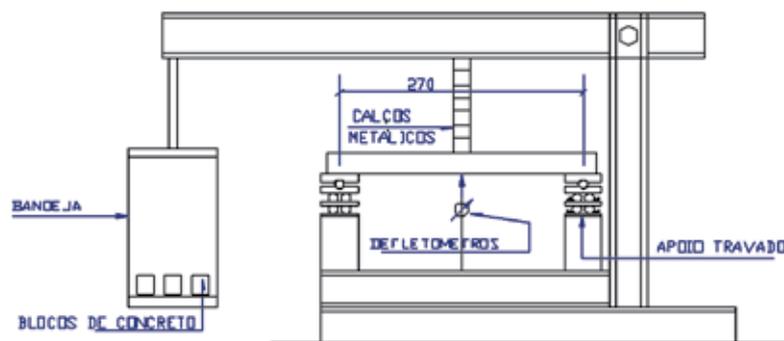
#### 4.2. ENSAIOS REALIZADOS NAS VIGAS

Todos os ensaios foram realizados em equipamentos do Laboratório de Estruturas e Materiais Estruturais da Escola Politécnica. Para a realização dos ensaios com carga permanente a carga foi aplicada através de alavancamento utilizando-se um pórtico formado por perfis metálicos, apresentado na Figura 4.3.

As vigas ensaiadas foram instrumentadas com dois defletômetros para medidas de flecha com sensibilidade de 0.01 mm.

Os ensaios com carga cíclica foram montados em um pórtico metálico de reação no

Figura 4.3 – Esquema utilizado para aplicação da carga permanente nas vigas ensaiadas



**Tabela 5.1 – Resumo dos resultados encontrados nos ensaios das vigas submetidas a carga permanente**

Viga	$\delta_0$ (0.01 mm)	$\delta_{11,0\%}$ (0.01 mm)	$\frac{\delta_{11,0\%}}{\delta_0}$
FVNA1	448	555	1.24
FVNA2	432	538	1.25
FVSA1	701	849	1.21
FVSA2	702	815	1.16

qual está instalado um atuador para aplicação da carga cíclica. O atuador utilizado para realização dos ensaios, procedente da Alemanha, tem sensibilidade de 0.1 kN.

A instrumentação das vigas foi composta por defletômetros para medidas de flecha e, a partir do segundo ensaio (o primeiro foi realizado na VSA1), bases de tensotast na lateral e próximo da borda inferior das vigas para medidas de variação da abertura de fissuras. Nas vigas VSA2 e VSA3 as fissuras que ocorreram passaram externamente à região das bases de Tensotast instaladas.

Para realização dos ensaios com carga cíclica foram utilizados os seguintes procedimentos:

- ◆ montagem da viga sobre os apoios previamente preparados no pórtico metálico;
- ◆ leitura inicial dos instrumentos instalados;
- ◆ elevação da carga aplicada no meio do vão até  $P_{max}$  em pelo menos 3 etapas, exceto na viga VSA1 na qual  $P_{max}$  foi aplicado em uma só etapa;
- ◆ leitura dos instrumentos;

- ◆ condução manual da carga aplicada até o valor médio entre  $P_{max}$  e  $P_{min} = 0.6P_{max}$ ;
- ◆ aplicação, com controle automático do equipamento, do primeiro conjunto de ciclos de carga que variou entre 10 e 100 ciclos. Este fato decorreu da necessidade de ajustar os parâmetros da máquina para cada ensaio realizado;
- ◆ condução manual da carga até o valor de  $P_{max}$ ;
- ◆ leitura dos instrumentos;
- ◆ condução manual da carga até o valor de  $P_{min}$ . Esta etapa e a seguinte não ocorreram para as duas primeiras vigas ensaiadas, quais sejam, a VSA1 e a VSA2 ;
- ◆ leitura dos instrumentos;
- ◆ condução manual da carga até o valor médio entre  $P_{max}$  e  $P_{min}$ ;
- ◆ aplicação dos demais conjuntos de ciclos de carga, com a repetição das etapas de leitura dos instrumentos.

A carga cíclica, variando entre  $P_{max}$  e  $P_{min}$ , foi aplicada com frequência de 1 Hz com pulso do tipo triangular.

## 5. Resultados encontrados

Apresentam-se, a seguir, os resultados encontrados nos ensaios realizados e nos modelos numéricos utilizados. O modelo empírico apresentado pelo CEB foi modificado através de regressão, para verificar a aderência do tipo de curva aos resultados experimentais encontrados.

As vigas ensaiadas foram processadas com elementos de chapa em um programa

**Tabela 5.2 – Resumo (variação porcentual da flecha máxima) dos resultados teóricos e experimentais encontrados para as vigas VNA**

Nº de ciclos	VNA1	VNA2	VNA3	Balaguru	CEB-FIP	CEB-FIP-MOD	Mod.Dano
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
100	7.30	4.53	6.35	14.64	4.52	7.39	3.55
200	8.90	6.16	7.69	16.82	5.33	8.66	4.38
500	10.85	8.33	9.62	19.69	6.61	10.64	5.31
1000	12.81	9.42	11.54	21.89	7.76	12.38	5.99
2000	14.95	10.51	13.46	24.11	9.09	14.35	6.74
4000	17.79	12.50	17.31	26.38	10.61	16.56	-
7000	21.17	16.67	19.42	28.26	12.00	18.52	-
10000	23.49	20.29	24.81	29.49	12.96	19.85	-
15000	25.27	22.10	26.92	30.92	14.13	21.44	-
20000	25.62	23.01	27.88	31.96	15.00	22.60	-

**Tabela 5.3 – Resumo (variação porcentual da flecha máxima) dos resultados teóricos e experimentais encontrados para as vigas VSA**

Nº de ciclos	VSA1	VSA2	VSA3	Balaguru	CEB-FIP	CEB-FIP-MOD	Mod. Dano
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	0.00
100	4.28	4.18	4.85	1.71	4.52	3.72	3.01
200	4.57	4.60	5.61	2.10	5.33	4.39	4.13
500	5.16	5.57	6.36	2.73	6.61	5.46	5.78
1000	5.75	5.99	6.52	3.32	7.76	6.43	6.91
2000	8.85	7.38	7.73	4.02	9.09	7.54	8.50
4000	9.44	8.08	8.03	4.88	10.61	8.84	10.17
7000	10.62	9.54	8.33	5.70	12.00	10.02	11.52
10000	11.21	11.00	10.00	6.30	12.96	10.85	12.39
15000	11.95	12.26	12.12	7.07	14.13	11.86	-
20000	12.24	12.67	12.88	7.67	15.00	12.62	-

desenvolvido na Escola de Engenharia de São Carlos. Trata-se de um programa na linguagem FORTRAN que se vale do Método dos Elementos Finitos, com não linearidade física, que se utiliza de lei constitutiva do concreto baseada na Mecânica do Dano, especificamente no modelo para carga cíclica apresentado por PEREGO, M.A. (1990), adaptado do Modelo de Mazars.

Apresentam-se, a seguir, os resultados encontrados nos ensaios realizados e nos modelos numéricos utilizados.

## 6. Conclusões e recomendações para pesquisas

### 6.1 SOBRE AS ABORDAGENS EXISTENTES A RESPEITO DO COMPORTAMENTO DE ESTRUTURAS SOB CARGAS CÍCLICAS

Basicamente, são duas as abordagens possíveis para avaliação do comportamento de vigas de concreto armado sob carregamento cíclico: ou se utilizam expressões empíricas para a determinação da evolução da fluência cíclica, ou se realiza análise numérica com não linearidade física, com lei constitutiva do material capaz de representar a perda de rigidez da estrutura em análise.

Nos documentos de onde foram extraídas a expressão empírica do CEB-FIP, não foram encontradas indicações claras sobre o campo de validade dessas expressões, ou indicação do erro cometido quando da utilização das mesmas.

## 6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS PARA AS VIGAS FVNA E VNA

### 6.2.1 – Vigas FVNA sob carregamento constante

A variação da flecha nas vigas sob carga permanente, foi da ordem de 24% da flecha inicial transcorridos 11 dias da aplicação da carga. A correspondente variação de flecha obtida com o modelo teórico utilizado, foi da ordem de 15% da flecha inicial, e portanto, contra a segurança.

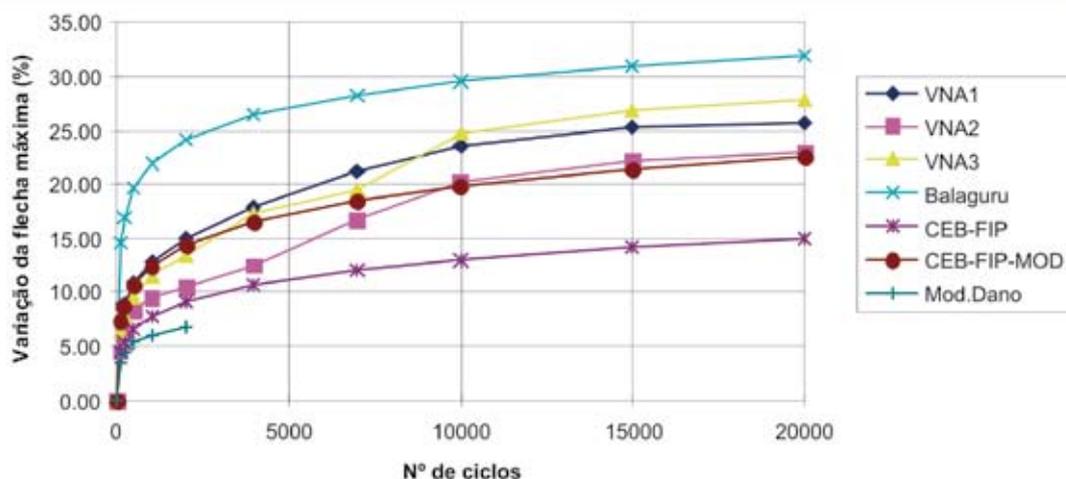
### 6.2.2 – Vigas VNA sob carregamento cíclico

Os resultados dos ensaios com carga cíclica realizados nas vigas do tipo VNA, mostram que o aumento de flecha devido a atuação exclusiva de 20.000 ciclos de carga é da ordem de 25% do valor correspondente à flecha no primeiro ciclo. Observa-se que o aumento da flecha devido ao carregamento cíclico foi da mesma ordem de grandeza do obtido para as vigas FVNA sob carga permanente.

Os valores obtidos com a expressão original do CEB-FIP apresentaram-se significativamente menores do que os obtidos experimentalmente, praticamente ao longo de toda a curva.

Os valores obtidos com a expressão modificada do CEB-FIP, embora contra a segurança, apresentaram-se aderentes aos valores obtidos experimentalmente. Para 20.000 ciclos, a maior diferença entre o valor estimado com a expressão modificada do CEB-FIP e o valor experimental é da ordem de 5 pontos percentuais.

Figura 5.1 – Variação de flecha obtidas para as vigas VNA



Uma vez que os valores dos parâmetros do Modelo de Mazars para o concreto utilizado não foram determinados experimentalmente neste trabalho, não se pode esperar aderência entre os valores absolutos das flechas obtidas através do processamento realizado e as medidas experimentais. Verifica-se, no entanto, que a evolução das flechas com o número de ciclos de carga obtida no processamento tem razoável semelhança com a evolução obtida experimentalmente.

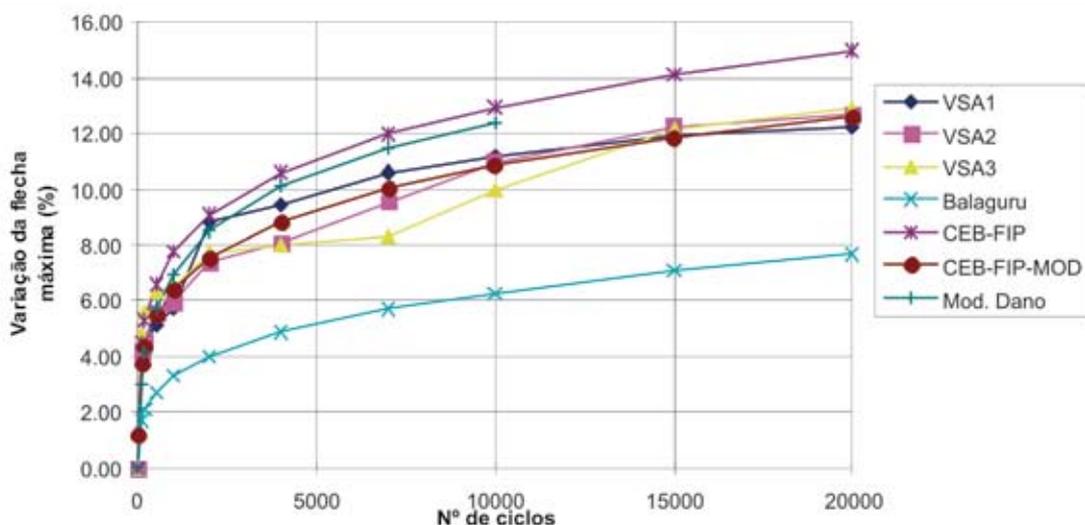
Também da análise dos resultados obtidos, observa-se que o aumento da abertura da fissura instrumentada praticamente acompanha a evolução da flecha com o número de ciclos de carga aplicado na viga.

### 6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS PARA AS VIGAS FVSA E VSA

#### 6.3.1 – Vigas FVSA sob carregamento constante

Analogamente às vigas FVNA, a variação da flecha nas vigas FVSA sob carga permanente, foi em média da ordem de 18% da flecha inicial transcorridos 11 dias da aplicação da carga. A correspondente variação de flecha obtida com o modelo teórico utilizado, foi da ordem de 23% da flecha inicial, e portanto, a favor da segurança.

Figura 5.2 – Variação de flecha obtidas para as vigas VSA



### 6.3.2 – Vigas VSA sob carregamento cíclico

Os resultados dos ensaios com carga cíclica realizados nas vigas do tipo VSA mostram que o aumento de flecha devido a atuação exclusiva de 20.000 ciclos de carga é da ordem de 12% do valor correspondente à flecha no primeiro ciclo. Observa-se que o aumento da flecha para esse caso de carregamento é da ordem de 70% do aumento obtido experimentalmente para essas vigas sob carga permanentes.

Considerando que ambos os tipos de vigas (VNA e VSA) foram ensaiadas com carga de serviço, uma comparação pode ser feita: as vigas do tipo VNA são mais sensíveis à aplicação de carregamentos cíclicos do que as do tipo VSA. Esse resultado é coerente com a hipótese da Mecânica do Dano que postula que o dano está associado aos alongamentos. Assim, o aumento das flechas devido ao carregamento cíclico não está relacionado apenas com a fluência do concreto comprimido, mas com a danificação da zona tracionada da viga que contribui para sua rigidez. Portanto, se numa estrutura está previsto atuar um conjunto de cargas cíclicas, pode ser que seja preferível aumentar a taxa de armadura das vigas, mesmo que se saiba da alteração que ocorrerá no modo de eventual ruptura das mesmas, passando de avisado para frágil.

Na única viga VSA onde foi medida a variação da flecha para a carga mínima, observou-se que sua variação foi cerca de 34% maior que o correspondente valor (para 20000 ciclos) da flecha no carregamento máximo.

Os valores obtidos com a expressão original do CEB-FIP apresentam-se cerca de 20% maiores do que os obtidos experimentalmente, praticamente ao longo de toda a região de interesse da curva.

Os valores obtidos com a expressão modificada do CEB-FIP apresentaram-se bastantes aderentes aos valores obtidos experimentalmente.

Os valores obtidos no processamento com Modelo de Dano também apresentaram-se aderentes àqueles obtidos experimentalmente.

### 6.4 SUGESTÃO PARA REVISÃO DAS NORMAS BRASILEIRAS (NBR6118:2003)

Os estudos realizados mostraram que a evolução das flechas das vigas submetidas

exclusivamente a carregamentos cíclicos da carga de serviço é da mesma ordem de grandeza daquela oriunda da deformação lenta que ocorre em vigas com características semelhantes, também sob carga de serviço. Deve-se ressaltar que os ensaios foram realizados em vigas com concreto de resistência elevada (da ordem de 40 MPa), e, portanto, de qualidade bastante superior àquela normalmente especificada para pelo menos boa parte das estruturas. Espera-se, pela própria natureza do fenômeno de fluência cíclica, que para concretos de classes inferiores a evolução das flechas seja ainda mais acentuada.

É portanto plausível atribuir ao fenômeno da fluência cíclica a mesma importância dada ao fenômeno da deformação lenta.

O item 9.2.1.1 da NBR 7187/87 "Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido", indica que o deslocamento num instante  $t$  devido à flexão deve ser determinado pela integração da curvatura total ao longo do eixo do elemento estrutural, onde a parcela devida à fluência deve ser calculada como função da curvatura imediata oriunda das cargas permanentes. Assim, explicitamente, a NBR 7187/87 despreza o efeito do acréscimo de deslocamento devido ao eventual caráter cíclico da carga acidental, tal como ocorre, por exemplo, nas obras-de-arte. Observa-se que esse efeito talvez pudesse ser considerado no próprio cálculo da deformação lenta, obtida não apenas com as cargas permanentes mas com a soma dessas e pelo menos uma parcela das acidentais, uma vez que a ordem de grandeza da evolução das flechas nos ensaios com carga permanente foi da mesma ordem da com carga cíclica.

A NBR6118:2003 adotou a expressão modificada do CEB-FIP, apresentada a seguir, dada a aderência de seus resultados àqueles obtidos experimentalmente.

$$d_N = d_0(1.5 - 0.5 e^{-0.05N^{0.25}}) \quad (6.1)$$

### 6.5 SUGESTÕES PARA ESTUDOS SUBSEQUENTES

Como decorrência de imprevistos no funcionamento dos equipamentos utilizados para realização dos ensaios com carga cíclica, estes foram realizados em datas nas quais a re-

sistência do concreto atingiu valores na faixa de 40 MPa. Como citado anteriormente, pela própria natureza do fenômeno de perda de rigidez do concreto, é de se esperar que a diminuição do módulo de deformação efetivo do concreto seja ainda mais acentuada para concretos com resistência na faixa de 20 MPa, considerados mais utilizados nas obras correntes.

Apresentam-se a seguir alguns tópicos que se desenvolvidos poderão contribuir para o aumento do conhecimento sobre a perda de rigidez de estruturas sob carga cíclica:

- ◆ realização de ensaios com carga cíclica em vigas confeccionada com concreto com resistência na faixa de 20 MPa e com pelos menos mais 2 taxas de armaduras diferentes daquelas utilizadas neste trabalho;
- ◆ realização de ensaios com vigas normalmente armadas, porém com armadura comprimida para inibir a deformação lenta do concreto comprimido, a fim de que se possa avaliar quanto o aumento de flecha da viga sob carga cíclica depende da fluência do concreto comprimido;
- ◆ realização simultânea de ensaios de caracterização do concreto no que diz respeito aos parâmetros do Modelo de Mazars;

- ◆ nos estudos realizados considerou-se carga mínima na viga - correspondente ao que seria na estrutura a ação permanente - igual a 60% da máxima. E também necessário conhecer a influência da relação entre cargas máxima e mínima na evolução da perda de rigidez;
- ◆ recomenda-se que o tratamento dos resultados dos ensaios seja acompanhado de processamentos no software utilizado, visando conhecer a aderência dos seus resultados aos encontrados experimentalmente.

Dados esses passos, seria interessante que se estudasse a eventual influência no comportamento de uma viga quando, no decorrer de um dado plano de carregamento cíclico, fosse ela solicitada por um carregamento especial tal como os que ocorrem quando da passagem de cargas especiais nas obras-de-arte.

Seria desejável também a simulação numérica desse caso. Este tipo de estudo é fundamental para que, no futuro, se possa estabelecer com, critérios mais objetivos, as condições para gerenciamento de pontes e viadutos das malhas viárias brasileiras.

Estudos análogos poderiam também ser realizados em peças submetidas a outros estados de solicitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] ACI 318-83 (Revised 1986) - Building Code Requirement for Reinforced Concrete. 1986.
- [02] ÁLVARES, M.S. Estudo de um Modelo de Dano para o Concreto: Formulação, Identificação Paramétrica e Aplicação com o Emprego do Método dos Elementos Finitos. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 1993.
- [03] BALAGURU, P. and SHAH, S.P. A method of Predicting Crack Widths and Deflections for Fatigue Loading. Fatigue of Concrete Structures - American Concrete Institute - ACI. Publication SP-75, 1982. p.153-175.
- [04] BAZANT, Z.P. and PANULA, L., Practical Prediction of Time-Dependent Deformations of Concrete. Matériaux et Constructions - RILEM. Parts I-IV Sept-Dez 1978. N° 65-66. Parts V-VI Mai-Juin 1979 N° 69. CEB-FIP MODEL CODE 1990. CEB Comité Euro-International du Béton. Bulletin D'Information N°s. 203, 204 e 205, July 1991.
- [05] FATIGUE OF CONCRETE STRUCTURES - State of the Art Report. CEB Comité Euro-International du Béton. Bulletin D'Information N° 188, Juin 1988.
- [06] KACHANOV, L.M. Introduction to Continuum Damage Mechanics. Martinus Nijhoff Publishers. Boston. 1986.
- [07] MAZARS J., A description of micro and macroscale damage of concrete structures. Engineering Fracture Mechanics. Vol.25. Nos 5/6. 1986. pp.729-737.
- [08] NB 1/78 Projeto e execução de obras de concreto armado. ABNT.
- [09] NBR 7187/87 Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido. ABNT.
- [10] NBR 8681/84 Ações e segurança nas estruturas. ABNT.
- [11] NEVILLE, A.M., DILGER, W.H. and BROOKS, J.J., Creep of Plain and Structural Concrete. Construction Press. New York. 1983.
- [12] PEREGO, M.A. Danneggiamento dei Materiali Lapidei: Leggi Costitutive, Analisi per Elementi Finiti ed Applicazioni. Tesi di Laurea. Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Politecnico Di Milano. 1989.
- [13] PROENÇA, S et al. Damage Mechanic of Material and Structures: Applications to Concrete. Rapporto sul contrato di ricerca '90-91'. Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Politecnico Di Milano. 1991.
- [14] SARAIVA, S.K. Mecânica do Dano Contínuo Revisão bibliográfica e Aplicações. Caderno Técnico. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS. 1992.
- [15] WHALEY, C.P. and NEVILLE, A.M., Non-elastic Deformation of Concrete Under Cyclic Compression. Magazine of Concrete Research. Vol 25 N° 84, sept 1973 , pp 145-154. ◆

## Turning Torso: projeto estrutural inovador imita tronco humano



Turning Torso é um arranha-céu de 190 metros, localizada em Malmö, na Suécia, concebido pelo notável arquiteto espanhol Santiago Calatrava, que imita o tronco retorcido de um homem. A concepção foi inspirada numa escultura denominada "Twisting Torso" do próprio arquiteto.

Iniciado em 2001, foi oficialmente inaugurado em 2005, quando passou a figurar como o edifício

de apartamentos mais alto da Escandinávia e o segundo mais alto da Europa. O edifício possui 54 andares com 400 m<sup>2</sup> por andar.

A edificação consiste de uma montagem tridimensional de 9 cubos dispostos de uma forma que o segmento mais alto está 90% retorcido no sentido horário em relação ao solo, o que dá a sensação do movimento.

A estrutura consiste de um núcleo de concreto armado de 10,6m de diâmetro e uma fundação de 15 m de profundidade e 30m de largura, apoiada em um leito de rocha calcária de 7m de profundidade. Ancoradas no núcleo, as lajes de concreto protendido e moldadas no local são suportadas periféricamente por colunas de aço inclinadas e horizontais, que saem de uma coluna helicoidal metálica na fachada frontal do edifício. Essa coluna helicoidal, paralela a uma coluna periférica de concreto, encontra-se engastada em paredes de concreto reforçado que fazem o travamento horizontal da estrutura.

Além do formato arquitetônico inovador, o projeto estrutural teve



que lidar com os seguintes fatores: cargas de vento (túnel de ensaio de vento); ação de sais nas fundações, devido à proximidade com o mar; durabilidade do concreto; construção rápida com poucos homens-hora; e a pré-fabricação de fôrmas e de telas soldadas – foram usados entre 21 a 30 toneladas de telas soldadas por andar.

A edificação é um marco para a renovada cidade de Malmö, podendo ser avistada da Öresund Bridge, ponte que liga a Suécia a Dinamarca.

### **DADOS TÉCNICOS**

**Volume de concreto:**

26 mil m<sup>3</sup>

**Telas soldadas:** 21 a 30 toneladas por laje

**Projeto Estrutural:** Calatrava

**Interface Projeto/Estrutura:** Sweco  
**Construção:** NCC

# MASP: o maior vão livre para uma edificação

O Museu de Arte de São Paulo (MASP) dispensa apresentações. Símbolo da cidade de São Paulo, o edifício surpreende por sua solução estrutural: único no mundo, com a idéia da arquiteta modernista Lina Bo Bardi, que aceitou o desafio de projetar um edifício que manteria seu corpo principal pousado sobre quatro pilares laterais com um vão livre de mais de 70 metros.

A ousadia do projeto vinha de uma condição imposta pelo doador do terreno para a municipalidade – a de manter a visão da ampla paisagem, de onde era possível avistar o centro de São Paulo e a Serra da Cantareira.

O projeto estrutural ficou a cargo da equipe do professor Figueiredo Ferraz, que precisou lidar com problemas inéditos para este tipo de edificação, como a retração, a deformação lenta e a deformação térmica. A construção foi realizada pela Construtora Heleno & Fonseca, que depositou nos engenheiros Aloysio d'Andréa Pinto e Roberto Rochlitz a responsabilidade pela execução da obra.

Uma primeira laje nervurada com 50 cm de espessura e 2100 m<sup>2</sup> é suspensa aos 8,4m por meio de tirantes de aço, não revestidos, a duas vigas de



piso do pórtico. A estrutura do piso na cota de 14,5m é bastante carregada: além de suportar a laje inferior, foi calculada para uma carga acidental de 5 kN/m<sup>2</sup>.

O concreto empregado possuía uma série de características especiais: resistência mínima de 45 MPa, três vezes maior do que os concretos usuais em obra;

diâmetro do agregado de 19mm, compatível com o espaçamento das armaduras; pequena elevação da temperatura durante o processo de hidratação; retração mínima; textura de concreto aparente; e preço competitivo. Tais características foram conseguidas com uma relação água/cimento muito baixa (0,32) e com consumo de cimento de 565Kg/m<sup>3</sup>. Usou-se ainda aditivos plastificadores retardadores de pega, para assegurar a trabalhabilidade.

Hoje, o MASP é reconhecido internacionalmente pela qualidade e diversidade de sua coleção de obras de arte, a mais importante da América Latina.

## **DADOS TÉCNICOS**

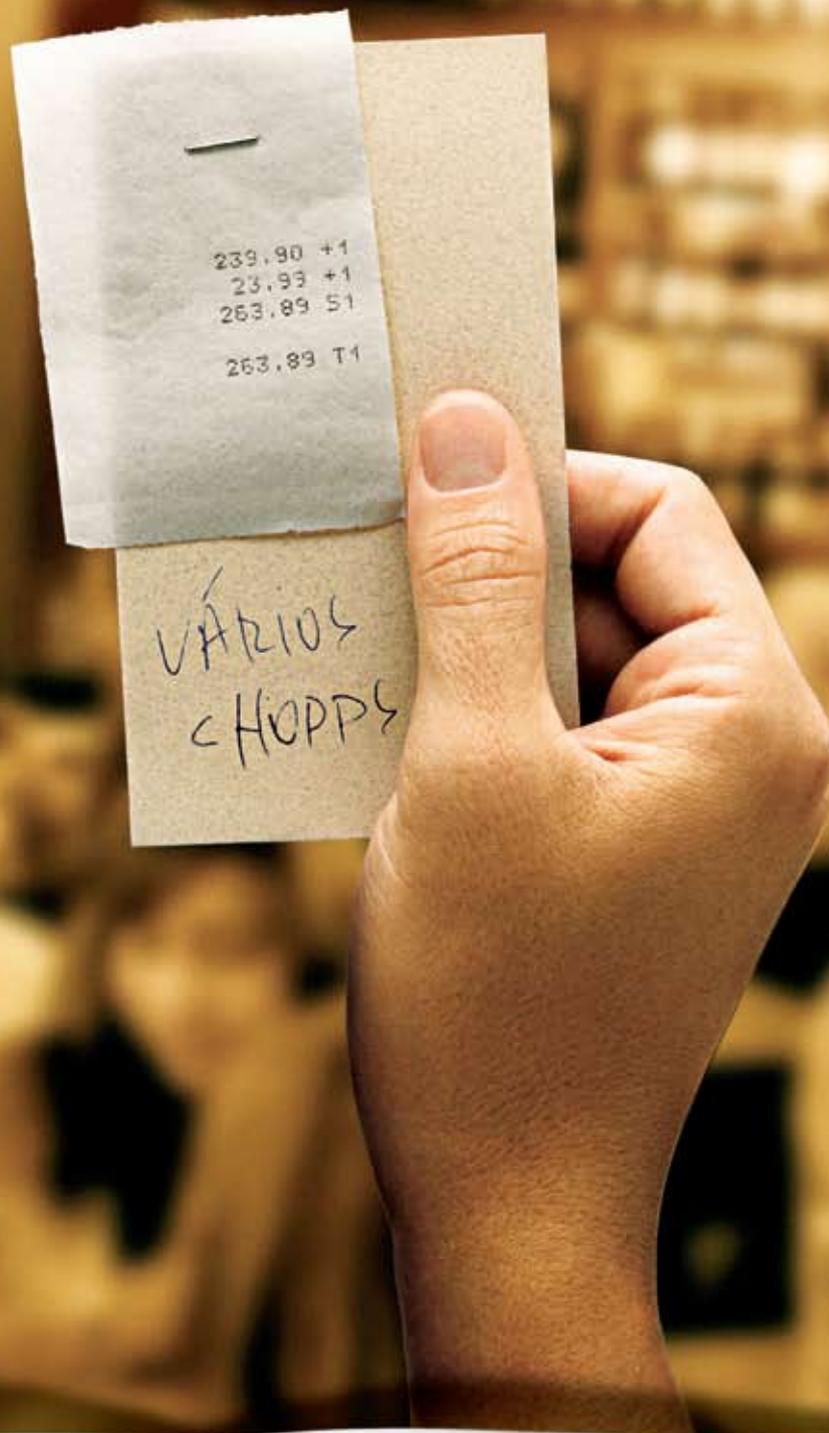
**Início:** 1960

**Término:** 1968

**Volume de concreto:** 9000 m<sup>3</sup>

**Vão:** 74m ♦





**SE VOCÊ ANUNCIA EM VEÍCULOS  
NÃO-FILIADOS AO IVC É ASSIM:  
VOCÊ NUNCA SABE EXATAMENTE  
PELO QUE ESTÁ PAGANDO.**

O IVC é o responsável pela auditoria de circulação nos principais jornais e revistas do país. É ele quem oferece informações de circulação confiáveis para seu planejamento de mídia. Não corra o risco de ter seu anúncio publicado em menos exemplares do que foi comprado. Anuncie em veículos filiados ao IVC.



INSTITUTO VERIFICADOR DE CIRCULAÇÃO  
www.ivc.org.br | Tel.: (21) 2263-7791

# Beleza Segurança Durabilidade

*Atestado por  
90 milhões  
de votos.*



O **Concreto** tem respeito pelo **Meio Ambiente** por sua capacidade de:

- *Ser reciclável*
- *Incorporar os rejeitos industriais*
- *Confinar materiais perigosos*
- *Reter CO<sub>2</sub>*

O **Concreto** é o **material estrutural** mais adequado para uma **construção sustentável**.



IBRACON



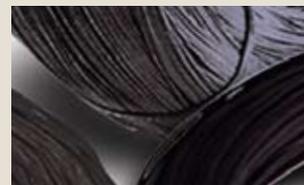
CT-MAB

Transformar o amanhã.  
Mais do que um desafio,  
um compromisso ArcelorMittal.

SUNSET



A Belgo agora é **ArcelorMittal**. Essa nova denominação é resultado da união dos dois maiores fabricantes mundiais de aço, a Arcelor e a Mittal Steel. Mudou o nome, mudou a assinatura, mas os principais valores da empresa não mudaram: **sustentabilidade, qualidade e liderança** são compromissos que assumimos com o mundo ao redor e com a busca pela excelência de cada produto e serviço. Continuamos pensando como o cliente, para entender suas necessidades e superar suas expectativas com soluções em aço cada vez mais personalizadas para Construção Civil, Indústria e Agronegócio. Agora fazemos parte da maior siderúrgica do mundo e estamos nos movendo para além do que o mundo espera do aço, **transformando o amanhã**.



## Aços Longos

Conheça as nossas soluções em aço para  
Construção Civil, Indústria e Agronegócio.

Central de Relacionamento Aços Longos  
**0800 0151221**  
[www.arcelormittal.com/br](http://www.arcelormittal.com/br)



**ArcelorMittal**

transformando  
**o amanhã**

SÓ DEPOIS DE MUITA PESQUISA,  
COMEÇAMOS A CONSTRUIR UMA TESE,

UMA PONTE, UMA USINA,  
UM PRÉDIO.

A Vedacit/Otto Baumgart possui uma linha completa de produtos,  
dentre eles impermeabilizantes, materiais para construção e aditivos para concreto.  
Todos feitos com o máximo de tecnologia, testados e aprovados pelos mais diversos tipos de obra.  
Acesse nosso site e conheça mais sobre nossos produtos.

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

**VEDACIT**  
IMPERMEABILIZANTES



(11) 6902-5555