

# CONCRETO



IBRACON

ARQUITETURA

## *Sensibilidade Artística* *Ousadia e Coragem* *para Projetar*

Ano XI, set., out., nov., de 2004  
ISSN 1806-9673 - nº 36

RECORDES



Conheça os  
recordes da  
Engenharia do  
Concreto

SUPER  
CONCRETOS



Qual o limite?

PONTE  
ESTAIADA



Fundação requer  
expertise





# CONFIABILIDADE. PRINCIPAL ATRIBUTO EM RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS.

A Otto Baumgart/Vedacit oferece ao mercado uma completa linha de produtos para recuperação de estruturas. São produtos com alta tecnologia, que atendem às necessidades das obras, tanto na patologia como na prevenção. Desenvolvidos em laboratório próprio e testados nos mais renomados laboratórios do País, os produtos para recuperação de estruturas fabricados pela Otto Baumgart/Vedacit têm o componente mais importante para a engenharia: confiabilidade.

**OTTO BAUMGART**

Tel.: (11) 6902-5522 - São Paulo - SP

**VEDACIT DO NORDESTE**

Tel.: (71) 482-8900 - Salvador - BA

[www.vedacit.com.br](http://www.vedacit.com.br) e-mail: [assistec@vedacit.com.br](mailto:assistec@vedacit.com.br)



Solicite seu exemplar.

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  
Paulo Helene  
Diretor 1º Vice-Presidente  
Cláudio Sbrighi Neto  
Diretor 2º Vice-Presidente  
Eduardo Antonio Serrano  
Diretor 3º Vice-Presidente  
Mário William Esper  
Diretor 1º Secretário  
Eduardo Figueiredo Horta  
Diretor 2º Secretário  
Paulo Fernando Araújo da Silva  
Diretor 1º Tesoureiro  
Antonio Domingues Figueiredo  
Diretor 2º Tesoureiro  
Laércio Amâncio de Lima  
Diretor Técnico  
Rubens Machado Bittencourt  
Diretor de Relações Institucionais  
Luiz Rodolfo Moraes Rego  
Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento  
Túlio Nogueira Bittencourt  
Diretor de Publicações  
Pró-tempore - Ana Elizabeth Paganelli  
Diretor de Marketing  
Wagner Roberto Lopes  
Diretor de Eventos  
Paulo Roberto Amaro  
Diretor de Cursos  
Juan Fernando Matias Martín  
Diretor de Informática  
José Roberto Braguim  
Assessor da Presidência  
Augusto Carlos de Vasconcelos  
Assessor da Presidência  
Jorge Baulouni Neto

#### REVISTA CONCRETO

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 1806-9673  
Tiragem desta edição 5.000 exemplares  
Publicação Trimestral  
Distribuída gratuitamente aos associados  
Preço do exemplar: R\$ 12,00  
Assinatura R\$ 40,00/ano  
Publicidade e Promoção  
Arlene Regnier de Lima Ferreira  
arlene@ibracon.org.br  
+55-11-3767-4106  
Projeto Gráfico  
ASC Comunicação Técnica  
asccomunicacao@uol.com.br  
Editor  
Fabio Luis Pedrosa MTB 41728  
fabio@ibracon.org.br  
Assinatura e Atendimento  
Thais Ferreira  
thais@ibracon.org.br  
+55-11-3765-0122

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

Copyright 2004 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.

Comitê Editorial  
Ana Elizabeth P. Guimarães, UNICAMP, Brasil  
Antonio Figueiredo, PCC-EPUSP, Brasil  
Fernando Branco, IST, Portugal  
Hugo Corres Peiretti, FHECOR, Espanha  
Paulo Helene, IBRACON, Brasil  
Paulo Monteiro, UC Berkeley, USA  
Pedro Castro, CINVESTAV, México  
Raul Husni, UBA, Argentina  
Rubens Bittencourt, FURNAS, Brasil  
Ruy Ohtake, Arquitetura, Brasil  
Tulio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil  
Vítvero O'Reilly, MICON, Cuba

Endereço:  
IBRACON  
Av. Prof. Almeida Prado, 532 Prédio 62, 1º  
andar, IPT - Cidade Universitária.  
CEP 05508-901 - São Paulo - SP

# sumário

## Construindo a Infra-Estrutura Nacional

Maior evento técnico da  
Construção Civil no País

# 10



## Reportagem de Capa

Sensibilidade Artística

Ousadia e Coragem para Projetar

# 26

## E MAIS...

- 3 Editorial
- 4 Converse com o IBRACON
- 6 Personalidade Entrevistada. Ruy Ohtake
- 10 46º Congresso Brasileiro do Concreto
- 14 Acontece na Regional São Paulo
- 16 Qualidade de Vida
- 20 Mercado Nacional
- 22 Fluência e Prêmios IBRACON
- 24 Sensibilidade Artística
- 30 Workshop de Pavimentos e de Pesquisas
- 32 Superconcretos
- 36 Fissuração e Industrialização
- 38 ABCIC
- 40 Conferências
- 43 Concursos
- 46 Umidade em Lajes
- 54 16 anos de HPC (CAD)
- 62 Recordes da Engenharia



Foto Capa: interior da OCA  
arquiteto: Oscar Niemeyer  
fotógrafo: Nelson Kon

## Capacidade para dar resposta

Li com interesse o significado de uma nova expressão da grande mídia, o chamado "apagão logístico". A reportagem, veiculada em periódico de grande circulação, chamava atenção para a importância de investimentos na infra-estrutura nacional sob risco de haver uma incapacidade de armazenamento e de transporte de mercadorias, além de falta de energia, falta de água potável, e outros problemas associados.

Mantidas as previsões otimistas de produção agrícola, cimento, aço e crescimento industrial para 2005, fica evidente que o investimento brasileiro na infra-estrutura realizado em 2003, de apenas 0,1% do PIB, foi insuficiente e temerário. Recomendações internacionais sugerem investimentos anuais de 3% a 6% do PIB.

Se por um lado essa constatação é desalentadora, por outro aponta claramente para melhores dias no setor de construção civil no país. Não há como investir em infra-estrutura sem consumir concreto em abundância.

Curiosa me pareceu outra matéria jornalística que se propunha a explicar como proteger um edifício de atentados terroristas. Recomendava sistemas rigorosos de vigilância, novas opções de resgate, instalação de radares e, construtivamente, deixava bem claro que o melhor material de construção para dar resposta a esse novo tipo de risco era um bom concreto com fibras de aço. Propunha a construção de escadas de fuga totalmente vedadas em caixas de concreto armado com fibras, assim como salas estanques a cada certo número de andares para abrigar os usuários do calor e da fumaça.

Não pude deixar de refletir e reconhecer a enorme versatilidade e capacidade desse jovem material de construção, —com apenas cem anos de idade—, em dar respostas competentes a tão diferentes naturezas de demanda. O concreto pode ser tão imbatível como opção para reservar água potável, quanto o melhor para construir uma habitação ou suportar o impacto de mísseis e bombas.

Estas leituras me levaram a pensar na proposta para a capa do livro brasileiro sobre CONCRETO: ENSINO, PESQUISA E REALIZAÇÕES que os sócios do IBRACON estão elaborando, com o objetivo de também dar boas respostas a novas demandas de conhecimento atualizado. A sugestão do Prof. Isaia, editor do livro, foi de utilizar na capa uma foto da Catedral de Brasília, que segundo ele é a obra que melhor pode simbolizar o que se deseja repassar no livro: *ciência aplicada com criatividade e competência a serviço do desenvolvimento e qualidade de vida da sociedade*.

Na antiguidade e Idade Média os arquitetos-construtores utilizavam as rochas para construir os imponentes e duráveis monumentos e catedrais, erguidas para simbolizar a grandeza de Deus e a pequenez do homem. Hoje, o concreto pode exprimir melhor as necessidades de construção desses marcos de uma

civilização, empresa ou seita, pois com pouco volume e muita arte e técnica, é possível transmitir imponência e majestade a uma obra, como

tão bem alcançado no caso da Catedral de Brasília, cuja estrutura lembra mãos unidas em prece e dirigidas aos céus. Concreto, vidro, crença e beleza plástica se encontram harmonicamente.

Essa obra emblemática de Oscar Niemeyer e Bruno Contarini, realizada numa época que ainda não se contava com os recursos de computação hoje disponíveis, é mais uma forte demonstração da versatilidade e potencialidade desse material.

O concreto é obtido com matéria prima simples; salvo o cimento, requer pouca industrialização. Depende muito da arte do arquiteto e da técnica do engenheiro, para ser plasmado numa obra em que função e forma se confundam num todo único, durável e resistente.

Neste número da revista CONCRETO a matéria de capa ressalta a contribuição do profissional arquiteto para a sociedade brasileira nos últimos anos. Ruy Ohtake é a personalidade entrevistada e obras históricas e marcos de nossa civilização são lembrados e reverenciados.

O papel do concreto dando respostas à melhoria da qualidade de vida também é registrado com uma descrição dos túneis de concreto recém construídos e inaugurados na cidade de São Paulo: a mais importante obra de melhoria da infra-estrutura da capital nesta década.

O sucesso do 46º Congresso Brasileiro de Concreto em Florianópolis, com a presença de profissionais oriundos de 16 países estrangeiros e 25 Estados da Nação, discutindo a temática "Construindo a Infra-Estrutura Nacional", e suas várias atividades e eventos paralelos, também está sintetizado nesta edição, deixando prever para Olinda, em setembro de 2005, um evento capaz de superar todos os anteriores.

Reconhecer, ressaltar e divulgar a capacidade do concreto, dos arquitetos e dos engenheiros civis de dar boas e oportunas respostas para a construção da sociedade que queremos contribuir para a valorização profissional e atende à nobre missão do IBRACON.

Vamos em frente...



Paulo Helene - Presidente

*Paulo Helene*

paulo.helene@poli.usp.br

# VAMOS A COIMBRA DISCUTIR O BETÃO

*O Betão será tema de discussão, de 5 a 7 de julho de 2005, na Universidade de Coimbra, no SIABE 05 Simpósio Ibero-Americano organizado por entidades portuguesas, pelo Intemac da Espanha e pelo Ibracon.*

*Como você deve ter desconfiado, o betão nada mais é do que o termo lusitano para o material de construção que, no Brasil, chamamos de concreto.*

Conjuntamente ao Simpósio Ibero-Americano "O Betão nas Estruturas" (SIABE 05) acontecerá o Internacional Conference on Concrete for Structures (INCOS 05), entre os dias 7 e 8 de julho de 2005.

Venha trocar experiências com os professores das universidades portuguesas, com os técnicos da Associação para o Desenvolvimento da Engenharia Civil e do Instituto Técnico de Materiais e Construções da Espanha.

O Instituto Brasileiro do Concreto está organizando um grupo brasileiro para ir ao SIABE 05 e para tour turístico pela Galícia, num trecho do Caminho de Santiago de Compostela, e pela região de Lisboa (Estoril, Cascais e Óbidos).

As inscrições nos eventos serão aceitas até 13 de junho de 2005, sendo que as pessoas interessadas que informarem o código **BS50A** na ficha de inscrição, receberão desconto de 5% no valor das inscrições.

Para maiores informações,  
acesse os sites:  
[www.dec.uc.pt/siabe](http://www.dec.uc.pt/siabe)  
[www.dec.uc.pt/incos](http://www.dec.uc.pt/incos)



**Siabe 05:**  
Simpósio Ibero-Americano  
"O Betão nas Estruturas"

**Coimbra,**  
**5 a 7 de Julho de 2005**



Fax: 351-239-797123  
Emails: [siabe@dec.uc.pt](mailto:siabe@dec.uc.pt)  
[Incoc@dec.uc.pt](mailto:Incoc@dec.uc.pt)

A revista Concreto abre espaço para seu público manifestar-se sobre as atividades desenvolvidas pelo Instituto Brasileiro do Concreto. O objetivo é utilizar mais esse meio para uma maior aproximação entre o Instituto e seus associados e colaboradores.

Entre em contato conosco pelo e-mail: [converse@ibracon.org.br](mailto:converse@ibracon.org.br)



---

## Assistência Médica nos Congressos IBRACON

*Aproveito a oportunidade para felicitá-lo pelo sucesso do 46o. Congresso do IBRACON. O evento esteve no mesmo nível de outros similares de que tenho participado no chamado "primeiro mundo". Na certeza de que o colega pretende tornar os futuros congressos ainda mais perfeitos, tomo a liberdade de lhe dar duas sugestões: melhorar as condições ambulatoriais para emergências médicas e criar um mecanismo que possibilite o acesso de leigos e profissionais não inscritos no Congresso à área dos "stands" das empresas presentes ao evento. Se precisar de algo aqui pelo Ceará, estamos ao seu inteiro dispor.*

Eng. Dácio Carvalho  
Sócio Ouro individual. Fortaleza

Caro Dácio  
Excelentes sugestões. Vamos colocá-las em prática.  
Paulo Helene

---

## FEBRACON em Recife

*Fiquei sabendo da intenção do IBRACON de promover a primeira Feira Brasileira do Concreto em Recife. Entendo que deverá ser algo do tipo "World of Concrete" com todos da cadeia produtiva do concreto fazendo parte da feira. Se assim for quero antecipadamente felicitar o IBRACON pela iniciativa. Vamos participar sem dúvida. E ainda se houver as tais "Mega-Demo" poderá ser fantástico para todos.*

Eng. Paulo Sérgio Ferreira de Oliveira  
Sócio Diamante mantenedor. São Paulo

Caro Paulo  
Pode comemorar porque terá opção de demonstrações ao vivo durante a feira.  
Paulo Helene

---

## Aquisição de publicações do ACI

*Gostaria de adquirir algumas publicações do ACI, relacionadas em texto anexo, através do IBRACON. Como proceder?*

Eng. José Luís Serra Ribeiro  
Sócio Ouro individual. Aclimação. São Paulo

Caro Serra

O IBRACON tem um acordo com ACI e consegue todas as publicações do ACI com 20% de desconto. Para tal é necessário que você preencha um formulário padrão disponível on line no site do IBRACON ou via fax com Arlene (11-3767-4106). Liste as publicações desejadas, coloque os preços do ACI para nonmember e aplique 20% de desconto. Declare como deseja que sejam enviadas as publicações, por via aérea ou via marítima, e indique todos os dados do cartão de crédito para pagamento. Não esqueça de incluir seu nome completo e seu endereço detalhado para receber as publicações. A seguir, depois de assinar você mesmo envia via fax ou scaneado via e-mail esse formulário de encomenda a Melinda G. Reynolds Manager, Member Services, Concrete International, American Concrete Institute, PO BOX 9094, Farmington Hills, MICHIGAN 48333, USA, fone 1-248-848-3802, fax: 1-248-848-3801, [melinda.reynolds@concrete.org](mailto:melinda.reynolds@concrete.org)

Paulo Helene



# ABESC

Associação Brasileira das  
Empresas de Serviços  
de Concretagem

## Esta é a nossa casa.



## A casa do Concreto Dosado em Central

Qualidade do concreto especificado, conduta frente às questões ambientais, operacionais e de segurança. Divulgação de novas técnicas, sistemas construtivos e atendimento especializado. É assim que construímos a história do Concreto Dosado em Central no Brasil.

# [www.abesc.org.br](http://www.abesc.org.br)

# ENTREVISTA RUY OHTAKE



A Arquitetura  
e o  
Concreto

**IBRACON:** Segundo os historiadores, o primeiro arquiteto reconhecido pela sociedade foi Amhtop, no Egito, que propôs construir as pirâmides em rocha em substituição às tumbas de argila até então utilizadas. Com isso, mudou a história e conhecemos muito daquela civilização devido a esse primeiro "arquiteto". O senhor também acredita que, na construção civil, os materiais devam ser duráveis?

**Ruy Ohtake:** *O testemunho da arquitetura, como participante da história e da cultura de uma comunidade, de uma região, ou de um país, é conseguida quando alcança, seja em termos da beleza que emociona ou no que concerne aos materiais que utiliza, buscando-se a durabilidade. A Acrópole de Atenas tem mais de 20 séculos; o Palácio dos Dodges, em Veneza, 5 séculos; a Casa Bandeirantista do Sítio Santo Antônio mais de 2 séculos; o Forte de São Marcelo, em Salvador, mais de 3 séculos.*

**IBRACON:** Neste ano, o Brasil comemora os 100 anos da primeira obra de concreto armado, que foram os sobrados construídos em Copacabana em 1904. Em que o concreto armado é pretendido inovou a arquitetura brasileira?

**Ruy Ohtake:** *A arquitetura brasileira é a que melhor usa o concreto armado no mundo. A enorme diversidade com que nós utilizamos o concreto é admirada em todo o mundo. O Museu de Arte de Niterói, a Catedral de Brasília, a Central Telefônica de Campos do Jordão são alguns exemplos.*

**IBRACON:** Fundado há 32 anos, o IBRACON é uma entidade sem fins lucrativos e de utilidade pública que tem mobilizado milhares de profissionais da área em benefício do maior conhecimento do concreto. Por que há pouca participação e

engajamento de arquitetos no campo das entidades voluntárias de valorização do conhecimento do concreto no país?

**Ruy Ohtake:** *Os arquitetos brasileiros têm valorizado enormemente o uso do concreto. Eu acredito que o Ibracon deve utilizar a linguagem mais adequada para difundir o conhecimento do material entre os estudantes e jovens arquitetos. Essa deve ser nossa colaboração para a difusão da tecnologia do concreto na arquitetura.*

**IBRACON:** No museu Guggenheim de Bilbao, um dos mais famosos museus de arte moderna da Europa e monumento do século XXI, o arquiteto Gehry usa lâminas de titânio na fachada. O senhor acredita que o caminho da arquitetura esteja no uso de "novos materiais" como esse?

**Ruy Ohtake:** *A cada mês surgem novos materiais. Cada arquiteto escolhe e utiliza o material que melhor esteja adequado ao seu projeto. Evidentemente, há que se evitar os modismos, que o tempo se encarrega de diluir. A arquitetura Pós-Modernista não durou mais do que 15 anos.*

“ O testemunho da arquitetura, como participante da história e da cultura de uma comunidade, de uma região, ou de um país, é conseguida quando alcança uma boa proposição ”

**IBRACON:** Santiago Calatrava, considerado um especialista no desenho, autor de obras tão conhecidas como a *ponte do Alamillo*, o *Pabellón de Kuwait en la Expo '92*, ambas em Sevilla, e a *torre de comunicações de Montjuic*, em Barcelona. Comentou que *"uma ponte é um marco importante de referência em uma cidade, a elevação da auto-estima de um povo e pode ser usada para complementar a paisagem urbana"*. O senhor acredita que os arquitetos devam construir pontes? Por que isso não ocorre no Brasil?

**Ruy Ohtake:** *Sem dúvida alguma os arquitetos devem projetar pontes, como acontece em qualquer país desenvolvido do mundo. A ligação entre duas partes da cidade, sobre um rio, deve conter uma expressão cultural e tecnológica. A ponte não deveria ser banalizada como mera transposição. A eficiência do transporte deve estar ligada à estética e à tecnologia. As pontes de Maillart, de Calatrava, são orgulhos nacionais. Brasília tem duas pontes muito interessantes, que atravessam o Lago Paranoá: a de Oscar Niemeyer, que simplesmente toca a água, num gesto poético; e a outra, denominada Três Pontes, porque os três arcos estruturais estão como a dançar de um lado e outro da plataforma da ponte.*

*"A ligação entre duas partes da cidade, sobre um rio, deve conter uma expressão cultural e tecnológica. A ponte não deveria ser banalizada como mera transposição. A eficiência do transporte deve estar ligada à estética e à tecnologia."*

**IBRACON:** O museu do Louvre, com a construção de uma grande pirâmide no centro da "cour Napoléon", pelo arquiteto sino-americano Leoh Ming Pei, duplicou ou triplicou a quantidade de visitantes. O arquiteto tem o poder de recuperar e valorizar as áreas degradadas e os edifícios antigos?

**Ruy Ohtake:** *A arquitetura excepcional tem o poder de valorizar qualquer área de uma cidade. É ponto de convergência entre populações visitantes. A arquitetura atrai a massa de visitantes à Catedral de Notre Dame mais do que a missa. O Guggenheim de Bilbao provocou o turismo cultural para aquela cidade, não tanto pelas exposições de arte, mas sim pela sua arquitetura. Com as igrejas de Ouro Preto ocorre o mesmo, assim como com o hotel Unique.*

**IBRACON:** Os dois arquitetos do Partenon, célebre templo da ordem dórica, Ictinos de Mileto e Calícrates, orientados por Fídias, um dos maiores escultores da época (anos 447 e 432 A.C), fizeram as colunas do edifício com linhas suavemente curvas. Alguns séculos antes (650 A.C) *Ninrode*, o grande arquiteto dos Jardins Suspensos da Babilônia, também usou o mesmo recurso nas colunas de mais de 100m de altura. Ambos justificaram que era para conseguir uma perspectiva de maior grandiosidade a essas construções. Você também usa predominantemente linhas curvas em seus projetos por essa mesma razão? Quais são os principais conceitos de desenvolvimento em seus projetos?

**Ruy Ohtake:** *Quando da recente inauguração do Museu de Arte de Curitiba, foi perguntado ao Oscar Niemeyer sobre o que mais gostava nesse projeto. Ele respondeu: a surpresa! Pois, a surpresa é um dos elementos da arquitetura brasileira, que eu procuro*

*sempre. As curvas são mais surpreendentes do que as retas. Às vezes, não: no hotel Unique, um detalhe que tem provocado muita surpresa é a borda de 3 cm da empena lateral de concreto, que sobe até a altura de 25 m. Você já imaginou 3 cm com 25 m de altura? É surpreendente!*

**IBRACON:** Tem-se pouco registro de planejamento urbano no Brasil. Lucio Costa desenhou o plano urbano de Brasília e você o Parque Ecológico do Tietê. Por que as cidades do Brasil são tão caóticas? Por que o arquiteto não tem quase participação no planejamento das cidades ou, se tem, seus projetos não são executados?

**Ruy Ohtake:** *Quando o planejamento urbano deixa de ser desenho urbano, a cidade perde o ideário, que é responsável pela identidade da cidade. Brasília tem um ideário porque o planejamento nasceu junto com o desenho urbano; o Parque Ecológico do Tietê também nasceu com o desenho, retomando a sinuosidade do rio Tietê, valorizando o paisagismo e possibilitando o uso recreativo de suas margens.*

**IBRACON:** O fenômeno Movimento Modernista na arquitetura brasileira teve sua "fase heróica" entre 1930-45. Na década de 30, já com muitas obras realizadas, foi desenvolvido o projeto do Ministério de Educação e Saúde, no Rio de Janeiro, contando inicialmente com a participação de *Le Corbusier*, arquiteto que marcou profundamente a geração que então se formava no Brasil. Pouco depois foi construído outro marco da arquitetura moderna: o conjunto de Pampulha, por *Niemeyer*, em Belo Horizonte. Como o senhor classifica a atual

arquitetura em concreto do Brasil? Evoluímos? Como estamos em relação às obras em destaque no mundo?

**Ruy Ohtake:** *A arquitetura contemporânea brasileira já tem 60 anos, com forte atuação e reconhecimento. Sua produção e desenvolvimento continuam. Recentemente, a revista Conde Nast, a mais importante revista inglesa de turismo internacional, considerou o hotel Unique como uma das sete obras mais expressivas do mundo neste princípio de século. Por conseguinte, o concreto continua como o material importante para a arquitetura, pois é moldável e atende muito bem aos desenhos que elaboramos; podemos pigmentá-lo; podemos desafiar a gravidade.*

**IBRACON:** Em que projetos você trabalha nesse momento além do projeto de Identidade Cultural de Heliópolis e o Templo Religioso para 30.000 mil pessoas do Padre Marcelo Rossi?

**Ruy Ohtake:** *Além desses projetos, estou detalhando um edifício de escritórios na avenida Paulista e um Centro de Convenções em Rio das Ostras, litoral fluminense.*

**IBRACON:** Observa-se em certas obras emblemáticas que a forma ou o desenho tem um impacto positivo, porém o acabamento final deixa a desejar, com a presença de ninhos de concretagem, juntas frias visíveis, lixiviação e falta de estanqueidade. O que você acha mais importante: o desenho ou a qualidade da execução?

**Ruy Ohtake:** *Os dois aspectos de uma obra arquitetônica são importantes: o desenho e o detalhamento adequado no que diz respeito aos materiais empregados, à execução e ao acabamento da obra, uma vez que o arquiteto deve ter também como uma de suas preocupações a durabilidade da edificação.♦*

# CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO BATE TODOS OS RECORDES

Maior evento técnico nacional da construção civil reúne os melhores profissionais do ramo para “construir” a infra-estrutura nacional

concreto é o material de construção mais largamente empregado no Brasil, desde o início do século XX. Visando congregar todos os agentes da cadeia produtiva do concreto, para discutir as novidades em torno desse material, em termos de pesquisas e aplicações, o Instituto Brasileiro do Concreto promove

anualmente o Congresso Brasileiro do Concreto, que, em sua 46ª edição, já se tornou ‘uma tradição no calendário de eventos da engenharia civil no país’ na definição do engenheiro Wagner Lopes, diretor da Associação Brasileira de Empresas e Serviços de Concretagem (ABESC).



Solenidade de abertura do 46º Congresso Brasileiro do Concreto

O 46º Congresso Brasileiro do Concreto, que ocorreu entre os dias 14 e 18 de agosto, em Florianópolis, caracterizou-se pelo sucesso pleno desde sua solenidade de abertura. Participaram mais de 900 congressistas, acontecimento inédito na história da organização do evento. "Foi uma surpresa muito boa a maciça participação dos congressistas na solenidade de abertura. O fato demonstra uma resposta positiva do meio com relação à retomada do crescimento econômico. É um momento de construção da infra-estrutura nacional, nó górdio para o desenvolvimento sustentável e tema dessa edição do Congresso", destacou o professor Paulo Helene, presidente do IBRACON.



Prof. Dr. Paulo Helene, presidente da IBRACON

Números apontam a urgência de investimentos na infra-estrutura do Brasil: cerca de 90% das rodovias não são pavimentadas e 75% das rodovias federais necessitam de manutenção; o déficit habitacional no país é da ordem de 6,5 milhões de moradias. Além disso, vez ou outra aparece nos meios de comunicação notícias sobre a necessidade de investimentos em usinas hidrelétricas e outros tipos de geradores de eletricidade, diante da iminência de um colapso no fornecimento, tendo em vista um crescimento da economia de 3% ao ano. Sem falar nas carências agudas no tratamento e fornecimento de esgotos que afetam a vida de milhões de brasileiros.

"O Brasil é um país de paradoxos: ilhas de excelência situam-se num mar de desigualdade e miséria", frisou o professor Vahan Agopyan, diretor da Escola Politécnica da USP, referindo-se à necessidade de maiores investimentos no país, em especial, na infra-estrutura nacional, e, ao mesmo tempo, afirmando nossa capacidade técnica em suprir adequadamente essas carências.



Prof. Dr. Vahan Agopyan, diretor da Escola Politécnica da USP

Como fórum nacional que reúne desde projetistas e executores experientes, passando pelos tecnólogos, até os estudantes de graduação e pós-graduação de todo país, o Congresso Brasileiro do Concreto firma-se como evento capaz de transferir o conhecimento da tecnologia do concreto dos institutos de pesquisas e das universidades para a rede da construção civil no Brasil. "O Congresso mostra o caminho para a comunidade com a divulgação do conhecimento sobre materiais, sobre técnicas, sobre a evolução das normas técnicas, contribuindo para o estreitamento das relações entre o setor acadêmico e a sociedade civil. O resultado final é uma melhor qualidade e durabilidade das obras de infra-estrutura do país", ressaltou o professor da Universidade Federal de Santa Catarina Ivo Padaratz, um dos organizadores do evento.



Prof. Dr. Ivo Padaratz, da Comissão Organizadora do evento

Nos cinco dias de realização do 46º Congresso Brasileiro do Concreto diversos eventos ocorreram simultaneamente. Além das sessões plenárias e pôsteres, onde os congressistas tiveram a chance

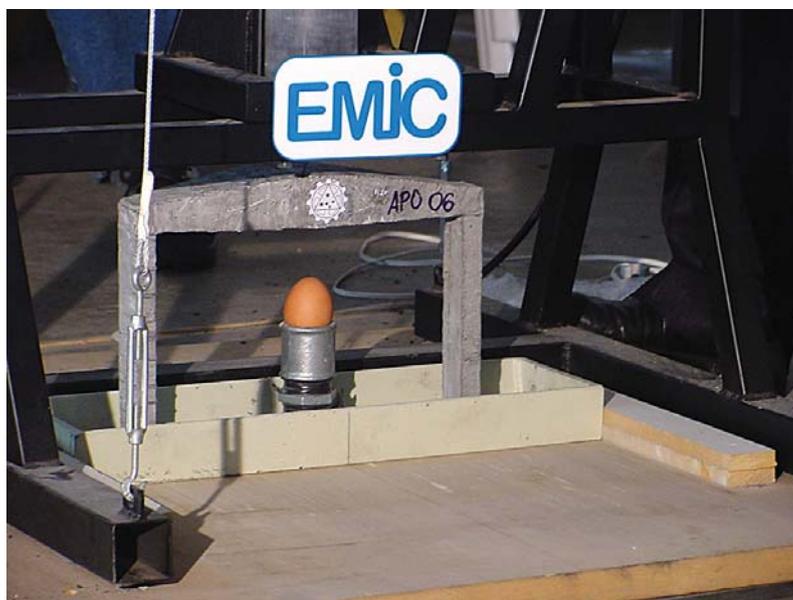
de apresentar e trocar informações sobre seus trabalhos técnicos, resultados de pesquisas na academia, nos laboratórios e institutos de pesquisa, foram organizados workshops e painéis temáticos, onde renomados especialistas discutiram problemas teóricos relacionados ao concreto (causas e soluções de fluência e fissuração), as últimas novidades em termos de uso do concreto na construção civil (pavimentos de concreto e pré-moldados) e a política de pesquisa e desenvolvimento do concreto no Brasil.



Diretores do IBRACON na solenidade de abertura

Ao mesmo tempo, ocorriam os concursos técnicos organizados e realizados pelo IBRACON, no sentido de estimular a participação efetiva dos estudantes nos diversos ramos de saber do concreto: o concurso Aparato de Proteção ao Ovo (APO), onde um modelo de pórtico é submetido a cargas sucessivas, testando sua resistência ao impacto; o concurso CONCREBOL, no qual uma bola de concreto passa pelos testes de resistência e de esfericidade; e o concurso técnico para estudantes de arquitetura, que tem o propósito de ressaltar as qualidades plásticas do concreto. "Outra atração do Congresso foi a feira de exposições que contou com a participação de 21 empresas do setor. Nela os congressistas tiveram a oportunidade de conhecer melhor as atividades, produtos e serviços das empresas que compõem a cadeia produtiva do concreto e de participarem dos diversos concursos e sorteios organizados pelos expositores.

A dinâmica do 46º Congresso Brasileiro do Concreto foi tão intensa que, além da participação efetiva nos eventos programados, muitos outros nasceram espontaneamente do interesse e iniciativa de alguns congressistas reunidos em torno de questões comuns. Assim, organizaram-se no decorrer do evento: o grupo de discussão sobre barragens; a reunião dos editores das revistas científicas eletrônicas de estruturas e de materiais, recentemente lançadas pelo Instituto Brasileiro do Concreto; reuniões entre os integrantes dos diversos comitês técnicos do IBRACON; e reunião entre os diretores regionais do Instituto.



Concurso de estudantes



Salão de exposição do evento

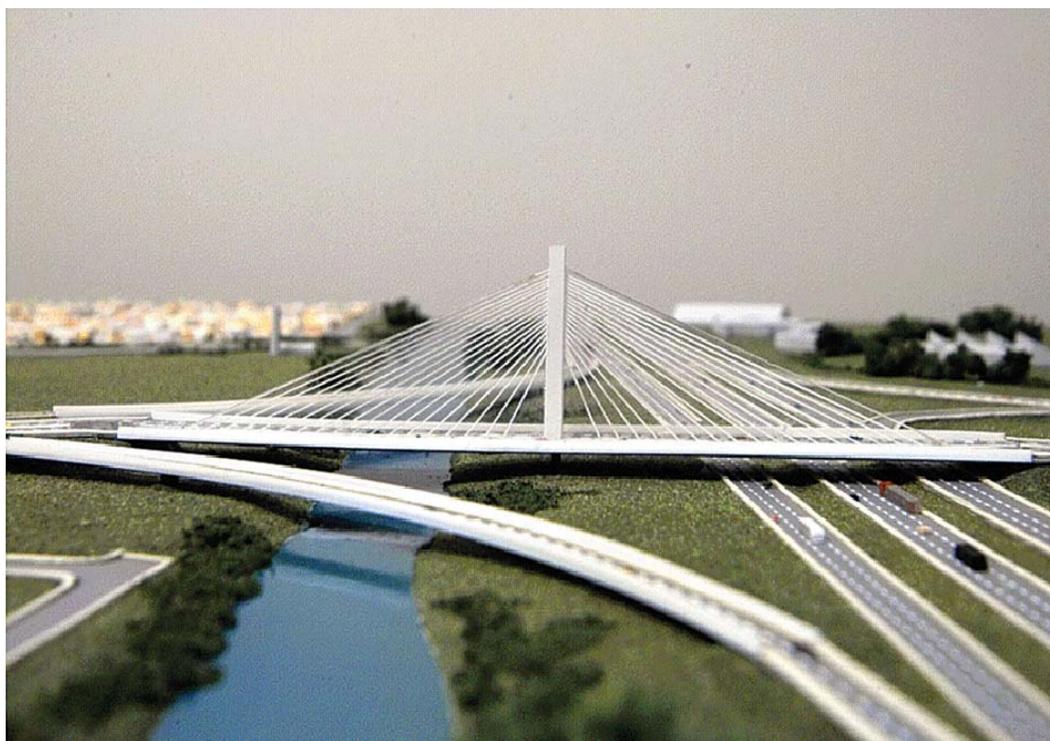
Não se poderia esquecer de constar neste texto as Conferências Internacionais, que finalizaram os trabalhos técnicos do Congresso e determinaram que o recorde da participação perdurasse até o final. Palestrantes renomados internacionalmente de países da Europa, dos Estados Unidos, Canadá e da América Latina brindaram o Congresso com a exposição de suas pesquisas de ponta realizadas nesses países. "Este Congresso tem atraído muitos profissionais qualificados e experientes; estamos ouvindo opiniões e considerações técnicas muito diferentes, o que forma um interessante intercâmbio de experiências entre culturas muito distintas", sintetizou Carmen Andrade, do RILEM y CYTED. ♦



Camerata de Florianópolis

# TECNOLOGIA DE CONCRETO-MASSA VIABILIZA CONCRETAGEM URBANA

por Eng. José Gasparim (EMURB)  
da Regional IBRACON/SP



Maquete da futura ponte estaiada sobre o rio Tietê

Prefeitura Municipal de São Paulo PMSP, através da Secretaria de Infra-estrutura Urbana, está implantando, na Zona Leste da Capital, uma obra inédita no País: trata-se de uma ponte estaiada sobre o Rio Tietê e Rodovia Ayrton Senna, no prolongamento da Avenida Jacu-Pêssego, rumo ao Aeroporto de Cumbica, com o peculiar detalhe, que lhe confere pioneirismo nacional, de que será moldada paralelamente à rodovia e nas margens do rio Tietê e depois rotacionada ao redor de seu apoio central até atingir a posição definitiva sobre o rio e a rodovia.

Sob gerenciamento da Empresa Municipal de Urbanização EMURB e com execução a cargo da Construtora C. R. Almeida, a ponte, verdadeira obra-de-arte, terá 255m de comprimento e 28,52m de largura, comportando seis faixas de rolamento e dois passeios. Será sustentada simetricamente por 34 estais fixados a um único pilar central (mastro) com 54m de altura, a partir do tabuleiro e mais dez metros entre o tabuleiro e o grande bloco de apoio sobre a fundação.

Esse bloco, com 26m de comprimento, 26m de largura e 3,5m de espessura maciça, que está apoiado em 30 estacas escavadas com diâmetro de 1,40m por 22m de profundidade média, teve sua concretagem viabilizada com sucesso através da parceria dos diversos intervenientes incluindo a assessoria do Prof. Paulo Helene e sua equipe da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A execução dos serviços aconteceu sob rigoroso controle de temperatura do calor de hidratação do concreto, para garantir o monolitismo da peça, necessário à funcionalidade estrutural desse elemento, na semelhança do que é feito com concreto-massa na construção de barragens e com a diferença que neste caso a resistência à compressão do concreto deveria superar 35MPa aos 28 dias de idade e o consumo de cimento por m<sup>3</sup> de concreto acima de 300kg.

Sendo a hidratação do cimento Portland uma reação exotérmica, ou seja, libera calor no interior da massa de concreto, passa a ser muito importante a natureza do cimento que neste caso foi recomendado o CP III 32 (o conhecido cimento de 'escória' de alto forno).

A saída desse calor para o meio externo é



Detalhe do bloco de fundação construído

influenciada pelas características térmicas dos materiais empregados, pelas condições ambientais e pelas dimensões da estrutura, como no caso desse grande bloco de fundação.

O concreto sofre variações dimensionais, quando exposto à ação da temperatura, levando ao surgimento de tensões térmicas que podem superar as resistentes, e aumentando os riscos de fissuração da estrutura.

O concreto deveria atender simultaneamente, as exigências de resistência mínima de projeto, baixo calor de hidratação, boas condições de dissipação térmica e boa trabalhabilidade (slump de 100mm a 120mm) para viabilizar bombeamento contínuo com 3 bombas-lança durante 30h ininterruptas.

Foi elaborado cálculo térmico para determinação da temperatura de lançamento do concreto especificado, levando-se em conta o calor específico dos materiais utilizados: brita granítica, areia quartzosa natural e artificial, água e cimento, de acordo com as condições locais, a partir do qual, foi necessário que 100% da água adicionada no balão do caminhão betoneira fosse na forma de gelo em escamas ou picado.

Além disso, foram considerados os efeitos da dissipação de calor durante a concretagem, através do método de Schmidt e os limites de deformação, de modo que as deformações impostas fossem sempre inferiores aos limites de deformabilidade desse concreto em cada idade.

O concreto, dosado pelo Eng. Eliron Souto Jr, foi fornecido pela Engemix, com aditivos da MBT Degussa. Toda a logística de obra esteve a cargo dos experientes Engenheiros. Zanetti e Cid da C.R. Almeida. A concretagem foi realizada no dia 22 de maio último, mediante rigoroso controle da temperatura, resultando num volume da ordem de 2.400m<sup>3</sup> de concreto lançado continuamente, até hoje sem qualquer fissura, constituindo-se também na maior concretagem urbana em única etapa de que se tem notícia no país.

Na seqüência, o bloco receberá um pino central e 36 aparelhos de apoio metálicos e cilíndricos com Ø de 80cm, que permitirão a rotação dessa ponte que será um novo e vitorioso marco na história da engenharia de concreto do país.

Cabe registrar ainda a visão e o grande envolvimento e competência do corpo técnico da EMURB composto pelos arq. Dario Bergamo, eng.º Charles Abreu, eng.º Mario Feliciani, eng.º Percival Nascimento, eng.ª Eliane Barral, eng.º Chen Tung, eng.º Antonio Augusto Rocha e eng.º Clodoaldo Dessotti, responsáveis por esse empreendimento.◆

# CONCRETO CONFERINDO QUALIDADE DE VIDA E CIDADANIA

uma região de muito trânsito, excesso de pedestres e com um subterrâneo minado de redes de utilidade pública, as Construtoras Queiroz Galvão responsável da confluência da Av. Faria Lima com Av. Rebouças e Construtora Odebrecht responsável da confluência da Av. Faria Lima com Av. Cidade Jardim, praticamente bateram todos os recordes

possíveis realizando uma obra de prazo normal da ordem de 14 meses em apenas oito. Isso sem contar a enorme pressão política; uns acelerando e outros freando, o tempo todo.

O resultado foi fantástico e mostrou uma vez mais a importância da versatilidade do concreto e sua capacidade de aguentar pressões de várias naturezas.



Canteiro de obras na Av. Rebouças

As obras foram finalizadas antes do previsto e demonstraram o cuidado do projeto com uma cidade mais bonita, limpa e moderna.

# Cruzamento Rebouças x Faria Lima

Dois túneis foram construídos nesse cruzamento entre janeiro e setembro de 2004. Paralelos e similares, destinam-se à passagem de veículos leves e possuem emboques desencontrados em 80m de distância que possibilita a existência de um corredor central de ônibus.

Com duas faixas de trânsito em cada túnel, a extensão total de escavação foi de 1.165m, tendo avançado, nos momentos mais intensos, até 2,4m por dia. "Cut and cover" foi o método de escavação adotado (escavação a céu aberto) para os 945m que constituem os emboques de acesso e saída.

O trecho exatamente sob a avenida Faria Lima, com 220m de extensão e até 15 m de profundidade, exigiu o uso de uma técnica denominada Escavação de Túnel em Solo Tratado (ETST), derivada do conhecido *New Austrian Tunnelling Method* (NATM).

O túnel, que leva o nome do fundador da rádio Jovem Pan, jornalista Fernando Vieira de Mello, é elíptico e tem 9 m de diâmetro, com apenas 6 m de cobertura e gabarito de 4,5 m. A largura média é de 7m. Todo o solo da região foi mapeado com georadar e indução eletromagnética.



Detalhe do túnel Fernando Vieira de Mello

A profundidade - 6 m a 15 m da abóbada superior ao arco invertido - situou maior parte da obra abaixo da linha do lençol freático, que se posiciona, na região, entre 3 m e 4 m de profundidade. O rebaixamento do lençol foi descartado por se tratar de um processo lento e que poderia causar impactos nas edificações do entorno. Toda a escavação foi mecanizada, sem o uso de explosivos.

A Queiroz Galvão utilizou martelo, fresa e rompedor hidráulico. O reforço do solo foi feito com Coluna de Cimento Portland Horizontal (CCPH).



Obras de Escavação

“Toda a escavação foi mecanizada, sem o uso de explosivos.”



Sistema NATM na execução de túnel

Durante todo o tempo de intervenção os trabalhos nunca pararam.

As equipes trabalharam 24 horas diárias. A chegada dos equipamentos e o manuseio das peças pré-moldadas e das gaiolas para as paredes diafragma foi todo feito durante a madrugada, com o fechamento da ligação entre a Rebouças e a avenida Eusébio Matoso entre 23h e 5h.

A saída do material escavado não exigiu cuidados especiais pois o tráfego na região é intenso e uns poucos caminhões por hora a mais não foram nem percebidos.

### Cruzamento Cidade Jardim X Faria Lima

A passagem subterrânea construída pela construtora Odebrecht sob a Faria Lima no trecho em que cruza com a avenida Cidade Jardim conta com três ramos distintos.



Obras em acabamento na Cidade Jardim

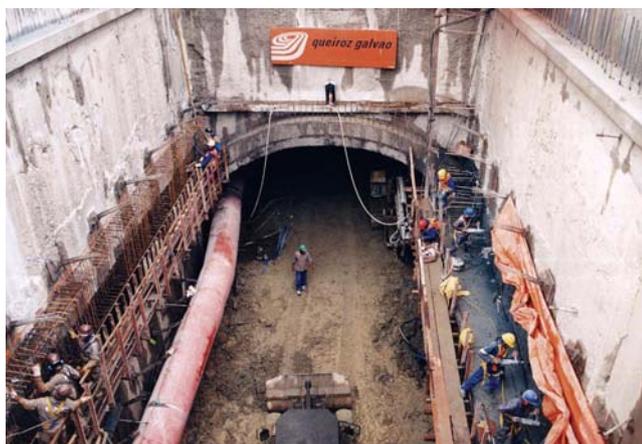
O primeiro, cuja rampa de emboque fica na avenida Europa, logo após o cruzamento desta com a Nove de Julho, tem duas pistas de rolamento e gabarito viário de 4,5 m. O terceiro tramo, com 341,4 m de extensão, sendo 223,5 m subterrâneos, inicia-se a partir do segundo tramo, sob a avenida Brigadeiro Faria Lima, e termina na Nove de Julho, próximo à rua Amauri. A construção das rampas de acesso aos túneis também adotou a metodologia de escavação a céu aberto. Nesse método executou-se 250 metros de rampas. Os 515 metros restantes, subterrâneos, foram construídos por meio do método ETST Escavação de Túnel em Solo Tratado.

Conforme avançavam os trabalhos de escavação dos poços aplicava-se uma tela e, em seguida, concreto projetado sobre a parede. Esse procedimento visou o incremento da sustentação. A escavação das valas dos emboques também utilizou o método *cut and cover*, com emprego de estacas secantes de 40cm de diâmetro nas contenções laterais.

### Pavimento, acabamento e segurança

O acabamento das pistas de rolagem dos túneis, tanto para o trecho subterrâneo como para as rampas de acesso, foi executado em pavimento rígido de concreto. O projeto do pavimento foi concebido de acordo com as Diretrizes para Dimensionamento de Pavimentos Rígidos da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) e da Portland Cement Association (PCA).

A concepção do pavimento também é diferenciada para cada etapa da obra. Embora seja rígido em toda a extensão, nos emboques é incorporado à laje de fundo. Tal característica garante que se trata de uma placa monolítica, evitando o risco de descolamento da camada superficial. O grande desafio foi alcançar um acabamento de qualidade, que atendessem às exigências de planicidade especificadas pela EMURB.



Emboque na Av. Rebouças

### Qualidade de vida e cidadania

É muito conhecido que obras de grande porte como essa possam mexer com a auto-estima, a cidadania e a qualidade de vida da população. Desta vez não foi diferente.

Mesmo sem que as obras tenham efetivamente terminado, nota-se essa região da cidade bem mais bonita. Segundo o administrador de empresas Pedro Furtado Neto, frequentador da região: "Hoje em dia eu vou trabalhar a aproximadamente 8 quilômetros da minha casa, passando por vias arborizadas com muitas espécies de árvores e plantas diferentes; aquela cidade poluída e congestionada ganhou tons de verde inimagináveis há alguns anos".

Os "corredores de ônibus" criados aumentaram a circulação. Além de estar mais agradável pela urbanização projetada e semi-concluída, hoje é possível gastar bem menos tempo de carro no trânsito que há poucos anos atrás. Para quem vai de ônibus a redução de tempo foi ainda mais drástica; o tempo de percurso entre Consolação e Cidade Universitária despencou de 60 minutos ou mais para menos de 30min.

As obras recém concluídas permitem dizer que foi dado o ponta-pé inicial para que a cidade de São Paulo se transforme verdadeiramente em uma cidade mais humana, mais habitável, uma cidade em que haja prazer em morar e trabalhar.◆

Serviço	Rebouças	Cidade Jardim
Contratante	PMSP / EMURB	PMSP / EMURB
Construtora	Queiroz Galvão	Odebrechet
Projeto Estrutural	Emurb	Emurb
Serviços de Concretagem	Engemix	Engemix
Consultor de Concreto	Giovanni Palermo	Luis Prudêncio Jr.
Controle Tecnológico	G.B.A. Eng. e Consultoria	G.B.A. Eng. e Consultoria
Meio Ambiente	Geotec	Geotec
Aço	Belgo Mineira	Gerdau

# PPPs: ALGUMAS REFERÊNCIAS INTERNACIONAIS

Ricardo Sennes – Diretor Executivo da Prospectiva Consultoria Internacional  
Luis Eduardo Rielli – Analista da Prospectiva Consultoria Internacional

projeto de PPPs encaminhado ao Congresso pelo governo fundamenta-se na necessidade de grandes investimentos para estimular o crescimento. O portfólio de investimentos apresentado explicita a preocupação com os gargalos em infra-estrutura que poderiam crescentemente restringir tanto a produção como a sua distribuição. A questão levantada é até que ponto as associações com a iniciativa privada seriam capazes de atrair investimentos na escala que o país necessita e quais seriam seus impactos sobre a sociedade. Desta maneira, um estudo sobre as experiências internacionais pode proporcionar novas perspectivas sobre a discussão.

Um primeiro caso que merece atenção é o projeto de PPPs, *Public-Private Partnerships*, adotado no Reino Unido. O modelo pioneiro de parcerias utilizou recursos privados para financiar provisões e serviços públicos considerados prioridades pela administração pública. Assim, segundo a agência de promoção do Comércio e Investimento, foram investidos até 2004 aproximadamente £30 bilhões em 500 projetos em diversos setores desde hospitais e escolas a rodovias e prisões. Desta maneira, o esquema de parcerias sustentou-se pela utilização de capital privado, aumento de eficiência e produtividade dos projetos, menor custo de captação dos recursos financeiros e, por último, a transferência de riscos. Os riscos envolvidos são tanto de natureza sistêmica através da ausência de marcos regulatórios que evitem a exposição da economia a instabilidades, como de natureza estrutural no qual a falta de gerenciamento adequado pode gerar prejuízos aos consumidores finais. Entretanto, as PPPs não estiveram a salvo de críticas sendo questionada a qualidade dos serviços oferecidos, os custos sociais e impactos regionais dos projetos e, principalmente, a preocupação de austeridade fiscal.

Outro caso interessante é o Chile. No início da década de 90 esse país começou a incursionar na incorporação da iniciativa privada em construções e na gestão de obras públicas. O déficit de infra-estrutura estimado em US\$11 bilhões pelo Ministério de Obras Públicas (MOP) e o temor de

endividamento público excessivo fizeram com que a primeira Lei de Concessões fosse aprovada já em 1991. O documento estabelece o ambiente jurídico inicial para a construção, manutenção e operação de projetos de grande porte e que teriam o período de 15 a 25 anos de concessão. Inicia-se assim no final de 1992 um plano de concessões de obras para o capital privado. Em 1996 é aprovada a Lei de Obras Públicas resultante de Decreto do MOP estabelecendo melhorias significativas no sistema de parcerias. Assim, entre 1993 e 2002, as associações público-privadas foram responsáveis pelo investimento de US\$ 5,4bilhões sendo o capital privado responsável por mais de 60% (US\$3,25 bilhões) do capital investido na infra-estrutura portuária, aeroportuária e, principalmente, rodoviária.

Atribui-se o financiamento privado ao capital nacional, em especial os fundos de pensão, e às concessões ao setor de construção civil chileno

**Chile: Investimento Privado (obras públicas)**

Ano	US\$mil	Variação(%)
1993	1.996	
1994	14.087	716
1995	73.145	519
1996	142.126	94,3
1997	233.683	64,4
1998	370.304	63,1
1999	590.379	59,4
2000	689.299	8,5
2001	647.322	-9,4
2002	493.428	-31,1

FONTE: Ministerio de Obras Publicas

através do sistema BOT-Build, Operate and Transfer-, destacando-se a construção e a administração do sistema de um anel viário em torno da região metropolitana de Santiago.

Essas duas experiências dão boas indicações sobre a aplicação das PPPs. O primeiro deles é o

fato das PPPs viabilizarem ciclos importantes de investimento em segmentos onde o Estado ou a iniciativa privada sozinhos não teriam condições de assumir. Outros benefícios apontados concentram-se no fato das concessões filtrarem os maus projetos que, geralmente, não apresentam interessados em negociar. Além desses, a eficiência e rapidez na execução das obras públicas assim como a menor interferência política são considerados outros grandes benefícios do sistema de parcerias.

Por outro lado, devido à longa maturidade dos projetos, a renegociação dos contratos se tornou demanda recorrente das concessionárias buscando solucionar as disparidades apresentadas com a execução dos projetos. As renegociações se tornaram alvo de críticas devido à falta de transparência dos novos acordos. Além disso, discute-se os reais retornos para os consumidores finais, para o governo e para a iniciativa privada.

Os casos britânico e chileno dão algumas pistas sobre os pontos fortes e fracos da proposta de PPP e certamente são parâmetros para o caso brasileiro. O balanço geral dessas experiências indica que de fato as PPPs abrem uma importante frente de investimento em infra-estrutura. No caso inglês o montante foi expressivo, mas no caso chileno não chegou a ter a abrangência imaginada inicialmente. No caso brasileiro, o Ministério do Planejamento projeta investimentos via PPP de, aproximadamente US\$12 bilhões em 3 anos, uma cifra bastante otimista.

O debate no Brasil tem indicado que os pontos sensíveis do projeto são de duas ordens: capacidade do Estado garantir regras estáveis e a sua parcela no investimento e, de outro lado, o possível impacto desse programa nas contas públicas. Sobre o primeiro ponto, vários instrumentos estão sendo cogitados: provisões legais determinando que o pagamento dos contratos de PPP terão prioridade sobre os demais, garantias de pagamento por meio de fundos específicos de ativos públicos, além da própria cobertura do BNDES, bancos multilaterais e pelo

mercado de capitais. No caso do Chile foi feita uma série de modificações em seu sistema financeiro e tributário para incentivar o financiamento das concessionárias: modificação da Lei Geral de Bancos para ampliar empréstimos, a modificação da legislação de fundos de pensão, companhias seguros e fundos de investimento de capital estrangeiro e a modificação da Lei de Valores que permitia securitizar os fluxos das concessões foram as principais medidas no sistema financeiro.

No que tange à possível pressão das PPPs sobre as contas públicas, parece ser consenso que o programa de PPPs deverá estar enquadrado na lei de responsabilidade fiscal vigente. Não obstante, no que se refere ao balanço de pagamento, relatório recente da CEPAL chamou a atenção para o fluxo de remessa de divisas que poderia ser gerado por um volume muito alto de IED concentrado no setor de infra-estrutura que, por definição, é não *tradable*.

Finalmente, ambas experiências reforçam a importância de um controle rigoroso sobre as concessionárias evitando a oferta de serviços de baixa qualidade e, ao mesmo tempo, para os procedimentos referentes às renegociações de contrato.

A análise dos dois modelos indica as possíveis oportunidades e dificuldades que o projeto brasileiro terá que enfrentar. O olhar para fora pode nos ajudar a antever tais dificuldades de modo que o país defina um marco regulatório equilibrado e eficiente.♦

EXISTE UM PONTO  
MUITO IMPORTANTE  
QUE VOCÊ PRECISA CONHECER.

**F**undada em 1999, sendo uma Instituição sem fins lucrativos, formada pelas empresas que desenvolvem trabalhos ligados ao Controle da Qualidade na Construção Civil.

 *Nossos Objetivos são:*

- Contribuir para a melhoria da qualidade de suas associadas;
- Divulgar a importância da Gestão Tecnológica e do Controle da Qualidade na economia e na qualidade das construções;
- Incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de temas vinculados à tecnologia e controle da qualidade na construção;
- Contribuir com Institutos e Associações congêneres na divulgação e desenvolvimento de novas tecnologias;
- Contribuir com a normalização de serviços e materiais de construção;
- Estimular junto a clientes públicos e privados a contratação de empresas de controle tecnológico e da qualidade que possuam sistema da qualidade implementado ou em implementação, atendendo aos requisitos mínimos da NBR ISO/IEC 17025/01 "Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração", como ferramenta indispensável à qualidade de suas obras;
- Fomentar junto às empresas associadas a implementação de melhoria da qualidade objetivando a acreditação junto ao INMETRO.

**ABRATEC**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE  
LABORATÓRIOS DE CONTROLE DE QUALIDADE

A **ABRATEC** está a disposição  
para esclarecimentos adicionais.



abratec@abratec.org.br  
www.abratec.org.br  
(11) 3815-7877

# Painel discute a fluência em estruturas de concreto



Salas lotadas nas palestras

o painel sobre o tema da fluência em estruturas de concreto contou com a participação dos engenheiros Luiz Henrique Ceotto, da Inpar, Francisco Graziano, da Pasqua & Graziano, e o Prof. Fernando Henrique Sabbatini, da Universidade de São Paulo.

A afirmação do engenheiro Ceotto de que a construção civil deveria buscar outra tecnologia para substituir a alvenaria na construção civil apontou nitidamente a polêmica que envolve o tema da fluência. Ceotto argumentou que as estruturas dos edifícios altos evoluíram muito nas últimas décadas, devido ao imperativo econômico da maior produtividade, mas que não foram acompanhadas pela evolução da alvenaria, causa das principais patologias observadas neste tipo de construção. Usando a metáfora do avião que, conforme ganhava maiores velocidades, utilizava fuselagem mais apropriada, o engenheiro concluiu que 'utilizar a

**"Precisa-se projetar com competência"**

alvenaria nas modernas estruturas de concreto é como colocar jatos em balão', fazendo sorrir o auditório de aproximadamente 600 pessoas.

Francisco Graziano fez uma apresentação técnica, explicando como a fixação da alvenaria pode deformar estrutura de concreto. Sua exposição foi complementada pelas observações do Prof. Sabbatini, que afirmou a necessidade de se fazer uma modelagem estrutura-alvenaria, numa abordagem sistêmica da estrutura, ao invés de se considerar apenas a modelagem da estrutura no projeto da obra. "A modelagem estrutura-alvenaria é um problema do futuro, não sendo viável comercialmente em nossa realidade atual, mas apenas estudada no campo acadêmico", concluiu o professor.

Paulo Helene, do auditório pediu a palavra para relembrar que o comportamento do concreto sob cargas de longa duração é conhecida há muitos anos e está corretamente previsto nas normas técnicas "Precisa-se projetar com competência" Concluiu.◆

# Premiação dos profissionais de destaque no ano de 2004

urante a solenidade de abertura do 46º Congresso Brasileiro do Concreto, que ocorreu de 14 a 18 de agosto, em Florianópolis, foram premiados os profissionais brasileiros de alto nível que se destacaram no ano. Os agraciados por categoria foram:

## **Prêmio Emílio Baumgart**

Destaque em Engenharia de Estruturas de Concreto:

*Dr. Francisco Paulo Graziano*

## **Prêmio Ary Frederico Torres**

Destaque em Tecnologia do Concreto:

*Engº. Rubens Machado Bittencourt*

## **Prêmio Argos Menna Barreto**

Destaque em Engenharia de Construções em Concreto:

*Engº. José Reinaldo Marins*

## **Prêmio Falcão Bauer**

Destaque em Pesquisas em Tecnologia de Concreto:

*Dr. Luis Roberto Prudêncio Jr.*

## **Prêmio Fernando Luiz Lobo Barbosa Carneiro**

Destaque em Pesquisa em Estruturas de Concreto:

*Dr. Munir Khalil El Debs*

## **Prêmio Epaminondas Melo do Amaral Filho**

Destaque em Engenharia de Concreto de Alto Desempenho:

*Dr. Geraldo Cechella Isaia*

## **Prêmio Gilberto Molinari**

Destaque em Reconhecimento aos serviços prestados ao IBRACON:

*Engº. Eduardo Figueiredo Horta*

## **Prêmio Francisco Basílio**

Destaque em Engenharia de Concreto na região de Florianópolis:

*Engº. Tuing Ching Chang*

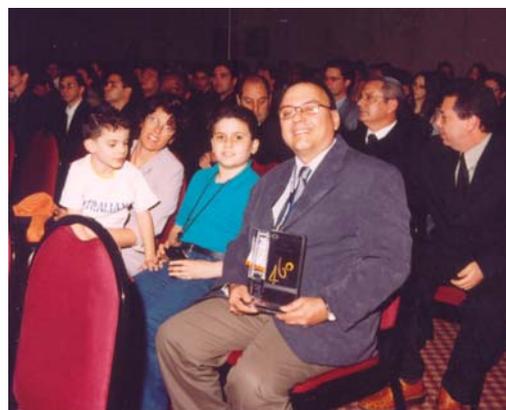
## **Prêmio Liberato Bernardo**

Destaque como Tecnologia de Laboratório de Concreto:

*Tec. Pedro Carlos Bilesky*



Prof. Dr. Munir Khalil El Debs - EESC-USP



Pedro Carlos Bilesky - IPT

# SENSIBILIDADE ARTÍSTICA OUSADIA E CORAGEM PARA PROJETAR

Autora: Soraya Rodrigues - Arquiteta mestrada FAU/USP

Co-autor: Daniel Costola

Colaborador: Paulo Augusto de Marques Mendes



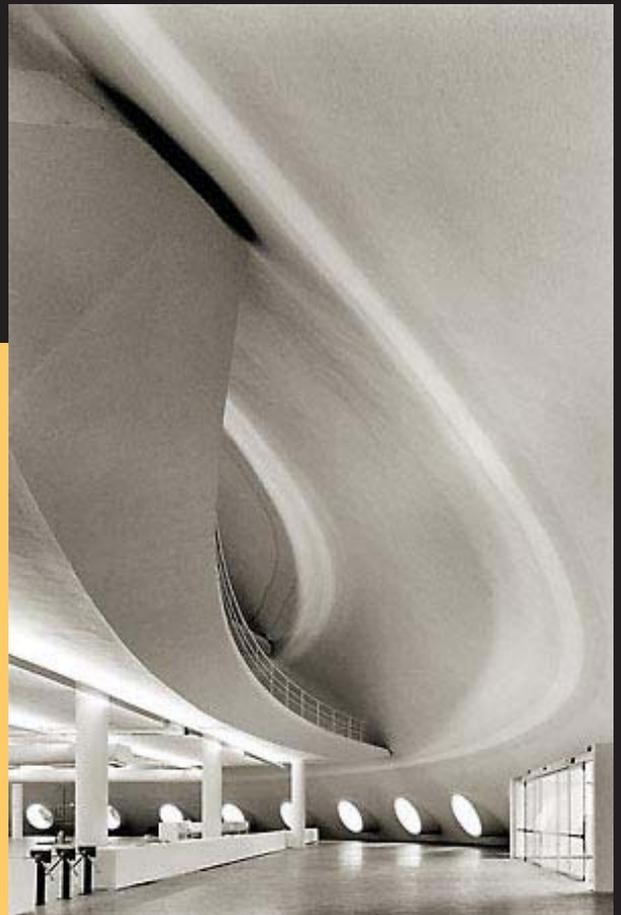
Talvez seja um pouco cedo para tal afirmação, mas o fato é que já se passam mais de um século de casamento perfeito entre técnica e partido arquitetônico.

Art-Deco, Art-Nouveau, Modernismo, Pós-modernismo e contemporaneidade, o concreto é a linha que tangencia as mais diferentes correntes destes movimentos e ainda se apresenta como instrumento para os vindouros, fato que o coloca em incessante evolução.

É indissociável da história da arquitetura brasileira, a história do concreto. Embora seja este um material relativamente jovem, tendo a primeira norma técnica datada de 1903, na Suíça, e a primeira obra no Brasil em 1904, o concreto é tido naturalmente como tradicional tamanha sua popularidade.

Para entender a importância do concreto armado para arquitetura, basta um olhar furtivo sobre qualquer cidade brasileira. Mais do que ícones arquitetônicos, o concreto produziu paisagens urbanas que influenciam e refletem o modo de vida de milhares de cidadãos.

## Estaremos vivendo a Era do concreto?



Interior da Oca, obra de Oscar Niemeyer no Parque do Ibirapuera, em São Paulo: "Fomos ousados com o Concreto"

# Sensibilidade Artística

No Brasil, o arquiteto pioneiro no uso do concreto armado foi Victor Dubugras, construindo em 1907 a Estação Ferroviária de Mairinque. Nesta época a Revista Polytechnica, periódico editado pelo grêmio estudantil da Escola Politécnica de São Paulo, escreveu sobre a obra: *"A composição do Sr. Dubugras tem o mérito de convencer da possibilidade de fazer uma bela obra de concreto armado os descrentes da estética desse novo sistema de construção..."*.



Estação de Mairinque (1906) – arquiteto Victor Dubugras primeira grande obra em concreto armado no Brasil.

Tão importante quanto as obras de Dubugras que refletiam o momento histórico das duas primeiras décadas do século XX de intensas transformações tecnológicas e urbanas, foi a criação nesta mesma época do Gabinete de Resistência de Materiais dentro da Escola Politécnica de São Paulo, fato que organizou e impulsionou o desenvolvimento tecnológico do concreto armado. Nasce aí o casamento entre técnica, estrutura e forma arquitetônica que criou aqui no Brasil um campo fértil para o desenvolvimento da Arquitetura Moderna.

“*A composição do Sr. Dubugras tem o mérito de convencer da possibilidade de fazer uma bela obra de concreto armado aos descrentes da estética desse novo sistema de construção...*”.

Paralelamente, na Europa, em 1919, o arquiteto alemão

Walter Gropius fundou uma nova escola de arquitetura e desenho a que deu o nome de Staatliches Bauhaus (Casa Estatal de Construção). O edifício em Dessau projetado por Gropius para abrigar a Bauhaus é feito de concreto armado e vidro, um prenúncio do modernismo e seus conceitos de economia, repetição, padronização e produção em série.

No Rio de Janeiro é construído o edifício “A Noite” e em São Paulo o “Edifício Martinelli”, dois marcos da força das estruturas de concreto que por primeira vez no mundo superam a barreira dos 100m de altura. O Brasil se encantava e surpreendia-se com o potencial desse novo material de construção.

Mas, é com Le Corbusier, arquiteto suíço, que o concreto adquire intimidade e popularidade mundial com o discurso arquitetônico da modernidade. Em 1928, projetou a Ville Savoye em Paris revelando em si uma visível intenção de criar uma “máquina de morar” enfatizando ao máximo os aspectos funcionais.

Corbusier propõe uma grande mudança no modo de utilizar o concreto separando vedação e sistema estrutural o que viabiliza os preceitos racionalistas do modernismo.

Tanto quanto na racionalização dos espaços, Le Corbusier inovou nas possibilidades plásticas do concreto prova disto é a igreja de Rochamp, obra arquitetônica dramaticamente expressiva.

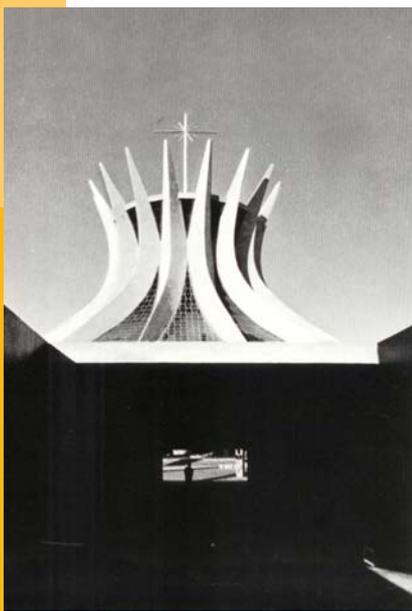
Le Corbusier vem ao Brasil a convite de Lúcio Costa em 1936 para dar consultorias no projeto da sede do Ministério da Educação e Saúde. Os arquitetos brasileiros, entre eles Lúcio Costa e Oscar Niemeyer, apropriaram-se dos ensinamentos corbusianos neste projeto. O resultado é considerado o marco da arquitetura

moderna no país, tendo como grande novidade o *brise-soleil* que consiste em uma série de placas, confeccionados em concreto, adaptadas à fachada a fim de protegê-las dos raios solares.

Em meados dos anos 50 já estávamos na linha de frente do cálculo estrutural. Telêmaco Van Langendonck ousava nos critérios de introdução da segurança no projeto estrutural e projetava a engenharia de concreto nacional. Tínhamos engenheiros do gabarito de Joaquim Cardozo que entendia arquitetura como “*a arte de criar lugares favoráveis à existência humana*” e não apenas como ciência ou técnica de criar espaços funcionais.

Essa estreita ligação entre a forma de interpretar arquitetura dos engenheiros calculistas em concreto e os conceitos da arquitetura culminam na formação de uma arquitetura moderna tipicamente brasileira, conhecida e respeitada mundialmente.

Oscar Niemeyer, na catedral de Brasília, deixa



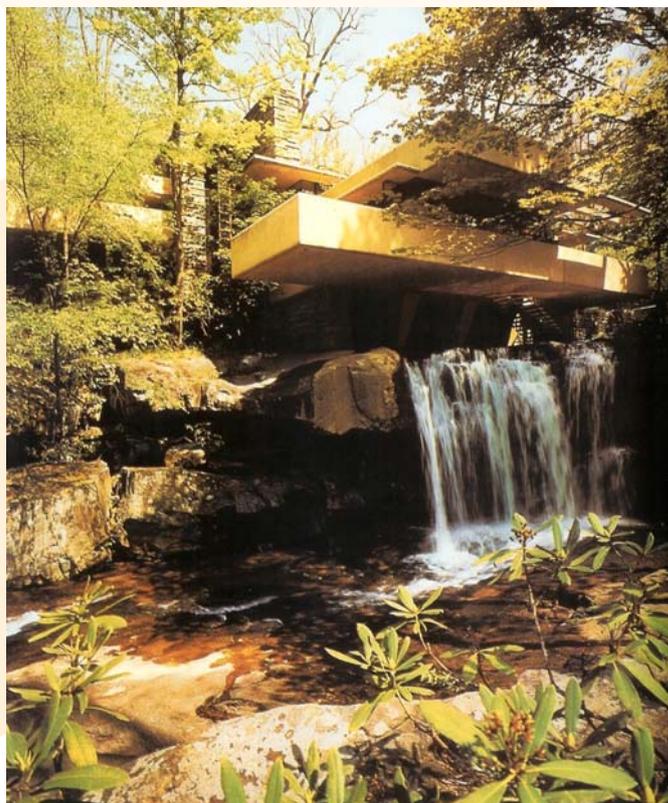
Catedral de Brasília (1970) – arquiteto – Oscar Niemeyer – As delgadas colunas de concreto criam vazios que inundam de luz o interior do edifício, contrastando com o sombrio acesso através de um túnel.

claro essa convergência entre os interesses racionalistas modernos, onde o desenho da estrutura deveria ser a que é necessário à função e à intenção plástica do discurso arquitetônico, segundo enfatiza o próprio Niemeyer “*eu senti que podia ambicionar tudo na que e momento, isso me foi suficiente para fazer uma obra original, projetei*

*as colunas como as mãos em um momento de prece, extremamente delgadas fazendo com que a técnica máxima do concreto armado realizasse todas as nossas fantasias.*”

Uma outra tendência do modernismo, menos racionalista que a encabeçada por Le Corbusier, é a do arquiteto americano Frank Lloyd Wright, mais orgânica e natural.

Wright tira partido do concreto armado, utilizando-o com extrema leveza e sintonia com outros materiais como a rocha. Foi um mestre na utilização do concreto ciclópico. Projetou uma das mais famosas obras da história da arquitetura mundial, a Casa da Cascata. Seus enormes balanços que avançam na floresta virgem estabelecem um novo diálogo do material com o entorno, como quem quer dizer que o importante não é só a obra construída, mas o espaço que esta cria se relacionando com o entorno. João Batista Vilanova



Casa Kaufmann (1936/37) – arquiteto Frank Lloyd Wright – Nesta obra, conhecida como casa da Cascata, o arquiteto atingiu uma perfeita sintonia do concreto com a paisagem.

Artigas é o reflexo da obra de Wright no Brasil, uma das suas principais preocupações era a honestidade dos materiais, vertente que fica clara no prédio da FAU-USP construído na década de 60. Do desenho dos pilares ao detalhe da amarração das formas este prédio mostra e ensina como se construir em concreto.

O conseqüente incremento da resistência do aço e do concreto possibilitou a diminuição das seções das peças estruturais e a possibilidade de se fazer vãos cada vez maiores. O desafio proposto por Lina Bo Bardi ao engenheiro Figueiredo Ferraz para a construção do MASP é prova disto. O desenho original demandava

#### MASP

(1957/68) – arquiteto Lina Bo Bardi – O grande vão livre de 74m serve a cidade como uma grande praça de escala metropolitana.



soluções inéditas. Não existia nenhuma fórmula pronta que permitisse tornar realidade àquela idéia aparentemente utópica.

Mas a popularidade do concreto foi alcançada no Brasil, menos pelas grandes obras e mais pelo número expressivo de conjuntos de habitação popular construídos em todo país, pós Getúlio Vargas, dentro dos preceitos racionalistas – pré-fabricação e padronização dos elementos construtivos. Dentre esses conjuntos talvez o mais emblemático deste período seja o Pedregulho, projetado em 1947 por Affonso Reidy. Estas obras, dos chamados IAPs – Institutos de Aposentadoria e Pensão, permitiram a primeira difusão do conhecimento técnico a respeito do concreto armado, que logo chegaria às áreas nobre e periféricas da cidade, se firmando como técnica democrática e confiável para construir.

O milagre econômico brasileiro na década de 70 impulsionou e exigiu a construção de grandes obras em concreto armado, tais como a

ponte Rio Niterói, o metrô de São Paulo, o aterro do Flamengo e a usina de Ilha Solteira. Sua construção constituiu um marco tecnológico do período. Inaugurada em 1973, tinha uma estrutura – barreira de concreto de 984 m de extensão.

Em 1976, Sérgio Ferro, em obra em seu texto *O Canteiro e o Desenho*, denuncia a discrepância entre as precárias condições dos operários nos canteiros e a nobreza das obras construídas. O desenvolvimento técnico, principalmente das fôrmas e estruturas de cimbramento, assim como uma normalização consciente e os programas de certificação para a

construção civil vieram amenizar em muito estas condições, ainda hoje foco de grande preocupação.

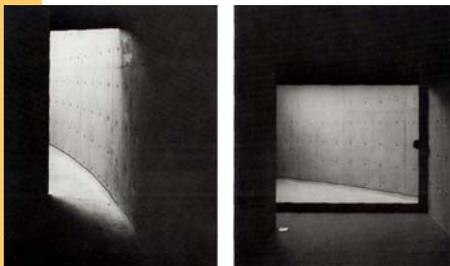
O Museu Brasileiro de Escultura MUBE, de Paulo Mendes da Rocha, com construção iniciada em 1986 e concluída quase dez anos mais tarde, marca uma transição no uso do concreto na arquitetura. A estrutura deixa de ser o principal elemento expressivo, e o concreto passa a responder a diferentes solicitações dos arquitetos.



Museu Brasileiro da Escultura – MUBE – (1986/1995) arquiteto Paulo Mendes da Rocha – O grande pórtico, composto por uma viga de 60 metros de vão, é a forma com que o prédio se insere no entorno.

Esta linha da exploração máxima das possibilidades plásticas do concreto, além do desafio estrutural, fica também evidente nas obras contemporâneas de Niemeyer, mais especificamente no MAC de Niterói. A relação com o entorno, o respeito a paisagem, são vertentes explícitas no discurso do arquiteto - "Quando comecei a desenhar este museu, já tinha uma idéia a seguir. Uma forma circular, abstrata sobre a paisagem. E o terreno livre de outras construções para realçá-las. Não queria repetir a solução usual de um cilindro sobre o outro, mas caminhar no sentido do Museu de Caracas, criando uma linha que subisse com curvas e retas do chão à cobertura".

Superadas as tendências radicais do racionalismo modernista, novos paradigmas tomam o cenário da arquitetura brasileira e internacional.



Atelier em Oyodo (1982) – arquiteto Tadao Ando. O arquiteto tira partido dos furos de fixação das formas na composição das paredes.

A arquitetura contemporânea impulsiona o concreto a outras possibilidades, como a pigmentação e novas texturas, mais sutis e adaptadas às

necessidades locais como as observadas na obra de Tadao Ando, arquiteto japonês, que utiliza amplamente concreto armado aparente, não só como estrutura, mas também como vedação. As paredes tornam-se como que dobraduras de origami, criando planos extremamente singelos, onde é possível observar todo processo construtivo da obra, como os furos oriundos da fixação das fôrmas.

A obra recente de renomados arquitetos, aponta para os rumos do uso do concreto na arquitetura em um futuro próximo.

Fica evidente a tendência de utilizar o concreto com outros materiais como no Hotel Unique de Ruy Ohtake, inaugurado em 2002. O edifício com forma original, reúne elementos que consagraram o arquiteto como um dos expoentes da arquitetura brasileira. Além de tirar partido da pigmentação do concreto, conjuga-o harmoniosamente com o cobre e a madeira.



Centro Rosenthal para Arte Contemporânea-2003. projeto de Zaha Hadid.

É também o caso de Zaha Hadid, arquiteta iraquiana radicada nos Estados Unidos, vencedora do Prêmio Pritzker deste ano, uma espécie de Nobel da arquitetura. No projeto do recém inaugurado Centro Rosenthal para Arte Contemporânea (2003), Cincinnati. A fachada deste edifício é marcada por uma composição de planos de concreto aparente e vidro, em contraste com o interior do edifício, no qual a composição com planos curvos de concreto, exemplificam o chamado movimento deconstrutivista.

A obra do arquiteto holandês Rem Koolhaas é também marcada pela idéia de complexidade e caos, revelando o aprendizado de que arquitetura e urbanismo são capazes e não devem impor soluções aos usuários. Em seu projeto de 1997 para o Educatorium de Utrecht, é possível observar uma estrutura de concreto armado de grande inventividade. A mesma grande laje inclinada que suporta a platéia das duas salas de espetáculo do edifício, se dobra para configurar o hall de entrada e cobrir as referidas salas. Outra laje faz o mesmo percurso nos fundos do prédio criando uma área de exposições. A estrutura de concreto brinca com a percepção de que as lajes deveriam se encontrar, ou de que piso, paredes e cobertura são elementos a serem diferenciados.

Em uma linha menos retórica, podemos comparar os projetos do inglês Sir Norman Foster para o Museu Americano da Aeronáutica em Duxford, Inglaterra (1997) e do escritório holandês Mecanoo para a Biblioteca de Delft (1998). Em ambos a solução clássica da casca de concreto é utilizada. No caso do Museu, a casca suporta as aeronaves em exibição. Na Biblioteca, a laje suporta um jardim que integra o edifício ao entorno, e confere grande conforto térmico e isolamento acústica à biblioteca.

O Pavilhão da Expo 98 criado pelo arquiteto português, Álvaro Siza é um exemplo de como o concreto caminha nos mesmos passos da arquitetura em direção a uma corrente mais plástica referenciada na cultura local. A pala de concreto protendido de 60 metros de extensão é revestida e pintada de branco para parecer intencionalmente com uma lona, trazendo talvez uma referência das velas marítimas tipicamente portuguesas.

Bill Price, arquiteto americano da Universidade de Houston, inspirado pela pergunta feita por Rem Koolhaas, de que seria possível criar um concreto transparente, desenvolveu um material original – o concreto translúcido. O segredo da translucidez do material está na fibra de vidro incorporada que permite visualizar os contornos do exterior.

Já Aron Losonczy, jovem arquiteto húngaro de 27 anos, pesquisou um material que deu luz literalmente a um novo concreto que, em linhas gerais, definiu seu material como o seguinte “ são milhares de fibras ópticas que se agrupam em uma matriz, e que correm entre si paralelamente entre as superfícies principais de cada bloco”.

Se espera que estes novos materiais transformem o aspecto interior dos edifícios de concreto, dando-lhes a

possibilidade de que sejam percebidos mais luminosos e arejados, complementando a imagem de força e resistência que oferecem os concretos tradicionais.

As discussões a respeito do futuro do concreto, só fazem sentido dentro das discussões sobre os rumos da arquitetura, pois é esta que coloca os desafios à técnica.

A função essencial da Arquitetura é a de concretizar significados culturalmente relevantes de uma sociedade e não necessariamente apresentar uma resposta técnico, funcional ou econômica a uma necessidade.

Para tanto, são necessários profissionais, tanto arquitetos quanto engenheiros, com sensibilidade artística, ousadia e coragem para inventar. ♦



Pavilhão da Expo 98 – (1998) – arquiteto Álvaro Siza.

# Workshop discute o desempenho e a análise estrutural dos pavimentos

brindo o workshop sobre pavimentos de Concreto, o professor José Tadeu Balbo, da Escola Politécnica da USP, ressaltou os objetivos da reunião: a discussão da análise estrutural dos pavimentos em concreto e a eficiência desses pavimentos. A estrutura de apresentação, formada por três palestrantes brasileiros e um palestrante russo, residente nos EUA, possibilitou aos congressistas fazer um contraponto entre as experiências brasileira e americana neste assunto.

Valéria Marim expôs a experiência do Grupo Gerdau na construção do pavimento em concreto estruturalmente armado da rodovia BR 232, que liga Recife a Caruaru, escoando a produção do interior de Pernambuco. Sua palestra versou sobre o cálculo de cargas no pavimento, o dimensionamento de armaduras de tração e de retração, a capacidade estrutural dos pontos da placa, concluindo pela viabilidade do uso deste tipo de tecnologia na recuperação das vias urbanas.

O Prof. Balbo discutiu o modelo de análise experimental de tensões no pavimento de concreto, sob o enfoque das temperaturas na seção transversal da estrutura e das deformações nas barras de aço e no concreto.

Andréa Severi, engenheira da Votorantim, fez uma palestra sobre a tecnologia de Whitetopping ultradelgado, refletindo a experiência da empresa na recuperação da rodovia Castelo Branco, em São Paulo, primeira whitetopping do Brasil. Foi discutido

também o modelo proposto pela pesquisadora de doutorado da USP, Tatiane Cervo, que serviu de instrução de projeto da Prefeitura do Município de São Paulo para concreto simples. Nesta tese a autora conclui pela revisão do método de dimensionamento dos pavimentos para o clima tropical brasileiro.



Mesa do workshop

O ciclo de palestras foi encerrado pela fala do Prof. Lev Khazanovich, da Universidade de Minnesota, que trouxe o modelo de dimensionamento dos pavimentos em concreto mais recente utilizado nos Estados Unidos. A principal vantagem deste modelo em relação aos modelos da AASHTO-2002 consiste na ausência de restrição na espessura das placas de concreto, uma vez que outros fatores, como barras e espaçamento entre juntas, são considerados no modelo, tanto para os pavimentos armados como simples.◆

# Workshop propõe integrar **pesquisa científica** e desenvolvimento tecnológico da **cadeia produtiva do concreto**

Os Comitês Técnicos do Instituto Brasileiro do Concreto têm a intenção de congrega profissionais da cadeia produtiva do concreto em torno de temas e questões específicos que afetam o concreto. O objetivo é coligir informações do meio acadêmico e do mercado, para propor a contínua revisão das normas técnicas, no sentido de seu aperfeiçoamento, assim como propor práticas recomendadas, que são textos explicativos e comentados sobre normas técnicas, que são demasiadamente objetivas e concisas. O trabalho dos Comitês reflete-se na qualidade da engenharia do país: nos projetos de estruturas, nas práticas de construção e no controle de qualidade do produto final, determinando uma maior produtividade e contribuindo para inserir cada vez mais a engenharia nacional no mercado global.

Recentemente, o IBRACON criou o Comitê de Pesquisa e Desenvolvimento, com a finalidade de integrar os elos da cadeia produtiva do concreto no que diz respeito à pesquisa científica e tecnológica. Um dos primeiros passos do Comitê foi a implantação de um cadastro permanente dos projetos de pesquisas científicas e tecnológicas desenvolvidas no país, denominado CONCRETO BRASIL 2004.

“A finalidade precípua do cadastro permanente é unir os dois elos da cadeia do concreto: a academia e as empresas. Almeja-se saber as áreas de pesquisa, desenvolvimento e inovação que são mais demandadas atualmente pelas empresas, para com isso induzir pesquisas científicas e tecnológicas nestas áreas; pretende-se também dar visibilidade aos trabalhos desenvolvidos nas universidades e institutos de pesquisas, para que não se repitam pesquisas sobre os mesmos temas”, salientou o professor Túlio Bittencourt, da Escola Politécnica da USP. O cadastro do IBRACON diferencia-se de outros similares porque volta-se para a descrição minuciosa dos projetos, ao invés de focar os grupos de pesquisa, constituindo-se numa vitrine para as empresas. Ele não é restrito à divulgação de trabalhos de pessoas que almejam receber bolsas de pesquisa, mas objetiva divulgar todo e qualquer trabalho científico e tecnológico que esteja sendo feito sobre o concreto no país.

Para discutir o formato do cadastro, assim como as diretrizes do Comitê de Pesquisa e Desenvolvimento, foi realizado no 46º Congresso Brasileiro do Concreto, o 3º Workshop sobre Pesquisas e Desenvolvimento em Concreto. O objetivo foi ouvir as sugestões e comentários dos congressistas no sentido de desenvolver os trabalhos do comitê técnico, agregando para o fórum as experiências dos pesquisadores.

Ficou acertado durante o workshop as atribuições que devem ser contempladas pelo Comitê Técnico de Pesquisa & Desenvolvimento: desenvolver diretrizes e políticas de qualidade e de produtividade das pesquisas em concreto, assim como do ensino sobre o concreto; atualização permanente e gerenciamento do cadastro de pesquisas; integração da rede IBRACON de Pesquisa & Desenvolvimento com outras redes de cadastramento e divulgação de pesquisas, viabilizando parcerias institucionais; apóio político-institucional dos trabalhos científicos e tecnológicos mais demandados pela cadeia produtiva do concreto; e realização de diagnósticos no sentido de melhorar o financiamento da pesquisa no país.◆

**“A finalidade precípua do cadastro permanente é unir os dois elos da cadeia do concreto: a academia e as empresas. Almeja-se saber as áreas de pesquisa, desenvolvimento e inovação que são mais demandadas atualmente pelas empresas, para com isso induzir pesquisas científicas e tecnológicas nestas áreas; pretende-se também dar visibilidade aos trabalhos desenvolvidos nas universidades e institutos de pesquisas, para que não se repitam pesquisas sobre os mesmos temas”**



Mesa de discussão no Workshop

# SUPERCONCRETOS

Superconcreto utiliza técnicas avançadas na mistura para garantir durabilidade e resistência nunca antes imaginadas

Thiago Benicchio  
benicchio@gmail.com

Com esse título a revista Superinteressante tratou da evolução da construção civil há mais de 6 anos. Na época, um dos marcos da fronteira de conhecimento no tema era a obra da Torre Norte do CENU, em São Paulo, construída com concretos de alto desempenho de  $f_{ck}$  de projeto de 50MPa. Aquela matéria escrita para leigos conseguiu mobilizar também o meio técnico, que se perguntou – Qual pode ser o limite da alta performance na construção civil brasileira? Sabe-se que os concretos, ou melhor, os então chamados pela matéria citada de “superconcretos” utiliza técnicas avançadas de seleção de materiais e de mistura para garantir durabilidade e resistência nunca antes imaginadas.

Antes de abrigar o Museu de Arte de São Paulo (MASP), o terreno em frente ao parque Tenente Siqueira Campos (Trianon), na avenida Paulista, era ocupado por um salão de bailes, por um restaurante e por um ensolarado terraço. Deste badalado ponto de encontro da elite cafeeira no início do século XX era possível avistar o Vale do Anhangabaú, no centro, e a Serra da Cantareira, no extremo norte da cidade.

Ao doar este terreno à Prefeitura de São Paulo o engenheiro Joaquim Eugênio de Lima, construtor da avenida Paulista, fez apenas uma exigência: a vista não poderia jamais ser prejudicada por nenhuma edificação no local.



MASP - Construído com “Superconcreto” da década de 60

Esta exigência foi o ponto de partida para uma das maiores proezas da engenharia brasileira no século XX: a construção do MASP, suspenso por dois pórticos de concreto, que deixaram um imenso vão livre abaixo do prédio, respeitando a visibilidade requerida pelo engenheiro Lima. Lina Bo Bardi, autora do magnífico projeto arquitetônico, declarou posteriormente “Nada de colunas; oitenta metros de vão livre, oito metros de pé direito”.

As obras de construção do MASP começaram em 1960 e se arrastaram durante 8 anos. Além das disputas políticas entre os administradores municipais, a execução do projeto foi difícil em virtude de uma questão estrutural: como suspender uma estrutura gigantesca com apenas quatro pontos de sustentação nas laterais, os quatro pilares. A criatividade e competência do engenheiro politécnico José Carlos de Figueiredo Ferraz, responsável pela obra, venceu o desafio. Ferraz utilizou diversas técnicas novas para criar um concreto protendido que sustentasse tamanha edificação. Além disso, o construtor reduziu drasticamente a quantidade de água na mistura do concreto, criando um material muito mais forte que o usual da época.

Uma obra como a do MASP, que levou oito anos para ser concluída e teve até 250 operários trabalhando simultaneamente, seria considerada trivial nos dias atuais. O desafio da resistência cada vez maior, porém, continua a movimentar engenheiros e pesquisadores ao redor do mundo. Nas décadas de 70 e 80, a partir da utilização de aditivos químicos e de novos materiais na formulação do concreto, os pesquisadores chegaram a um material chamado Concreto de Alto Desempenho (CAD) que recentemente em Goiânia superou a marca dos 260MPa. Se o engenheiro Ferraz tivesse acesso às novas misturas de concreto, poderia ter projetado colunas 50% mais esbeltas para sustentar o mesmo MASP. Além disso, o museu teria uma durabilidade infinitamente maior do que a atual.

## Superconcreto

O desenvolvimento da indústria química e a entrada definitiva da informática nas pesquisas científicas durante as décadas de 80 e 90 permitiu alguns avanços significativos na formulação e no emprego do concreto na construção civil. O grande desafio

de aumentar a resistência do concreto sem diminuir excessivamente a trabalhabilidade do material. O aumento da resistência foi possível com o advento dos aditivos plastificantes e superplastificantes. Estes aditivos permitem a redução significativa da quantidade de água na mistura básica do concreto (cimento, pedra, areia e água).

A década de 90 e a alta tecnologia trouxeram um novo termo para o glossário da engenharia: o Superconcreto, um material de alta performance na sustentação, com resistência extrema às forças maiores que 100MPa e altamente durável mesmo com as condições ambientais mais adversas. Este material pode ser visto como uma evolução natural do Concreto de Alto Desempenho da década de 80. O Superconcreto define-se como um material desenvolvido especialmente para cada obra, ou seja, um tipo de concreto que, através de estudos específicos, atingirá sua maior performance dadas as condições ambientais e de uso, podendo chegar a 800 Mpa de resistência à compressão.

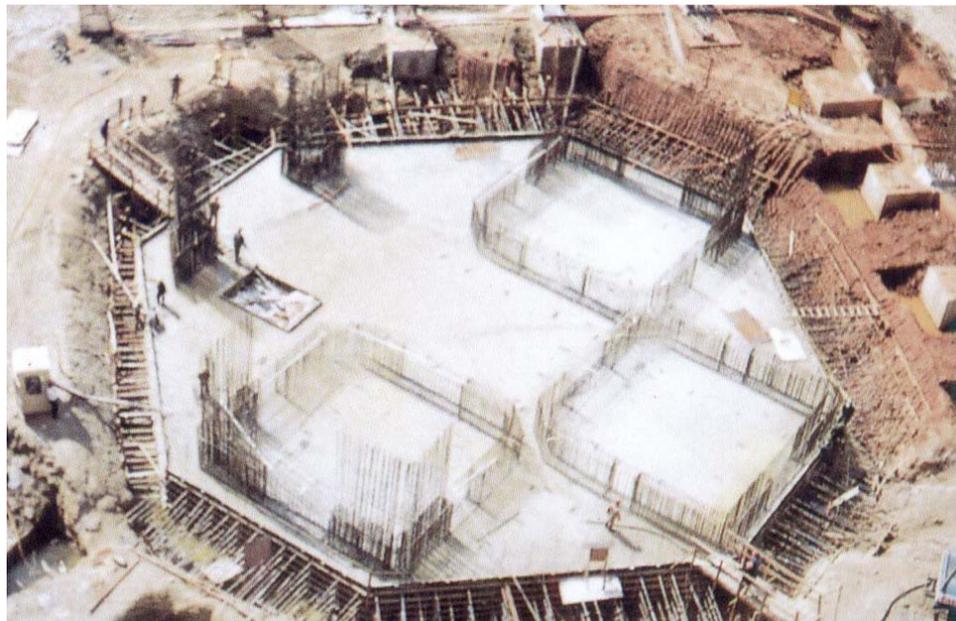
A gama de técnicas para o desenvolvimento de superconcretos ainda não foi totalmente explorada pelos pesquisadores e engenheiros ao redor do mundo. A busca pela resistência extrema, por exemplo, teve descobertas importantes nos últimos anos. Descobriu-se que a utilização de sílica ativa e metacaulim no lugar de agregados ou a adição de minúsculas fibras de aço na mistura poderia reduzir ainda mais a distância entre cada grão de cimento, permitindo uma redução significativa na porosidade do material final. Aliadas aos super-plastificantes, estas técnicas também reduzem em até 10 mil vezes a permeabilidade do concreto, diminuindo significativamente a lixiviação e brisa marinha causada, por exemplo, pela chuva ácida.◆



Fundação do Edifício e-Tower - Concreto Refrigerado

## Arranha-céus

O desafio de alcançar os céus e mostrar a supremacia técnica de uma civilização através de edifícios altos tem seu primeiro registro na história humana com a construção da pirâmide de Queóps, no Egito Antigo (2580 a.C.), construída apenas com a utilização de pedras sobrepostas e que atingiu 146m de altura. O crescimento populacional das grandes cidades no mundo contemporâneo fez com que a construção de prédios de grande porte se tornasse uma necessidade urbana.



Conjuntos de Edifícios das Nações Unidas

Em 2002, mais de 70 anos depois do memorável "Edifício Martinelli", a capital paulista entra novamente no circuito de ponta da engenharia de concreto com o início das obras do e-Tower, na Avenida das Nações Unidas. Com 162 metros de altura, o edifício é o primeiro nacional a utilizar o Superconcreto em sua estrutura. O material, desenvolvido com modernas técnicas de dosagem e dispendo de aditivos eficientes, chegou a um índice de resistência média de 125 MPa, sendo considerado recorde mundial. Com a utilização desse concreto, os pilares de

sustentação foram reduzidos de uma seção transversal original de 0,90m<sup>2</sup> para 0,42m<sup>2</sup>, possibilitando o acréscimo de 16 vagas de garagem no subsolo.

Apesar de estar intimamente associado à construção de arranha-céus, dada a alta performance na sustentação, o Superconcreto também tem um mercado promissor na construção de estradas, túneis de metrô, pontes e outras edificações. O estádio do

Maracanã, construído com concreto convencional na década de 50, já apresenta sinais de forte desgaste estrutural, sendo cogitada até a sua implosão. Em São Paulo, o estádio do Morumbi também passou por uma reforma significativa na parte estrutural, concluída em 2001. Se estas duas obras tivessem sido construídas com Superconcreto, teríamos pelo menos mais 200 anos de espetáculo futebolístico sem a necessidade de nenhuma intervenção estrutural.◆



Estádio do Maracanã - RJ

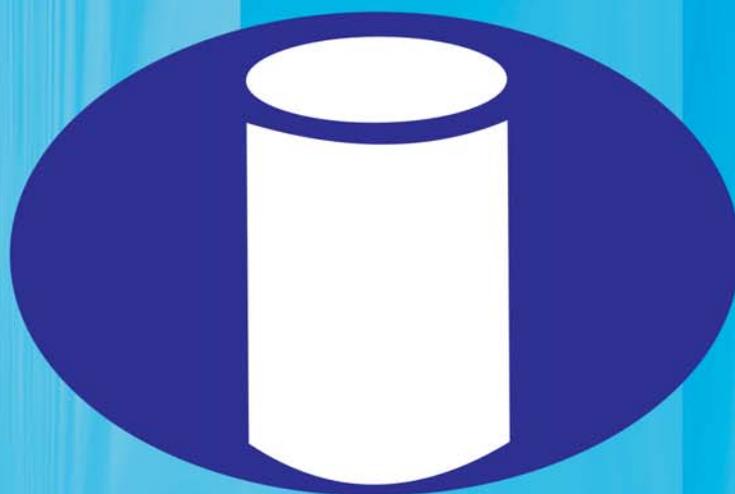
# Quer anunciar na revista mais especializada de construção em concreto?

A revista CONCRETO traz trimestralmente para os agentes da cadeia produtiva do concreto informações sobre os avanços e aplicações da tecnologia do concreto no Brasil e no mundo.

Quais as últimas novidades no desenvolvimento do concreto e de seus materiais constituintes? O que são os sistemas construtivos modernos utilizados na construção de obras recentes no país e no mundo? Quais as tendências da cadeia produtiva do concreto em termos de normalização? Quem são os agentes dessa cadeia?

CONCRETO é periódico de referência nos escritórios de engenharia e arquitetura do país, nas bibliotecas de faculdades de engenharia brasileira, nos laboratórios de tecnologia, nas salas de reunião de construtoras e dos demais agentes da cadeia produtiva do concreto.

Não perca a oportunidade de agregar visibilidade aos seus negócios nessa rede.



**ENTRE EM CONTATO CONOSCO**  
arlene@ibracon.org.br

# Painel debate o tema da fissuração em concreto



Julio Timerman, Paulo Helene, Paulo Fernando e Antônio Zorzi Neto

46° Congresso Brasileiro do Concreto montou um painel de debate sobre o tema da fissuração prevista em cálculo. Para debater o assunto, juntamente com um auditório de 400 pessoas, foram convidados os engenheiros Paulo Fernando da empresa Concremat, Antônio Zorzi Neto da Cyrella Tecnisa Investimentos Imobiliários e Júlio Timerman, presidente da Abece (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural). O coordenador da mesa foi o Prof. Paulo Helene, da Escola Politécnica da USP.

Chegou-se ao consenso de que a fissuração deve ser minimizada e os palestrantes concordaram parcialmente em suas propostas para alcançar tal objetivo.

Paulo Fernando sugeriu as seguintes medidas:

- Buscar uma sinergia entre os profissionais: entre consultores, construtores e projetistas de uma obra
- Utilizar concreto com menores teores de água) e com baixa retração

- Reforçar os cantos reentrantes
- Fazer uma cura adequada.

Antônio Zorzi salientou a dosagem do concreto e o cuidado com a cura – especialmente para obras com velocidade de execução de uma laje por semana – como medidas preventivas da fissuração.

Julio Timerman destacou que a abertura tolerável da fissura depende dos aspectos estrutural, funcional, de durabilidade, estético e de conforto de uma edificação. Como medida preventiva propôs uma maior integração dos agentes da cadeia produtiva do concreto, de modo a se obter uma sinergia quanto à concepção, ao projeto, à execução, à utilização e à manutenção da obra.

Houve uma discussão acirrada em torno das questões do tempo que se deve esperar para se retirar as formas e submeter o concreto às cargas, assim como quanto a necessidade ou não de se fazer a cura do concreto.◆

# Workshop discute **industrialização** da construção em concreto no 46º Congresso Brasileiro do Concreto

Em Florianópolis, o engenheiro Ériton Nunes Costa, da Cassol Pré-Fabricados, forneceu as especificações técnicas das peças pré-moldadas e expôs a facilidade de execução de um shopping-center, através dos métodos industrializados de construção em concreto. Trabalhando em seis frentes, o shopping ficou pronto conforme a previsão do cronograma, em 13 meses. Decisivo para o cumprimento do prazo foram os mecanismos de gestão e de controle utilizados na obra, objeto de exposição da engenheira Íria Lícia Olívia Doniak, da Engenharia e Projetos.

Para falar sobre estruturas pré-fabricadas em edifícios altos, foi convidado o engenheiro Hercílio Ferrari. Ele trouxe para o workshop a experiência da HF Engenharia no projeto e execução do Centro Empresarial São José da Terra Firme, em São José, São Paulo. O desafio era construir uma estrutura de pré-fabricados com 24 pavimentos. Ferrari expôs as etapas da execução da obra, para concluir sobre o sistema construtivo adotado:

- Vantagens: não houve necessidade de escoramento; boa velocidade do processo; redução da mão-de-obra, com a sua conseqüente qualificação; maior segurança; otimização da grua; e melhor controle de qualidade
- Desvantagens: maior custo; maior tempo; não admissão de erros de projeto, execução e montagem; e impossibilidade de ajustes na obra.



Workshop Pré-moldados

Concluindo o workshop, o engenheiro Nivaldo Richter, da BPM Pré-Moldados, apresentou o processo de fabricação de postes em concreto para telefonia, onde foi ressaltada a solução encontrada pela empresa em combinar a protensão com a centrifugação, determinante para uma deflexão máxima de um grau na ponta do poste. Quanto às lajes pré-fabricadas, Richter concluiu com suas vantagens:

- Menor vibração, devido à superestaticidade;
- Maior solidarização dos elementos estruturais;
- Uso da viga T;
- Possibilidade de aberturas na laje;
- Não necessidade de acabamento;
- Otimização do dimensionamento;
- Maior isolamento termo-acústico;
- Menor custo de transporte. ♦



# SELO DE EXCELÊNCIA ABCIC – O SINAL VERDE PARA SUA CONSTRUÇÃO

Por: Paulo Sérgio Teixeira Cordeiro  
Presidente da ABCIC e Diretor Comercial  
da Munte Construções Industrializadas



O setor da construção industrializada, especificamente da construção pré-fabricada em concreto, deu início à operacionalização do selo de excelência ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto), concomitantemente ao momento inicial de operacionalização da NBR 6118 e do desenvolvimento das normas de desempenho da construção pelo Sinduscon.

O selo vem para proporcionar ao usuário final da construção a confiança de que suas necessidades referentes ao escopo do sistema pré-fabricado de concreto estão sendo atendidas, em especial, as relacionadas à qualidade percebida no canteiro de todo o processo que envolve a execução do sistema. Este é o compromisso da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, entidade surgida em outubro de 2001 e que reúne as principais empresas do segmento.

Para conquistar a qualificação, as empresas são analisadas em seu desempenho técnico e empresarial, desde a venda até a satisfação do cliente. Atualmente, 13 empresas estão em processo de qualificação. A previsão é de que, em outubro, se estiverem dentro dos padrões de qualidade e segurança, sejam as primeiras a possuir o selo.

## Agentes Responsáveis

A entidade responsável pelo Selo é a ABCIC - Associação Brasileira de Construção Industrializada em Concreto. A ABCIC realiza a divulgação do Selo, mobilizando o mercado de construção pré-fabricada e também coordena as possíveis revisões pertinentes ao sistema.

Especificamente para o gerenciamento do processo de avaliação, a ABCIC define uma

entidade terceirizada. Esta entidade, a Coordenação Operacional do Selo, é responsável pelo planejamento e a realização de todas as atividades técnicas e operacionais relacionadas ao Selo, proporcionando condições para o credenciamento das empresas interessadas.

As visitas de avaliação são realizadas por profissionais previamente selecionados e capacitados pela Coordenação Operacional, os avaliadores.

Além disso, para o acompanhamento das atividades da Coordenação Operacional e dos avaliadores, foram estabelecidos uma Comissão de Credenciamento (responsável pela análise das atividades dos avaliadores e aprovação do credenciamento de plantas de produção) e um Conselho Consultivo (responsável pela análise crítica de todo o funcionamento do sistema e deliberações específicas sobre as atividades de todos os agentes envolvidos).

A Comissão tem caráter neutro, constituída por representantes das diversas classes envolvidas com o SELO e o Conselho é constituído pelos membros titulares da Comissão de Credenciamento e toda a Diretoria da ABCIC.

## Solicitação de Credenciamento

A empresa interessada no credenciamento de sua planta de produção deve preencher um formulário, com todos os dados da empresa, informações da planta de produção a ser avaliada, volume de produção da planta, tipos de elementos pré-fabricados produzidos na planta de produção e obras em andamento.

Este formulário pode ser fornecido pela ABCIC ou Coordenação Operacional (brevemente estará disponível ainda no site [www.abcic.com.br](http://www.abcic.com.br)) e deve

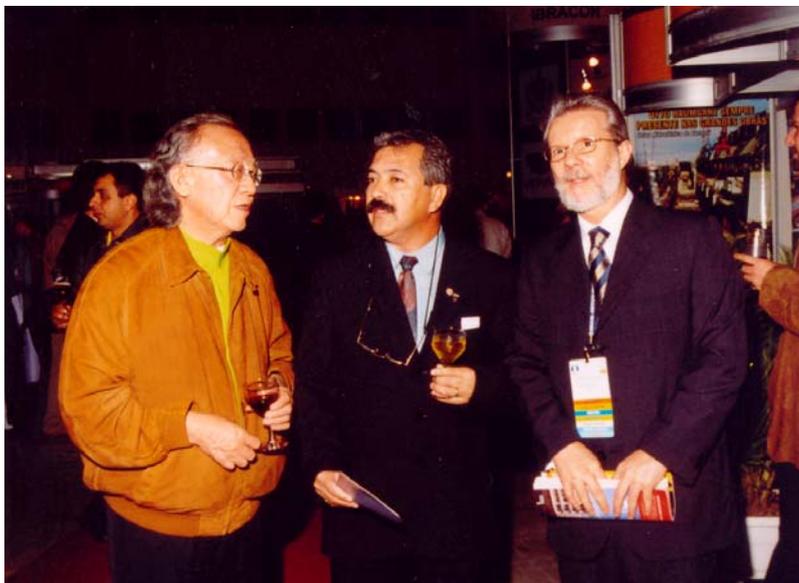


# Formas, texturas e cores do concreto na palestra do arquiteto Ruy Ohtake

Normalmente, o concreto é utilizado para se construir pontes, estradas e edificações em geral. Todavia, sua aplicação é muito mais rica: o concreto é também muito utilizado na arquitetura brasileira, porque é um material muito amoldável para as criações do arquiteto, atendendo aos desenhos mais diversos e imaginativos. Quem expôs a íntima relação entre o concreto e a arquitetura, em especial, nas obras brasileiras, em palestra inaugural do 46º Congresso Brasileiro do Concreto, foi o arquiteto Ruy Ohtake. “Meu objetivo neste evento que discutirá o desempenho cada vez melhor do concreto armado é fazer com que os profissionais, professores e estudantes olhem o concreto não somente como elemento estrutural, mas também como elemento estético”, explicou.

O uso do concreto como material plástico na arquitetura brasileira teve como precursor o arquiteto Oscar Niemeyer, há cerca de 60 anos com a construção da Igreja da Pampulha, em Brasília. Na época, a obra foi tida como tão revolucionária, devido às suas formas inusitadas, que a igreja permaneceu fechada por 15 anos para as cerimônias oficiais do Catolicismo. “Desde o início do uso do concreto na arquitetura primou-se por deixar o material à mostra na obra arquitetônica, valorizando suas texturas, cores e formas”, definiu Ohtake.

Em sua palestra “O Concreto na arquitetura contemporânea”, Ruy Ohtake comentou o uso do concreto em nestas obras arquitetônicas, em termos da textura, forma e cor do material. Falando sobre a forma que pode ser assumida pelo concreto, citou o Instituto Tomi Ohtake, localizado no bairro de Pinheiros, em São Paulo. O pátio de entrada do Instituto constitui-se de obra de concreto ondulada em duas direções, de modo a termos a sensação de que estamos envoltos num pano de concreto.



Ruy Ohtake em visita a Exposição

Quanto à textura e cor, o exemplo mais característico ficou por conta do Unique Hotel, devido ao uso de formas de 10 cm não regulares, criando um ambiente de mistério e curiosidade. “O Unique Hotel com suas colunas de poucos centímetros de espessura justifica o uso contemporâneo do concreto na arquitetura, desmentindo a afirmação de que este material fosse essencialmente ligado à arquitetura moderna”, finalizou Ohtake.◆



Ruy Ohtake dedicando seu livro

# Conferencistas internacionais discutem o futuro da tecnologia do concreto

último dia do 46º Congresso Brasileiro do Concreto, evento ocorrido de 14 a 18 de agosto de 2004, no Centro de Convenções de Florianópolis, foi marcado pelas palestras de conferencistas internacionais.

de malha de proteção da armação, concluindo pelo uso do alumínio como melhor aplicação e do concreto como eletrólito para proteger o aço. Sua exposição foi complementada por Maria Del Carmen Andrade, do RILEM – International Union of Laboratories and Experts in Construction

Vista Geral do Plenário



O Mohan Malhotra, do CANMET Energy Technology Centre (Ottawa, Canadá), após sua exposição da história do cimento no mundo e sua contribuição para o desenvolvimento da engenharia. Concluiu pela pouca durabilidade das estruturas de concreto convencional.

A Dra. Oladis de Rincón, do CYTED – Ciência y Tecnología para el Desarrollo (Madrid, Espanha), explicou ao auditório de aproximadamente 500 pessoas os modelos do sistema lifejacket, espécie

Materials, System and Structures, que explicou como a resistividade do concreto pode ser usada para diminuir a taxa de corrosão e a propagação de cloretos. Outra palestra referente ao assunto da proteção das armaduras foi proferida pelo engenheiro Pedro Castro, do Cinvestav – Centro de Investigación y Estudios Del IPN (México), que expôs as vantagens e desvantagens dos diversos sistemas de revestimentos. “Em média, a pintura das barras de aço das armações as mantém em bom estado durante 35 anos, apesar da

desvantagem de perda de aderência, em torno de 35%", concluiu.

Terrence Holland, do ACI – American Concrete Institute (EUA), procurou responder ao problema das causas da fissuração em concreto de alto desempenho, relacionando-o à retração plástica, às junções das pontes e à rigidez do concreto. Como solução propôs reduzir a proporção água/cimento, sem diminuir a qualidade do concreto. Já, o Prof. Swami, da Sheffield University (Inglaterra), esclareceu sobre as possibilidades de uso das fibras vegetais no concreto, recomendando seu limite em torno de 10 a 30%, devido aos problemas de perda de aderência, rigidez e ductilidade.

O engenheiro James McDonald, do ACI, expôs o método de reparo de eclusas e de cais com placas pré-fabricadas, que usam concreto de boa qualidade com menor custo.

Para explicar o método do impacto-eco, criado em 1953, para se determinar o interior de estruturas de concreto, o Instituto Brasileiro do Concreto convidou



James McDonald, do ACI

o Prof. Nicolas Carino, do NIST – National Institute of Standards and Technologies (EUA).

Ele explicou os modelos das ondas de tensão P e S, usadas para determinar as espessuras de falhas na estrutura de concreto.

O engenheiro Bruno Contarini (Brasil) deixou a platéia em estado de graça ao expor os percalços do relacionamento criativo entre o projetista de estruturas e o arquiteto, para o caso do Museu de Arte Contemporânea de Niterói, concebido por Oscar Niemeyer. Sua

exposição foi dividida nas três partes que forma a obra: a cobertura feita com vigas protendidas; o hall de exposição estruturado com o cruzamento de cabos, devido ao elevador na área central; e o subsolo e fundações, feitos com armação em sapata.◆



Grupo Internacional Duracon no 46° Congresso Brasileiro do Concreto.

# 1º Concrebol e 11º APO reuniram estudantes de todo o Brasil

*Os concursos que foram criados para motivar os estudantes a participar do Congresso Brasileiro do Concreto movimentaram o evento deste ano.*

O lançamento do Concrebol e a tradição do Aparato de Proteção ao Ovo movimentaram o público acadêmico que participou do 46º Congresso Brasileiro do Concreto, em Florianópolis. O objetivo do Concrebol é construir uma bola de concreto simples, com dimensões pré-estabelecidas, que apresente a maior resistência do concreto e seja capaz de rolar em uma trajetória retilínea.



Concrebol

O concurso testa a habilidade dos competidores no desenvolvimento de um método construtivo e produção de concreto de alta resistência. O coordenador do sub-comitê Concrebol, Robson Lopes, explicou que a idéia surgiu baseada em algo semelhante desenvolvido pelo Instituto Americano do Concreto, focado apenas no concreto simples, sem o aço. Competiram 22 equipes de 14 instituições de ensino entre Universidades, Faculdades e Escolas Técnicas de todo o Brasil.

Segundo Lopes, participante e ganhador do primeiro APO, que aconteceu na Bahia, em 1999, os concursos têm a grande finalidade de motivar, cada vez mais, o estudante a participar do Ibracon. "O estudante de hoje é o engenheiro, o empresário de amanhã. É preciso criar a cultura para que continuem participando do evento depois de formados".

Para os ensaios do Concrebol e do APO foram utilizadas máquinas especialmente desenvolvidas pela Emic - Equipamentos e sistemas de Ensaios Ltda. "Esperamos mais uma vez contribuir com a educação tecnológica do país, tão importante para que o Brasil cresça e sempre disponha de uma engenharia forte e de nível internacional", diz o diretor da Emic, Ivan Rodrigues, que investe na idéia do concurso de Aparato ao Ovo, desde a sua primeira edição. As máquinas que servem para o ensaio do APO são sorteadas entre as instituições presentes nos concursos. "Não existe qualidade sem norma", diz Rodrigues, que reforça a importância dos alunos participarem do processo de controle qualidade.

Para a equipe campeã do 1º Concrebol, alunos do quarto ano de Engenharia Civil da Escola de Engenharia de Piracicaba, o segredo da vitória foi estar atento aos detalhes. "Nosso traço era bom, mas o método construtivo foi o que

fez a diferença. Nos atentamos aos detalhes e o que prevíamos aconteceu, a prova do perímetro da bola foi muito importante", conta Rafael de Camargo. Para participar com mais bolas, foram montadas duas equipes da Escola de Engenharia de Piracicaba. Cada dupla tinha direito a apresentar duas bolas.



Compressor da Bola

O concurso leva cada vez mais estudantes ao Ibracon. Este ano, o 11º Concurso Técnico Ibracon "Prêmio Professor Telemaco Hippolyto de Macedo Van Langendonck" Aparato de Proteção ao Ovo, reuniu 110 estudantes em 31 equipes.

O objetivo do concurso é projetar e construir uma peça de concreto armado, denominada de Aparato de Proteção ao Ovo (APO), que seja o mais resistente possível a uma carga de impacto que lhe será imposta. Este Aparato consiste de um pórtico de concreto armado, que deverá sofrer o impacto vertical de uma carga de 15 kgf. Esta carga cairá de alturas crescentes de 0,5m; 1,0m; 1,5m; 2,0m e 2,5m. Todos os APO's são testados, com aumento progressivo de carga, até que o ovo, posicionado sob o aparato, seja danificado. Os APO's que resistirem à primeira etapa serão submetidos a um máximo de quatro quedas da carga de 15kgf caindo de uma altura de 2,5m. A máxima energia (carga x altura) será a somatória das energias parciais resistidas pelo APO e corresponderá àquela anotada antes da ruptura. A equipe vencedora é a que conseguir obter a máxima energia antes da quebra do ovo.

Para o coordenador do Comitê de Atividades Estudantis e sub-comitê do APO, Paulo Martins Pereira Neto, os alunos e também as instituições onde estudam, assim como as empresas produtoras de cimento, aditivos e equipamentos para ensaio, têm se empenhado cada vez mais, a cada ano, para que cada APO se torne mais competitivo. "Temos o dever e a obrigação de incentivá-los a se interessar por temas ligados à tecnologia do concreto e a participar de eventos como os Congressos do Ibracon, onde se reúnem os agentes mais expressivos de nosso meio, dando seus exemplos a uma geração de futuros profissionais".

Este ano, a equipe vencedora no APO, foi do CEFET-GO Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, com o APO 28. Ludimilla Fernandes de Oliveira, uma das integrantes da equipe, conta que o trabalho começou dois meses antes do concurso e foi levado muito a sério pela equipe. "Tivemos que trabalhar duro, uma de nossas maiores dificuldades foi conseguir material, pois é tudo muito caro, mas contamos com a ajuda 'preciosa' de nossos professores e vencemos". A equipe do CEFET-GO também foi dividida em duas para que os alunos pudessem levar os quatro pórticos que construíram.◆



Premiação - Festa, alegria e orgulho de ser o melhor

**RESULTADO FINAL DO "PRIMEIRO CONCURSO CONCRE3OL"**

Posição	Equipe	Carga	Instituição	Perímetro	C1	C2	Final
01	107A	366,91	Escola de Engenharia de Piracicaba	0,6883	1	1	4866,1
02	115A	364,54	Universidade Católica de Goiás	0,6933	1	1	4765,2
03	117A	349,96	Universidade Federal de Goiás	0,6940	1	1	4565,4
04	118A	436,70	Universidade Federal de Goiás	0,6937	1	0,8	4561,5
05	120A	347,87	Universidade Federal de Goiás	0,6940	1	1	4538,1
06	108B	333,68	Escola de Engenharia de Piracicaba	0,6880	1	1	4429,3
07	119A	321,03	Universidade Federal de Goiás	0,6940	1	1	4188,0
08	100B	317,41	Universidade do Oeste de Santa Catarina	0,6917	1	1	4168,4
09	107B	311,81	Escola de Engenharia de Piracicaba	0,6873	1	1	4147,4
10	109A	290,17	Faculdade Ideal	0,6830	1	1	3908,3
11	110A	286,78	Instituto Mauá de Tecnologia	0,6880	1	1	3806,7
12	102B	290,62	Universidade Federal do Pará	0,6937	1	1	3794,6
13	101B	285,26	Universidade do Oeste de Santa Catarina	0,6933	1	1	3728,9
14	101A	282,32	Universidade do Oeste de Santa Catarina	0,6947	1	1	3675,6
15	104A	284,63	Universidade de Fortaleza	0,6980	1	1	3670,7
16	116B	384,32	Universidade Católica de Goiás	0,7027	0,75	1	3667,7
17	100A	278,81	Universidade do Oeste de Santa Catarina	0,6940	1	1	3637,2
18	102A	265,76	Universidade Federal do Pará	0,6910	1	1	3497,1
19	112A	256,49	Universidade do Estado do Rio de Janeiro	0,6907	1	1	3378,1
20	103A	251,41	Universidade de Fortaleza	0,6847	1	1	3369,5
21	121B	255,65	Universidade Federal do Pará	0,6940	1	1	3335,1
22	108A	248,92	Escola de Engenharia de Piracicaba	0,6857	1	1	3326,4
23	121A	250,50	Universidade Federal do Pará	0,6927	1	1	3280,2
24	105B	310,06	Universidade Federal da Bahia	0,6713	0,75	1	3242,3
25	109B	298,20	Faculdade Ideal	0,6817	1	0,8	3225,5
26	113A	339,90	Universidade Federal do Ceará	0,7127	0,75	1	3153,4
27	113B	410,65	Universidade Federal do Ceará	0,7107	0,75	0,8	3065,0
28	112B	230,78	Universidade do Estado do Rio de Janeiro	0,6923	1	1	3025,4
29	114A	260,45	Centro Universitário Adventista de São Paulo	0,6890	1	0,8	2757,8
30	106A	291,08	Universidade Federal da Bahia	0,6700	0,75	0,8	2444,5
31	116A	258,19	Universidade Católica de Goiás	0,7077	0,75	1	2429,3
32	104B	212,08	Universidade de Fortaleza	0,6680	0,75	1	2239,7
33	103B	214,90	Universidade de Fortaleza	0,6973	1	0,8	2221,6
34	115B	276,44	Universidade Católica de Goiás	0,7037	0,75	0,8	2104,5
35	111A	208,57	Escola Técnica Federal de Palmas	0,6663	0,75	0,8	1771,1
36	110B	127,82	Instituto Mauá de Tecnologia	0,6873	1	1	1700,1

**Resultado do Concurso de APARATO DE PROTEÇÃO AO OVO – APO 2004**

11º Concurso Técnico IBRACON – Florianópolis 14 a 18 de agosto de 2004  
Comitê de Atividades Estudantis - Ibracon

**1º lugar**

Abelardo Torreal Fonseca  
Claudinei Alves de Ávila  
Ludimilla Fernandes de Oliveira

CEFET-GO Centro Federal de  
Educação Tecnológica de Goiás  
- APO 28 Equipe 2

**Orientadores:**

Afonso Maria de Araújo  
Giovane Batalione  
Jorge Fernando Squeff Sahb  
Paulo Francinete Silva Júnior

**2º lugar**

Ana Pula Ferreira Santos  
Éder Cardodo de Lima  
Paulo Sérgio de Oliveira  
Resende

Sérvio Túlio Pessoa de Oliveira

UCG – Universidade Católica de  
Goiás – APO 53 Equipe 2

**Orientadores:**

Alberto Vilela Chaer  
José Sergio dos Passos Oliveira  
Ricardo Veiga

**3º lugar**

Bárbara Godinho Miranda  
Clecyo Lourenço César  
Liara Marcório Borges

CEFET-GO Centro Federal  
de Educação Tecnológica  
de Goiás - APO 26 Equipe 1

**Orientadores:**

Afonso Maria de Araújo  
Giovane Batalione  
Jorge Fernando Squeff Sahb  
Paulo Francinete Silva Júnior

# O EXCESSO DE UMIDADE DO SUBSTRATO COMO CAUSA DA OCORRÊNCIA DE FALHAS EM REVESTIMENTOS DE PISO APLICADOS SOBRE LAJES DE CONCRETO

por Elizabeth Montefusco Lopes e  
Mércia Maria S. Bottura de Barros

sobre o piso desenvolvem-se todas as atividades a que se destina a edificação. Falhas em sua execução, tais como, empenamentos, placas soltas, bolhas e manchas têm como conseqüências, desde o desconforto pessoal de andar em uma superfície irregular, ao risco de acidentes de trabalho, contaminação de produtos por poeira, desalinhamento de equipamentos ou até mesmo a interferência no processo de produção, podendo provocar a paralisação parcial ou total da atividade produtiva da empresa. Tais problemas, muitas vezes são decorrentes do excesso de umidade intrínseca ao substrato de concreto, quando da aplicação de revestimentos suscetíveis à presença de água, por não ter tido o tempo de secagem adequado, de maneira a atingir o nível de umidade ideal.

O comportamento da umidade do concreto é resultado de uma complexa ação entre a quantidade de água física e quimicamente ligada, durante a hidratação do cimento e a capacidade de transporte de água do sistema de poros do concreto. Neste contexto, o presente trabalho procura contribuir na sistematização do conhecimento sobre o assunto, descrevendo, inicialmente, como ocorre a secagem do concreto e a influência do tempo de cura, relação água/cimento do concreto e condições ambientes sobre o tempo necessário para que a umidade do concreto atinja o nível ideal para o início do revestimento do piso. Na seqüência são descritos os testes utilizados para a medição do nível de umidade do concreto, enfatizando os de caráter quantitativo, baseados na medição do teor de umidade, taxa de emissão de vapor de água e umidade relativa interna do concreto. Valores dos níveis ideais de umidade, em conformidade com o tipo de teste aplicado e materiais empregados, estabelecidos por entidades representativas de fabricantes de revestimentos para pisos de concreto são apresentados como referências. O texto é finalizado com a apresentação das recomendações que visam facilitar a secagem do concreto e aspectos a serem observados quando da realização da medição do nível de umidade.

**Palavras-chave:** patologia; umidade; revestimento de piso; pavimentos de concreto

*On the floor are developed all the activities the building is destined to. Faults in its execution, such as warping, loose plates, bubbles and stains, bring about from the personal discomfort of walking on an irregular surface, to the risk of workplace accidents, contamination of product due to dust, misalignment of equipment or even the interference in the production process, which may cause a partial or total stalling of the company productive activity. Such problems often derive from excess moisture in the concrete substrate, when the lining is applied, for not having been dried long enough, so as to attain the ideal moisture level.*

*The excess residual water deriving from substrate moisture is one of the main causes generating pathologies on concrete floors when linings susceptible to the presence of water are used. The moisture behavior of concrete derives from a complex action between the amount of physical and chemically related water, during the hydration of the cement and the water transport capacity of the concrete pore system. In this context, the present work aims to contribute in systematizing the knowledge on the matter, initially describing the behavior of the concrete bases concerning the action of water and the factors influencing this: degree of hydration, balance conditions and humidity. The work shows how the drying of concrete occurs and the influence of the curing time flux, concrete water/cement ratio and ambient conditions on the time required for the concrete moisture to attain the ideal level to start the floor lining. The tests used to measure the concrete moisture level are described, emphasizing those of quantitative character, based on the measurement of the moisture content, water vapor emission rate and the concrete relative internal humidity. Values of the ideal levels of moisture, in accordance with the type of test applied and materials employed, established by representative manufacturer entities for concrete floors linings, are presented as references. The text concludes with the presentation of recommendations that aim to make the drying of concrete easier and aspects to be observed when the measurement of the moisture level is performed.*

**Key words:** concrete slabs moisture; floor pathology

## 1. Introdução

No Brasil, a prática de construção de edifícios industriais e de muitos edifícios comerciais, tais como "shopping centers" por exemplo, tem levado ao emprego intenso de pavimentos constituídos pela execução de uma laje de concreto armado sobre a qual diversos tipos de revestimentos podem ser aplicados.

Uma importante função desse conjunto é ser suporte dos usuários, máquinas, equipamentos, veículos e mobiliário, devendo permitir que o trânsito sobre a sua superfície ocorra de maneira segura e confortável.

É sobre esse conjunto, aqui denominado pavimento, que se desenvolve toda atividade a que se destina a edificação, sendo que falhas em sua execução, podem comprometer o desempenho de todo o edifício, pois além de resultar em um alto custo de reparação do pavimento em si, pode resultar, ainda, em elevados custos decorrentes da paralisação das atividades previstas, tais como: perda de receita, multas, rescisões contratuais e, ainda, em danos à imagem das empresas envolvidas, sendo estes, muitas vezes, impossíveis de serem quantificáveis.

A figura 1.1, por exemplo, ilustra problemas de destacamento da camada de revestimento que vem ocorrendo em um piso de laboratório de ensino e pesquisa de engenharia. A recuperação da camada de revestimento tem levado à necessidade de isolamento de diversas áreas, resultando na paralisação de muitas atividades tanto didáticas, quanto de pesquisa. Os custos dessas paralisações dificilmente podem ser mensurados; por outro lado, muitos já foram consumidos para o reparo do pavimento em si.

Os requisitos de desempenho necessários para que o pavimento exerça adequadamente as funções que lhe são atribuídas são garantidos à medida em que sejam conhecidas e compatibilizadas as características específicas de suas camadas (neste caso a laje de concreto e o revestimento), com as solicitações a que o conjunto estará sujeito durante sua vida útil, decorrentes das suas condições de exposição e de utilização.

Decorre que, grande parte das vezes, as propriedades da camada de revestimento determinam muitas das características do conjunto. Portanto, pode-se dizer que o desempenho adequado do pavimento depende, notadamente, da durabilidade, da sua camada de revestimento



Figura 1.1: Destacamento da camada de revestimento, em contato com substrato [Fonte: Foto da autora, 2003].

que, por sua vez, é função:

- da correta definição das condições de utilização;
- da adequação do projeto ao uso;
- da adoção de procedimentos de execução corretos;
- da compatibilidade entre os condicionantes que originaram o projeto do pavimento;
- das condições de exposição a que o mesmo estará submetido; e
- da implementação de um programa de manutenção periódica.

Dentre estes fatores, destacam-se, neste trabalho, aqueles ligados aos procedimentos de execução da camada de revestimento e, em particular, à adequada condição de umidade da laje que irá receber o revestimento.

O excesso de umidade das lajes de concreto, quando da aplicação de revestimentos impermeáveis sensíveis à presença de água, é uma das principais causas dos problemas que vêm afetando os pavimentos de edifícios, sobretudo daqueles destinados à indústria e ao comércio, como ilustram as figuras 1.2 e 1.3, a seguir.

O excesso de umidade das lajes de concreto que irão receber os revestimentos tanto pode impedir a cura apropriada da camada de ligação empregada (usualmente adesivos), como também pode evitar que seja atingido o grau de aderência necessário entre o revestimento e o substrato. De maneira geral, ambas as situações levam ao inadequado desempenho do conjunto ao longo do tempo, com potencial perda de aderência do

revestimento, fissuração excessiva e até mesmo seu descolamento.

Os fatores geradores dessas patologias nos revestimentos decorrem principalmente de falhas de projeto e ou de execução. Como falha de projeto pode-se destacar, por exemplo, a não especificação da quantidade de umidade máxima permitida à laje de concreto, em função do material do revestimento a ser aplicado e como falha de execução, pode-se destacar a aplicação do revestimento sobre a laje enquanto esta apresenta-se com uma quantidade de umidade superior à especificada pelo fabricante do revestimento ou pelo projeto.



Figura 1.2: Destacamento do revestimento de pequena espessura, à base de resina epóxi (Fonte: PCA, 2000).

O excesso de umidade da laje de concreto pode ter origem intrínseca (água de preparo do concreto) ou extrínseca (lençol freático, precipitações, sistemas de irrigação e combate a incêndios). Neste trabalho, será abordada apenas a umidade decorrente da água de preparo do concreto, ou seja, a de origem intrínseca.

Esta água será parcialmente consumida, na medida em que ocorre a hidratação do cimento e a parte excedente será evaporada quando, logo que terminada a cura do concreto, iniciar o processo de secagem do concreto.

Portanto, para evitar a ocorrência de problemas, a princípio, basta que previamente à aplicação do revestimento sobre a laje, permita-se a secagem do excesso de água de preparo do concreto, por um período de tempo suficiente para que seja atingida a condição de umidade adequada à aplicação do revestimento especificado.

No entanto, diversos fatores têm impedido que

sejam atingidas as condições ideais para a aplicação dos materiais sensíveis à umidade utilizados na execução de revestimentos, dentre eles: o aumento na velocidade de execução das obras; as novas técnicas construtivas utilizadas que têm limitado o emprego de solventes fortes nos materiais constituintes dos revestimentos de piso; e o próprio desconhecimento quanto aos mecanismos que regem a secagem do concreto. E tudo isto têm feito aumentar as falhas nos revestimentos, resultantes do excesso da água de produção do concreto.

Assim, acredita-se que seja determinante conhecer a maneira como a umidade é distribuída na laje de concreto e como ocorre sua redistribuição após a aplicação de um revestimento impermeável.

Além disso, é importante conhecer os métodos disponíveis para medir esta umidade, pois a condição de umidade do substrato de concreto pode ser expressa de forma quantitativa através do teor de umidade do concreto, do fluxo de umidade através da superfície do concreto ou da umidade relativa interna do concreto.

Para cada uma destas maneiras de expressar a condição de umidade do substrato, deve-se estabelecer valores de referência para a quantidade de umidade, em conformidade com o tipo de revestimento a ser aplicado, considerados limites aceitáveis para a sua aplicação.

É, pois, neste contexto que se insere o presente trabalho cujo objetivo principal é contribuir para que os problemas nos revestimentos de piso decorrentes da presença de umidade do substrato possam ser minimizados.

Para isto, inicialmente, sintetiza-se os conhecimentos acerca do comportamento da água de preparo do concreto quando este é empregado na produção de lajes de piso; na seqüência, destacam-se os principais métodos para a medição da umidade contida na laje e, finalmente, são destacadas as condições aceitáveis de umidade de uma laje de concreto quando for um substrato para o recebimento de um revestimento de piso suscetível à umidade.

## 2. Comportamento da água de preparo do concreto quando aplicado em lajes de edifícios

Da quantidade total da água utilizada para a produção do concreto, parte combina com o cimento, tornando-se quimicamente ligada e outra



Figura 1.3: Ocorrência de bolhas no revestimento devido à presença de umidade no substrato quando da sua aplicação (Fonte: Foto cedida pelo centro tecnológico de controle de qualidade L. A. Falcão Bauer, 2003).

parte permanece fisicamente ligada ao sistema de poros do concreto.

Após o período de cura do concreto, parte da água fisicamente ligada irá continuar combinando com o cimento ainda não hidratado e parte será adsorvida na superfície dos produtos da hidratação. O restante da água irá evaporar, sendo a evaporação função da idade do concreto, da geometria do elemento, da temperatura e da umidade relativa ambiente junto à superfície do elemento. Este mecanismo é denominado secagem do concreto.

Em resumo, o comportamento da água de preparo do concreto é afetado tanto pelo processo de hidratação do cimento, quanto pela secagem do concreto, os quais ocorrem simultaneamente.

A secagem do concreto decorre da complexa relação entre a quantidade de água quimicamente ligada, a água fisicamente ligada e a capacidade do sistema de poros no transporte da água livre, que é influenciada na medida em que ocorre a hidratação do cimento que, por sua vez, é função da relação água/cimento, temperatura e umidade relativa ambiente (HEDENBLAD, 1996).

Portanto, a secagem ocorre como uma combinação de um fluxo de umidade do interior do material para o exterior e da sua posterior evaporação na superfície, sendo que esta tem início quando a condição ambiente ao seu redor permitir que ocorra a evaporação, isto é, para temperaturas constantes, quando a umidade relativa do ar (UR) for menor que 100%.

As propriedades necessárias para se determinar o

teor de umidade remanescente num pavimento de concreto são, conseqüentemente: hidratação, condições de equilíbrio e fluxo de umidade.

A umidade no interior de um material poroso não é constante; isto faz com que, segundo Moore (1978), a uma temperatura constante, a umidade seja transportada da parte mais úmida para a mais seca, de maneira que a direção do fluxo de umidade pode ser determinada pela concentração de umidade nos diversos pontos e é função do teor de umidade, umidade relativa, grau de hidratação, temperatura e, ainda, se o concreto está em situação de absorção ou desabsorção (HEDENBLAD, 1993).

Uma vez que o transporte da umidade no concreto ocorre através de um sistema de poros capilares interligados que representam a parte do volume total não preenchido pelos produtos da hidratação, deverão ser considerados, ainda, o tempo de cura, a relação água/cimento e as condições ambientes, visto que estes fatores alteram a estrutura do sistema de poros e, por conseqüência, os coeficientes do transporte da umidade.

De um modo geral, a secagem do concreto se processa de uma maneira muito lenta; assim, o excesso de umidade poderá estar presente no elemento de concreto por um longo período de tempo. Conseqüentemente, nos casos das lajes de pavimento, em muitas situações de obras, apenas uma parte deste excesso terá sido eliminada antes da aplicação do revestimento.

O importante, porém, é que a quantidade de umidade remanescente no pavimento não deverá causar quaisquer danos ao revestimento que será aplicado; daí a importância de se conhecer o mecanismo de secagem e de se saber avaliar o excesso de umidade presente no pavimento de concreto. Além disso, faz-se necessário saber, ainda, quão suscetível à umidade é o revestimento que será aplicado.

**2.1. Deve-se também conhecer o desempenho do revestimento após a aplicação, uma vez que o nível da umidade não é distribuído de maneira uniforme no substrato de concreto, sendo menor próximo à superfície em contato com o ambiente e aumentando para o seu interior.**

Torna-se, então, necessário o conhecimento de como ocorre esta distribuição, e de como é alterada pela aplicação de um revestimento sobre a

superfície do concreto, enquanto o fluxo de umidade continuar a existir.

A secagem de uma laje de concreto inicia-se pela superfície, enquanto o teor de umidade no meio desta permanece alto. Quando um revestimento impermeável é aplicado sobre a superfície, a umidade no concreto situada abaixo deste revestimento é redistribuída uniformemente, até que uma nova condição de equilíbrio seja alcançada entre a lenta evaporação através do revestimento e o fluxo de umidade em direção à superfície.

Para uma determinada profundidade, medida a partir da superfície da laje antes de ser revestida, a qual denomina-se "*profundidade equivalente*", o nível de umidade é exatamente igual ao nível de umidade que será alcançado na superfície da laje, após a aplicação do revestimento. Esta "*profundidade equivalente*" varia se a secagem da laje ocorre por ambos os lados ou somente por um deles (HEDENBLAD, 1996).

Conforme ilustra a figura 2-1, no caso dos pisos de concreto executados sobre o solo (situação mais comum nos edifícios industriais), a secagem ocorre por apenas um lado e, neste caso, o valor adotado para a "*profundidade equivalente*" é igual a  $0,4H$ , sendo  $H$  a espessura da laje. Para esta situação, a umidade no piso de concreto, após o revestimento da superfície, irá atingir o equilíbrio mantendo-se constante em toda a espessura do piso.

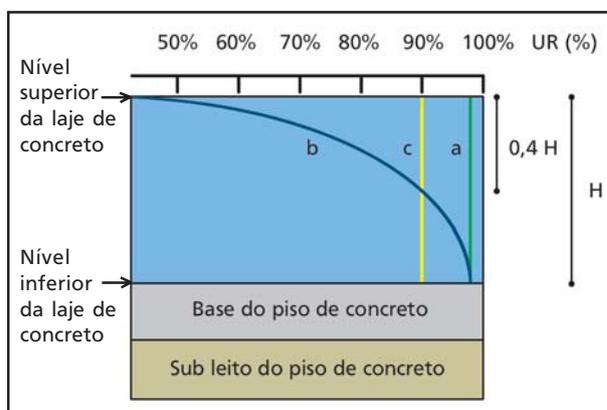


Figura 2.1: Distribuição da umidade antes e após a secagem e aplicação do revestimento para um piso de concreto executado diretamente sobre o solo (Fonte: HEDENBLAD, 1996).

Onde: a = perfil da distribuição da umidade antes da secagem;

b = perfil da distribuição da umidade após a secagem;

c = perfil da distribuição da umidade após a aplicação do revestimento e a redistribuição da umidade;  
H = espessura do piso de concreto;  
 $0,4H$  = profundidade equivalente.

Conhecer a umidade do pavimento na posição  $0,4H$  é conhecer a umidade a que o pavimento estará sujeito após a aplicação do revestimento e, portanto, a que umidade tal revestimento ficará sujeito. Com isto, será possível saber se o adesivo e o próprio revestimento têm características para suportar tal umidade ou não.

Entretanto, mais um, dentre as muitas dificuldades existentes no meio técnico, é a definição da forma de medição da umidade do substrato, cujas principais serão abordadas na seqüência.

### 3. Medição da umidade no substrato de concreto

Organizações como: "ASTM – American Society for Testing Materials", "BSI - British Standards Institution" e "NCF – Nordic Concrete Federation" normalizaram testes para avaliar as condições de umidade de pavimentos de concreto a fim de se determinar se está aceitável para receber revestimentos suscetíveis à umidade ou não. Os resultados destes testes podem ser qualitativos ou quantitativos e são registrados de várias maneiras, dependendo do método empregado, variando de observações visuais, testes físicos ou medições das quantidades ou percentuais de água.

No Brasil, a inexistência de normas próprias tem levado os fabricantes e aplicadores de revestimentos sensíveis à umidade ou a adotarem procedimentos consagrados em outros países ou nem mesmo a avaliarem esta variável.

Na tabela 3-1 apresenta-se uma síntese dos principais ensaios disponíveis para medição da umidade em lajes de concreto.

Observa-se que os resultados dos ensaios aqui reunidos podem ser qualitativos ou quantitativos, podendo, neste caso, ser expresso na forma de "teor de umidade", "umidade relativa" ou "taxa de emissão de vapor". E, uma vez determinada uma dessas grandezas, deve-se compará-la com as condições aceitáveis definidas para os diferentes revestimentos a serem utilizados.

### 4. Condições Aceitáveis de umidade do substrato, para a aplicação de revestimentos

A condição de umidade de uma laje de concreto,

**TABELA 3-1: SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ENSAIOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE EM LAJES DE CONCRETO.**

Teste	Tipo	Duração	Descrição	Avaliação	Liberação	Instrumental
Manta plastica	Qualitativo	16 ou 24h	Cobrir o local de medição com uma manta plástica (46x46cm), fixa nas extremidades com fita adesiva.	Visual	Após constatação de que não haja umidade condensada sob a manta ou a superfície do concreto não esteja escurecida.	
Placa colada	Qualitativo	72h	Aplica-se 1 m <sup>2</sup> de revestimento seguindo-se as recomendações do fabricante.	Visual e esforço físico	Se a colagem estiver fraca e o adesivo úmido ou pegajoso o revestimento não deve ser aplicado	
Resistência elétrica	Quantitativo	Imediato	Mede a condutividade elétrica entre dois eletrodos colocados na superfície do concreto ou em perfurações executadas com 25mm de profundidade.	O teor de umidade que é o peso da água em relação ao do concreto, expresso em porcentagem, varia com a condutividade elétrica, sendo a conversão dos valores indicada pelo fabricante do medidor.	De acordo com a indicação do fabricante do revestimento, normalmente inferior a 10%.	
Impedância elétrica	Quantitativo	Imediato	Mede a impedância de um sinal elétrico de baixa frequência emitido entre dois eletrodos no medidor colocado sobre a superfície do concreto.	O teor de umidade do concreto varia inversamente proporcional à impedância elétrica, sendo a conversão dos valores indicada pelo fabricante.	De acordo com a indicação do fabricante do revestimento, normalmente inferior a 10%.	
Cloreto de cálcio anidro (TCCA)	Quantitativo	72h	Coloca-se uma pastilha de cloreto de cálcio anidro sobre a superfície de concreto e medindo-se o ganho de peso após 72h.	Calcula-se a taxa de emissão de vapor de umidade que expressa o volume de umidade emitido através da superfície do concreto durante o teste, conforme indicação do fabricante do kit de teste.	De acordo com a indicação do fabricante do revestimento, variando entre 3 e 5lbs/1000 pés quadrados.24h ou 170 e 280 ig / s.m <sup>2</sup> .	
Umidade relativa	Quantitativo	Imediato	Executam-se perfurações no concreto, com antecedência de 72h, em que serão realizadas as medições com uso de higrômetro na profundidade de 0,2 ou 0,4 da espessura do piso.	A umidade relativa interna do concreto, que é a quantidade de vapor de água no ar no instante da medição em relação à de saturação do ar, expressa em porcentagem.	De acordo com a indicação do fabricante do revestimento, ou estabelecido em norma. Variando de 75% a 90%.	

adequada para a aplicação do revestimento, deve ser estabelecida em função do material utilizado e em conformidade com o tipo de teste utilizado.

Os níveis aceitáveis de umidade para os diferentes materiais utilizados para revestimento de pisos aplicados sobre lajes de concreto não são conhecidos, sendo, a princípio, uma atribuição do fabricante.

## 4.1 Níveis ideais de umidade

Na tabela 4-1 são resumidos os níveis ideais de umidade recomendados por diversas organizações normalizadoras internacionais, em função do método de medição utilizado, para os revestimentos suscetíveis à umidade tais como os de madeira, vinílicos, borracha, têxteis de fibras naturais e, à base de polímeros.

Pode-se notar a predominância do teste da umidade relativa, além disso, nota-se, ainda, variação existente entre os valores recomendados pelas normas americanas e britânicas e a recomendação da norma sueca, demonstrando a necessidade de adequação dos valores às condições locais.

## 4.2. Tempo de secagem recomendados

Um resumo dos tempos de secagem recomendados é apresentado na tabela 4-2 notando-se, pela grande variação existente nos tempos indicados, a importância da realização da medição da umidade da laje de concreto, devendo estas recomendações serem consideradas para efeito da elaboração do cronograma de obra.

## 4.3 Recomendações para a avaliação da condição da umidade do substrato

Para a aplicação de revestimentos sensíveis à umidade, deverá ser permitida a secagem do

concreto de maneira a serem atingidos os níveis de umidade compatíveis com os materiais utilizados.

Para que o tempo de secagem não seja demasiadamente longo, a ponto de comprometer o cronograma da obra, as seguintes recomendações deverão ser seguidas, tanto pelo projetista, como pelos executores do piso de concreto e aplicadores do revestimento, a fim de facilitar a secagem do concreto:

- utilização de concreto com baixa relação água/cimento;
- tempo de cura de sete dias;
- não umedecer o piso antes da aplicação do revestimento;
- diminuir a umidade relativa ambiente: e
- aumentar a temperatura ambiente.

A fim de que os valores obtidos com a medição da umidade do concreto sejam confiáveis, os testes deverão ocorrer dentro das seguintes condições:

- a temperatura e umidade relativa ambiente devem ser o mais próximo possível daquelas que ocorrerão quando da utilização da edificação;
- as medições não deverão ocorrer antes da execução da cobertura e fechamento da edificação; e quando as medições forem realizadas utilizando-se aparelhos ou dispositivos colocados sobre a superfície do piso de concreto é recomendável que seja realizado o teste da manta plástica e, posteriormente, sejam repetidas nestes locais as medições da umidade.

Os valores propostos por Lopes, 2003 para a condição de umidade do substrato de concreto, em

Tabela 4-1 : Níveis ideais de umidade recomendados em função do método de medição utilizado

Norma	Origem	Níveis ideais de umidade		
		Teor de umidade	Umidade relativa	TEVU lbs/1000 pés quadrados.24h(µg/s.m <sup>2</sup> )
ASTM E 1907-97	EUA	2,5 a 4,5	75	3 a 5 (170 a 280)
ASTM F 710-98	EUA	-	-	3 a 5 (170 a 280)
BS 5325:2001	Inglaterra	-	75	-
BS 8203:2001	Inglaterra	-	75	-
HusAMA 83	Suécia	-	85 a 90	-
<b>NBR-14050</b>	<b>Brasil</b>	<b>Não específica</b>		

Tabela 4-2: Tempos de secagem recomendados

Referências	Recomendação
ASTM E 1907-97	Seis semanas a seis meses
CRI - Carpet and Rug Institute	90 a 120 dias
RFCI - Resilient Floor Covering Institute	Mínimo 6 semanas
PCA - Portland Cement Association	Mínimo de 60 dias
NBR - 14050	Não Específica

conformidade com o teste utilizado, para a aplicação de revestimentos suscetíveis à presença de água são:

- *teor de umidade inferior a 4,5%;*
- *umidade relativa interna do concreto inferior a 75%; e*
- *taxa de emissão de vapor de umidade, medida com a utilização do teste da pastilha do cloreto de cálcio anidro, de 3 a 5 lbs/1000 pés quadrados.24h ou 170 a 280 (ig/s.m2).*

## 5. Considerações finais

Acredita-se que o objetivo apresentado para este trabalho, de **"contribuir para que os problemas nos revestimentos de piso decorrentes da presença de umidade do substrato possam ser minimizados"** tenha sido atingido pois foi possível compreender como a umidade distribui-se no interior do concreto, fator determinante na metodologia de medição da umidade através do teste da umidade relativa interna do concreto.

Com isto, foi possível a compreender a metodologia adotada em cada tipo de teste apresentado para a medição da condição da umidade do concreto e concluiu-se que aqueles que melhor refletem o comportamento da umidade são os testes do cloreto de cálcio e o da umidade relativa interna do concreto, tendo este último predominado na Europa e sendo cada vez mais aceito nos Estados Unidos, em função, principalmente, de ser o menos afetado pelas condições ambientes e possibilitar a medição em vários pontos do concreto.

A partir dessa compreensão global, foi possível a elaboração das recomendações necessárias para a avaliação da condição de umidade do substrato, permitindo que se avalie previamente o substrato e, com isto, possa-se minimizar a ocorrência de problemas patológicos.◆

## Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de revestimento de alto desempenho, a base de resinas epoxídicas e agregados minerais: projeto, execução e avaliação do desempenho – procedimento – NBR 14050.** Rio de Janeiro, 1998.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for indicating moisture in concrete by the plastic sheet method. (ASTM) - D 4263-93,** 1993.
- \_\_\_\_\_. **Standard practices for determining moisture-related acceptability of concrete floors to receive moisture-sensitive finishes. (ASTM) - E 1907-97,** 1997.
- \_\_\_\_\_. **Standard test method for measuring moisture vapor emission rate of concrete sub floor using anhydrous calcium chloride. (ASTM) - F 1869-98,** 1998.
- \_\_\_\_\_. **Standard practice for preparing concrete floors to receive resilient flooring. (ASTM) - F 710-98,** 1998.
- \_\_\_\_\_. **Standard test method for determining relative humidity in concrete floors slabs using in situ probes. (ASTM) - F 2170-02,** 2002.
- BREWER, H.W. **Moisture migration: concrete slab-on-ground construction.** Illinois: Portland Cement Association-Research and Development Laboratories, 1965. (Bulletin D89).
- FARNY, J. A. **Concrete floors on ground.** Illinois: Portland Cement Association. (PCA), 2001. (Engineering Bulletin, EB075).
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. (BSI) **Code of practice for installation of textile floor covering - BS 5325.** London, 2001.
- \_\_\_\_\_. (BSI) **Code of practice for installation of resilient floor coverings - BS 8203.** London, 2001.
- HEDENBLAD, G. **Drying of construction water in concrete.** Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1996. (T9:1997).
- \_\_\_\_\_. **Moisture permeability of mature concrete, cement mortar and cement paste.** 1993. 250p. Tese (Doutorado) – Lund Institute of Technology. Lund, 1993. (The Swedish Council for Building Research).
- LOPES, E.M. **A Influência da Umidade do Substrato no Desempenho de Revestimentos de Piso de Edifícios.** 2003. 97p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.
- MOORE, A.E. No attempt to predict the maximum forces that could be generated by alkali-silica reaction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EFFECTS OF ALKALIS IN CEMENT & CONCRETE, 4., Purdue University, 1978. **Anais.** Publication nº CE-MAT-1-78.

# CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA COM 16 ANOS DE IDADE

Por TIBÉRIO ANDRADE

Eng<sup>o</sup> Civil Tecomat Engenharia

Universidade Federal de Pernambuco UFPE

Universidade de Pernambuco UPE e

Mestre em Engenharia pela Escola Politécnica de São Paulo  
(Orientador: Prof. Paulo Helene)

Este trabalho discute a evolução efetiva da resistência à compressão do concreto de alta resistência com 16 anos de idade, empregado na confecção dos dormentes protendidos utilizados na linha do Metrô da Região Metropolitana do município de Recife, em Pernambuco, Brasil. O crescimento da resistência foi analisado em função das características dos materiais componentes do concreto, do uso de cura acelerada tipo térmica e da natureza do cimento, comparando-se com os modelos de crescimento de resistência à compressão disponíveis na bibliografia, em especial o consagrado pelo *fib*(CEB-FIP) Model Code 90. Os resultados obtidos demonstraram que não houve interferências negativas de solicitações cíclicas nem de uma eventual relaxação do concreto (*efeito Rusch*). Constatou-se que houve crescimento efetivo da resistência à compressão entre 1,28 e 1,42 vezes acima do resultado a 28 dias, muito superior ao normalmente previsto pela literatura e infelizmente propalado por alguns falsos críticos dos HPC ou HSC.

**Palavras-chave:** concreto de alto desempenho; concreto de alta resistência; evolução da resistência.

## **Abstract**

*This paper discusses the effective evolution of resistance to compression over a 16 year-old High Performance Concrete, used on the pre-stressed dormants production for a railroad in the Metropolitan Area of the city of Recife, in Pernambuco, Brazil. The improvement of resistance was analyzed according to the characteristics of the materials used in the concrete as well as to the use of its thermal type fast curing and cement nature, as compared to the available models for improved resistance in the bibliography, particularly in the Model Code 90 approved by *fib*(CEB-FIP). The results obtained showed no negative interferences from cyclical demands nor a lessening of tension in the concrete (*Rusch effect*). An effective improvement of the resistance to compression was found at the ratio of 1.28 and 1.42 times above the expected result on 28th day, therefore, much higher than the one usually accepted by the official literature and unfortunately publicised by many critics of the HPC or HSC.*

**Key-words:** high performance concrete; high strength concrete; concrete strength raise

## Concreto dos dormentes do Metrô do Recife

Nos anos de 1983, 1984 e 1985 foi construído o Metrô de superfície da Região Metropolitana do Recife, com 20 quilômetros de extensão e 17 estações de embarque e desembarque de passageiros, envolvendo, investimentos da ordem de 300 milhões de dólares. O dormente utilizado na via dupla do metrô foi em concreto, do tipo protendido, utilizando o processo de fabricação denominado de "short line". O concreto foi projetado para atingir uma resistência característica à compressão, aos 28 dias, de 45MPa e resistência característica à tração na flexão, aos 7 dias, de 5MPa. Por uma necessidade de ordem financeira e de prazo, o concreto dos dormentes deveria atingir também uma resistência mínima à compressão de 35MPa às 18h de idade, resistência esta necessária à transferência de protensão. Para isto, foi utilizado o sistema de cura a vapor. Foram fabricados 79.103 dormentes de março de 1984 a janeiro de 1985, num processo atípico para o padrão normal de fabricação de concreto na região. Foi empregado concreto de consistência quase seca tipo "terra úmida", utilizando misturador de eixo vertical e mesa vibratória de alta potência com prensagem simultânea para o adensamento, sem uso de qualquer tipo de adição mineral ou aditivo.

## Dosagem e Materiais empregados

Foi utilizado o método de dosagem proposto por Helene & Terzian sendo que aproximadamente 84% dos 79.103 dormentes fabricados utilizaram a proporção encontrada ideal e apresentada na Tabela 1. Em cada fôrma produzia-se, simultaneamente, 3 dormentes.

TABELA 1: COMPOSIÇÃO DO TRAÇO DE CONCRETO UTILIZADO NOS DORMENTES										
Traço unitário em massa seca						Consumo de cimento kg/m <sup>3</sup>	Slump test (mm)	Vebe test (s)		
cimento	areia	brita 9,5	brita 25	a/c	aditivo					
1,00	0,52	1,40	1,57	0,33	-	500	0	15 a 20		

Para a confecção do concreto dos dormentes, procurou-se o cimento que possuía maior resistência à compressão. Na época, não estava disponível na praça do Recife, nem o cimento de classe 40, nem o cimento de alta resistência inicial. A opção mais viável econômica e tecnicamente, foi a utilização do cimento de classe 32 fornecido pelo grupo Atol, fabricado em São Miguel dos Campos, município situado no Estado de Alagoas (CP I 32).

Este cimento, apesar de classificado como classe



Figura 1 - Detalhe do corte dos dormentes

32, apresentava resistência à compressão da classe 40 e comportamento tipo ARI. Este cimento foi empregado em todo o concreto dos dormentes, não tendo sido rejeitado nenhum lote de concreto no controle estatístico, realizado conforme as recomendações estabelecidas pela NBR 6118/78<sup>1</sup>, para aceitação do concreto.

O agregado miúdo utilizado foi de origem quartzosa, extraído do rio Capibaribe, no município de Limoeiro, e os agregados graúdos, britados, ambos de origem gnaissiana, extraídos da jazida situada na região Metropolitana do município de Recife.

## Experimento

Para estudo das características e propriedades dos concretos, foram retirados da via 22 dormentes, de um total de aproximadamente 78.000 dormentes assentados, procurando-se cobrir parte da sua extensão, com objetivo de garantir a representatividade da amostragem em relação à produção dos dormentes, devido à impossibilidade da identificação das datas exatas de fabricação.

Os dormentes foram cortados em prismas de seção trapezoidal com comprimento de aproximadamente 25cm, com auxílio de disco apropriado, sendo posteriormente extraídos testemunhos cilíndricos de 10 ´ 20cm, através de extratora. O corte e a extração podem ser visualizados nas Figs. 1 e 2.

De cada dormente extraído, foram ensaiados três testemunhos para a determinação da resistência à compressão do concreto. Com os resultados obtidos, foi estimado o crescimento da resistência à compressão nesses 16 anos de fabricação, através de comparação com os resultados de resistência à compressão, obtidos na época da construção, aos 28 dias de idade.

## Resultados

Os resultados foram divididos em duas partes. Os resultados da resistência à compressão, obtidos no controle tecnológico dos dormentes aos 28 dias e os resultados da resistência à compressão, obtidos do experimento, após 16 anos de fabricação dos dormentes.

Foram resgatados os relatórios mensais de acompanhamento, referentes aos meses de

**TABELA 2: RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS**

Número de identificação	f <sub>c</sub> (MPa)	
	Individual	Média
01	85,1/87,5	86,3
02	80,8/80,5	80,6
03	82,6/84,5	83,6
04	81,8/83,7	82,8
05	88,5/85,5	87,0
06	86,8/85,3	86,0
07	95,4/93,1	94,3
08	78,7/82,9	80,8
09	77,5/71,8	74,7
11	84,4/87,3	85,9
12	92,7/89,2	91,0
13	78,3/84,6	81,5
14	78,9/77,9	78,4
16	84,1/79,6	81,9
17	78,3/76,0	77,1
18	84,6/84,0	84,3
19	77,0/73,6	75,3
20	77,0/74,0	75,5
21	79,7/78,7	79,2
22	76,2/78,0	77,1
Média Geral - 82,2 MPa		
Desvio Padrão - 5,26 MPa		

março/84 a dezembro/84. Nestes relatórios, encontravam-se os resultados do controle de aceitação dos lotes formados para liberação das peças. Nesses resultados, são descritos: o período de formação dos lotes, a média de resistência (μ), o desvio padrão (σ), o coeficiente de variação (V) e o valor estimado (f<sub>ck est</sub>) de cada lote.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da resistência à compressão obtidos nos testemunhos extraídos dos 22 dormentes retirados da via férrea, em 2001.

A Tabela 3 esta reproduzindo, os resultados emitidos nos relatórios da época da construção.

Não estão incluídos os resultados dos 2021 dormentes fabricados em janeiro de 1985.

## Análise dos Resultados

Na Tabela 3 foram apresentadas as resistências médias à compressão, obtidas aos 28 dias de idade, dos 33 lotes formados para o controle de aceitação. A menor resistência média obtida em um lote foi de 57,1MPa e a maior de 70,4MPa, apresentando uma amplitude de 13,3MPa, durante os 10 meses de produção dos dormentes.

A média das médias da resistência à compressão dos lotes formados para aceitação do concreto pode ser considerada, sob o ponto de vista estatístico, como a resistência média do concreto produzido ao longo da fabricação dos dormentes.

Calculando a média ponderada das médias da resistência à compressão dos lotes, em função da estimativa de dormentes fabricados mensalmente, e distribuindo uniformemente estes dormentes nos lotes do mês, obteve-se um valor de 65,0MPa. Este valor pode ser considerado como a resistência à compressão média do concreto, obtida aos 28 dias de idade, correspondente aos 10 meses de fabricação dos dormentes.

Para estimativa da variabilidade aparente do processo de produção e ensaio da fabricação do concreto, foi utilizado o desvio padrão da resistência à compressão obtido nos 33 lotes individuais, empregando-se a expressão (1) proposta por [2].

$$S_c^2 = \frac{S_{c1}^2 \cdot x(n_1 - 1) + S_{c2}^2 \cdot x(n_2 - 1) + S_{ci}^2 \cdot x(n_i - 1) + \dots + S_{cp}^2 \cdot x(n_p - 1)}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1) + (n_i - 1) + \dots + (n_p - 1)} \quad (1)$$

onde:

$S_c$  = desvio-padrão do processo de produção e ensaio do concreto;

$S_{ci}$  = desvio-padrão do processo de produção e ensaio do concreto obtido para a amostra  $i$ ;

$N_i$  = N° de exemplares do lote.

Com os dados da Tabela 3 e a expressão (1), obteve-se um desvio padrão do processo de produção e ensaio do concreto dos dormentes de 4,01MPa, obtendo com estes dados, um coeficiente de variação de 6,1 %. O intervalo de confiança da resistência à compressão média do concreto dos dormentes, com um nível de significância de 95%, pode ser obtida a partir da teoria das grandes amostras ( $n>30$ ), através da seguinte expressão (2):

$$X \pm z \cdot x S_c / N^{1/2} \quad (2)$$

onde:  $X$  = 65,0 MPa;

$z$  = 1,96 (tabelado para limite de confiança de 95%-distribuição normal);

$S_c$  = 4,01 MPa (estimado);  $N$  = 33 (N° de lotes)

Aplicando os dados na expressão, obtém-se que a resistência média do concreto dos dormentes, aos 28 dias, esteve compreendida entre 63,6MPa e 66,4MPa, com 95% de probabilidade de acerto na afirmação. Estas informações serão utilizadas mais adiante para estimativa do crescimento da resistência à compressão do concreto.

A resistência média obtida nos 22 exemplares ensaiados à compressão, nas condições de ensaio específicas do experimento, foi de 82,2MPa conforme mostrado na Tabela 2, após 16 anos idade, com desvio padrão de 5,26MPa, obtendo-se

**TABELA 3: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO OBTIDA NO CONTROLE TECNOLÓGICO AOS 28 DIAS (1984)**

Mês	Lote	Período	$\mu$ (MPa)	$\sigma$ (MPa)	V (%)	$f_{ckest}$	NBR 6118	Número de peças
Março e Abril	01	28/02-12/03	62,1	10,40	16,8	46,4		949
	02	17/03-27/03	58,3	4,70	8,1	49,6		949
	03	03/04-13/04	58,6	3,87	6,6	49,8		950
Maio	04	16/04-27/04	57,1	3,53	6,2	48,5		951
	05	28/04-09/05	58,4	3,97	6,8	49,6		2501
	06	10/05-22/05	61,0	3,76	6,2	51,9		2501
	07	23/05-30/05	60,8	4,63	7,6	51,7		2501
Junho	08	01/06-08/06	61,6	4,73	7,7	52,4		1361
	09	09/06-16/06	65,6	4,50	6,8	55,8		1361
	10	19/06-26/06	59,6	2,80	4,7	50,6		1362
	11	27/06-30/06	59,4	3,90	4,7	50,6		1362
Julho	12	01/07-07/07	59,9	3,90	6,5	50,9		2658
	13	08/07-14/07	66,0	8,80	13,3	53,2		2658
	14	15/07-21/07	62,0	5,60	9,0	52,7		2659
	15	23/07-28/07	60,5	5,20	8,6	51,4		2660
Agosto	16	29/07-04/08	63,6	5,30	8,3	54,1		2767
	17	06/08-11/08	70,4	3,20	4,5	59,8		2767
	18	12/08-18/08	68,2	2,15	3,2	58,0		2767
	19	20/08-25/08	68,6	2,50	3,6	58,3		2767
	20	27/08-01/09	68,3	2,74	4,0	58,1		2767
Setembro	21	03/09-08/09	68,3	2,20	3,2	58,1		3195
	22	09/09-15/09	67,0	4,46	6,7	45,0		3195
	23	16/09-22/09	66,0	2,45	3,7	56,1		3195
	24	23/09-29/09	64,9	2,74	4,2	55,2		3195
Outubro	25	30/09-06/10	64,7	3,32	5,1	55,0		2614
	26	07/10-14/10	64,8	2,85	4,4	55,1		2614
	27	16/10-21/10	67,7	3,32	4,9	57,5		2614
	28	23/10-27/10	66,9	2,30	3,4	56,9		2613
	29	28/10-03/11	67,2	3,14	4,8	57,2		2613
Novembro	30	04/11-10/11	67,8	2,13	3,1	57,7		2480
	31	11/11-17/11	67,9	3,10	4,6	57,7		2480
	32	20/11-01/12	66,6	2,63	4,0	56,3		2480
Dezembro	33	04/12-12/12	68,6	2,90	2,9	58,3		2572

um coeficiente de variação de 6,2 %. O intervalo de confiança da resistência à compressão média do concreto dos dormentes, com um nível de significância de 95 %, pode ser obtida a partir da teoria das pequenas amostras ( $n < 30$ ), utilizando a distribuição de Student, através da expressão (3).

$$X \pm t \times S/(N-1)^{1/2} \quad (3)$$

onde:  $X = 82,2$  MPa;

$t = 2,093$  (valor tabelado para limite de confiança de 95%- distribuição Student com  $n - 1$  graus de liberdade (19));

$S = 5,26$  MPa;  $N = 20$  (nº de corpos de prova)

Utilizando a expressão ao lado, obtém-se, a um nível de significância de 95 %, que a média da resistência à compressão do concreto dos dormentes, após 16 anos de idade, nas condições de ensaio experimental, está compreendida no intervalo de 79,7MPa a 84,7MPa. Na relação de crescimento de 1,26 vezes a resistência média à



Extração dos Testemunhos

compressão, obtida aos 28 dias de idade. Na realidade além deste crescimento natural, existem outros fatores que estão influenciando no resultado, referente às condições diferenciadas na realização dos ensaios e às condições diferenciadas de cura do concreto.

No controle tecnológico realizado na fabricação dos dormentes, foram empregado corpos de prova cilíndricos de 15 X 30cm, ensaiados na condição úmida. O concreto dos corpos de prova não sofreram cura térmica, sendo curados sob condições normalizadas durante os 28 dias.

Os corpos de prova cilíndricos do experimento foram extraídos dos dormentes, com dimensões de 10 X 20cm e ensaiados à seco. O concreto dos dormentes foi curado termicamente a vapor, diferentemente dos corpos de prova normalizados para o controle tecnológico.

Para estimativa do crescimento de resistência à compressão, algumas correções necessitam ser introduzidas para tentar estabelecer as mesmas condições de ensaio e cura dos corpos de prova do experimento, em relação aos corpos de prova normalizados, as quais estão descritas a seguir:

- Coeficiente de minoração devido às dimensões dos corpos de prova. Segundo dados obtidos de [3] e [4], um coeficiente de 1,05 é uma estimativa razoável ( $c_1$ );
- Coeficiente de minoração devido à condição de umidade do cp no ensaio, [5] recomenda adotar um coeficiente de 0,94, quando os testemunhos são ensaiados a seco ( $c_2$ );
- Coeficiente de majoração devido ao efeito de broqueamento. Foram encontrados dados bastante conflitantes na revisão bibliográfica. [5] recomenda o coeficiente de 1,06, para corrigir apenas o efeito de broqueamento, sem levar em consideração as condições de cura ( $c_3$ );
- Coeficiente de majoração devido ao efeito negativo da cura a vapor na resistência à compressão do concreto. Em [6], [7] foram encontradas reduções na resistência à compressão, quando curados a vapor em relação aos corpos de prova com cura normalizada. Estas reduções variaram de 5% a 20%, dependendo da temperatura de cura, intervalo de pré cura adotado e condições de cura dos corpos de prova

após o tratamento. Será adotado um coeficiente de majoração de 1,125 para a correção dessa influência ( $c_4$ ).

Com os coeficientes mostrados acima, a resistência média à compressão corrigida do ensaio do experimento assumirá o seguinte valor:

$$f_{c16anos\ corri.} = f_{c16\ anos} \times c_1 \times c_2 \times c_3 \times c_4 \quad (4)$$

onde:  $f_{c16} = 82,2$  MPa,

$$c_1 = 1/1,05 = 0,952, \quad c_2 = 0,94,$$

$$c_3 = 1,06, \quad c_4 = 1,125,$$

$$f_{c16\ anos\ corri.} = 87,7 \text{ MPa}$$

A resistência média à compressão corrigida, para as condições de ensaio normalizado, foi de 87,7MPa, tendo um crescimento estimado de 1,35 (87,7/65,0), podendo assumir valores entre 1,28 e 1,42, em função do intervalo de confiança obtido para a resistência média nas duas idades. Esta resistência à compressão seria a obtida caso o concreto fosse ensaiado com corpo de prova cilíndrico moldado de 15 x 30cm, úmido, sem ter sido submetido à cura a vapor.

O texto do *fib*(CEB-FIP) Model Code 90, recomenda a adoção da seguinte expressão (5) para a estimativa da resistência à compressão com o tempo:

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) f_{cm} \quad (05) \text{ com } \beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[ 1 - (28/t)^{1/2} \right] \right\} \quad (5)$$

onde:  $f_{cm}(t)$  é a resistência média à compressão a idade  $t$  dias;

$f_{cm}$  é a resistência média à compressão a 28 dias;

$\beta_{cc}(t)$  é o coeficiente que depende da idade do concreto;

$t$  é a idade do concreto;

$t_1 = 1$  dia;

$s$  é um coeficiente que depende do tipo de cimento empregado. Para cimentos de elevada resistência e rápido endurecimento, adota-se 0,20 para  $s$ . Para cimentos de endurecimento rápido e normal do tipo N e R,  $s$  igual a 0,25, e para cimentos de endurecimento lento,  $s$  é igual a 0,38.

Aplicando a expressão acima para a idade de 16 anos, isto é, 5.840 dias, e utilizando o coeficiente  $s$  de 0,25, será obtido um coeficiente de crescimento de 1,26. Caso seja utilizado  $s$  igual a 0,20, este valor será de 1,20.

Uma expressão para se estimar a resistência à compressão do cimento com o tempo a longas idades, foi proposta por [2]. Esta expressão (6), é função não só do tempo e do tipo de cimento empregado, mas também da relação água/cimento, podendo ser estendida para a previsão do crescimento de concretos.

$$\text{Log}(f_{ccj}/f_{ccm28}) = k_9 + k_{10} \times t/t^{1/2} \quad (6)$$

onde:  $f_{ccj}$  = Resistência do concreto à idade de  $j$  dias utilizando um determinado tipo de cimento e relação água/cimento.

$f_{ccm28}$  = Resistência à compressão média do concreto à idade de 28 dias, utilizando o mesmo tipo de cimento e relação água/cimento.

$k_9, k_{10}$  = coeficientes que são função do tipo de cimento e relação água/cimento empregada.

Para o cimento utilizado nos dormentes, e uma relação água/cimento de 0,38, que é a relação utilizada por [2], o coeficiente de crescimento, para 16 anos resultaria de 1,26. O concreto dos dormentes possuía relação água/cimento de 0,33, portanto, a previsão de crescimento, segundo [2], teria valores inferiores aos obtidos com 0,38, talvez da ordem de 1,21.

Como se observa, apesar das incertezas devidas às variáveis envolvidas para a estimativa do crescimento da resistência do concreto, o valor efetivo ou real obtido de crescimento entre 1,28 e 1,42, possui coerência com os valores estimados através de equações clássicas e conservadoras de predição do crescimento com o tempo.

Esta afirmação é mostrada graficamente na Fig. 3, onde as equações sugeridas por [8] e por [2], para a estimativa de crescimento do concreto dos dormentes, com resistência média à compressão, aos 28 dias de idade, de 65MPa. Os pontos no gráfico mostram a resistência média, os limites inferior e superior do intervalo de confiança da resistência média estimados para o concreto, em função das considerações admitidas para a correção das diferentes condições de ensaio que sofreram os corpos de prova, do controle, do experimento e cura.

A resistência à compressão média do concreto, obtida nas condição de ensaio não normalizado, foi de 82,2MPa, com o intervalo de confiança de 79,7MPa a 84,7MPa, podendo ser admitida como a resistência à compressão média real ou efetiva do concreto dos dormentes, após 16 anos de idade.

Não se deve esperar novo incremento na resistência do concreto tão intenso como foi observado nesses primeiros 16 anos. Por outro lado, a resistência média atual é mais de 1,80 vezes maior do que resistência de projeto (45MPa), para a qual o dormente foi dimensionado. Esta resistência média à compressão alcançada após 16 anos de uso não parece ter sido minorada por efeitos deletérios tipo fadiga resultante dos carregamentos cíclicos nem por efeito de relaxação devido a cargas de longa duração (efeito Rusch), neste caso a da própria protensão que supera a acidental.

Esse comportamento excepcional desses concretos ao longo de 16 anos também foi observado nas suas propriedades de durabilidade que serão objeto de artigo próximo.

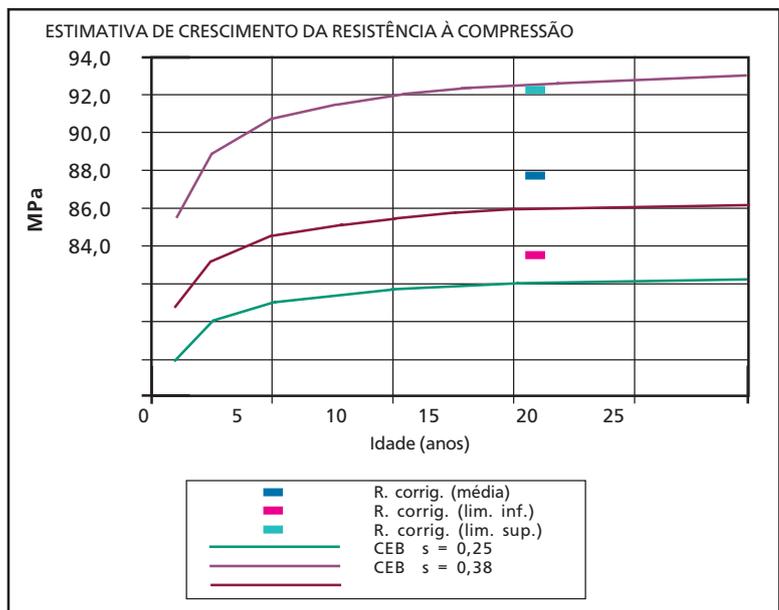


Figura 3 - Estimativa de crescimento potencial da resistência à compressão concreto dos dormentes

## Conclusões

Os estudos realizados permitem concluir;

- É possível obter-se concretos de alta resistência à compressão com o emprego de cimentos nacionais, ou seja, concretos de resistência média à compressão a 28 dias de idade de 63,6MPa a 66,4MPa, que apresentam a 16 anos de idade resistências médias no intervalo de 79,7MPa a 84,7MPa com 95% de confiança;
- A resistência à compressão estimada do concreto dos dormentes após 16 anos de idade, tomando como medida de referência corpos de prova cilíndricos de 15 x 30cm, e sob condição de umidade existente na peça, com 95% de confiança, foi de 82,2MPa. Este valor é 80% superior ao  $f_{ck}$  de projeto (45MPa);
- O crescimento da resistência à compressão em 16 anos, em relação aos 28 dias de idade, sob condições padronizadas de ensaio, foi estimado entre 1,28 e 1,42 com 95% de confiança sendo este intervalo superior ao previsto pelas equações de estimativa da resistência à compressão a longas idades consagradas e propostas pelo *fib*(CEB-FIP) Model Code 90 e outros autores e entidades;
- Os resultados obtidos são francamente positivos e questionam certos preconceitos infundados de parcela do meio técnico brasileiro que não acredita no crescimento da resistência à compressão do concreto posterior a 28dias, principalmente depois de submetido a cura térmica e com relações a/c tão baixas quanto 0,33 ■

## Referência Bibliográficas

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de Estruturas de Concreto*- NBR 6118. Rio de Janeiro, 1982.
- [2] HELENE, P.; TERZIAN, P. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. São Paulo, Pini, 1993. 349p.
- [3] BAUER, R.J.F.; et al. Influência da resistência à compressão simples com relação a dimensão máxima dos agregados e dimensão dos corpos de prova. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 41. Anais. Salvador, Ibracon, 1999;
- [4] LESSARD, M.; et al, Testing High-Strength Concrete Compressive Strength. *ACI Materials Journal*. V.90, nº4, July-Agu. 2001; p.303-8.
- [5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standards Test Method for obtaining and drilled cores and sawed beams of concrete*; ASTM - C.42/C.42M - 99, Philadelphia, 1999.
- [6] SHIDELER, J. J.; CHAMBERLIN, W. H. Early strength of concrete as affected by steam curing temperatures. *Journal of the American Concrete Institute*, v.46,n.18, Dec., p.273-83, 1949.
- [7] HIGGINSON, E. C. Effect of Steam Curing on the Important Properties of Concrete. *Journal of the American Concrete Institute*. v.58, n. 3, Sept., p.281-98, 1961.
- [8] COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON, *CEB-FIP model code 1990*, Lausanne, 1993. 437p (Design Code).

EMPRESA LÍDER EM ENGENHARIA

# ENGEVIX

39 anos de experiência  
Mais de 30.000 MW em operação  
Mais de 7.000 MW em fase de construção  
ISO 9001 (desde Março de 1999)  
ISO 14001  
OHSAS 18001

## **Energia e Recursos Hídricos**

*Inventário, Viabilidade,  
Projetos Básico e Executivo  
EPC - Contratos Turnkey  
Gerenciamento  
Subestações  
Sistemas de Transmissão*



*Indústrias  
Infra-estrutura  
Termelétricas  
Transportes  
Saneamento  
Óleo e Gás  
Telecomunicações  
Meio Ambiente  
Privatizações*

**ENGEVIX ENGENHARIA S.A.**  
Rua Tenente Silveira, 94 -  
88010-300 - Florianópolis - SC  
Fone: +55 (48) 2107 0300  
Fax: +55 (48) 2107 0496  
[www.engevix.com.br](http://www.engevix.com.br)

## PROSPECTIVA

CONSULTORIA BRASILEIRA DE ASSUNTOS INTERNACIONAIS

Consultoria especializada em diplomacia empresarial e  
estratégias de inserção internacional.

Estudos de integração de cadeias produtivas e Integração Regional

Oportunidades de negócio: EUA, Argentina, México, Chile e Panamá

Negociações e Comércio Internacional de Serviços

Alameda Santos 905 – cj. 32 - Tel: (5511) 3171-1611  
[www.prospectivaconsultoria.com.br](http://www.prospectivaconsultoria.com.br)

Esta é uma nova seção da Revista CONCRETO que pretende iniciar um processo importante de registros históricos que não podem deixar de existir. Claro que há uma enorme dificuldade de assegurar que tal feito tenha sido o recorde brasileiro ou mundial. Nossa pretensão, na realidade, é registrar um grande feito da engenharia de concreto numa dada época, reconhecendo os autores e estimulando a engenharia de ponta. Se houver outros feitos equivalentes na mesma data ou em datas anteriores e posteriores seus conhecedores podem enviar as informações para esta seção que serão analisadas e publicadas.

O livro Guinness apresenta recordes curiosos: jogar toras em altura, tempo de duração de beijos entre casais, máximo comprimento de pizza, e outros na mesma linha. A parte técnica e científica requer uma atuação especializada e o Guinness não se encarrega dela.

O primeiro passo para o reconhecimento de um recorde no IBRACON será o interessado enviar a documentação pertinente e solicitar o recorde, justificando-o. Na sequência o IBRACON através de sua Diretoria julgará a importância do feito para fins desta seção, recomendando a sua publicação.

## Millau Viaduct

### Visão geral do projeto

Essa ponte tipo estaiada, sobre o Rio Tarn, faz parte da auto-estrada A75 que interligará Paris ao sul da França e Barcelona na Espanha. Deverá estar pronta em 2005 após 39 meses de construção. Trata-se de uma obra com recursos da iniciativa privada construída num sistema tipo PPP. São 7 pilares de apoio. A altura dos pilares varia de 75m ao mais alto de 235m com vãos livres entre os pilares de 350m e com extensão total da ponte de 2.5km. O Millau Viaduct foi projetado e construído em estreita colaboração entre arquitetos e engenheiros pois a comunidade europeia entende que obras de infraestrutura têm forte impacto ambiental. O custo estimado é de 300 milhões de Euros, ou seja, U\$ 4,600/m<sup>2</sup>. Foram consumidos 36.000t. de aço e 206.000t. de concreto, equivalente a 8.500 m<sup>3</sup> de concreto tipo HPC com Fck = 60 MPa. A vida útil de projetos desta obra é de 120 anos.

**Início da construção:** 16 de outubro de 2001

**Término previsto:** 2005

**Projeto de Arquitetura:** Foster and Partners

**Concepção Estrutural:** SETRA

**Projeto Estrutural:** EEG Simecsol and Greisch

**Construtora:** Eiffage Construction

**Empreiteira:** Eiffel Construction

**Cabos / estais:** Freyssinet

**Fôrmas:** PERI Formwork and Scaffolding



Pilar com 235 metros de altura.

Idealizador: Eng. Luiz Roberto Fortes Furtado

*Obs.: se você tem conhecimento de projeto significativo ou de obra equivalente realizada em data anterior ou posterior às aqui apresentadas, por favor envie ao IBRACON através de correio normal ou preferivelmente através de: [records@ibracon.org.br](mailto:records@ibracon.org.br)*

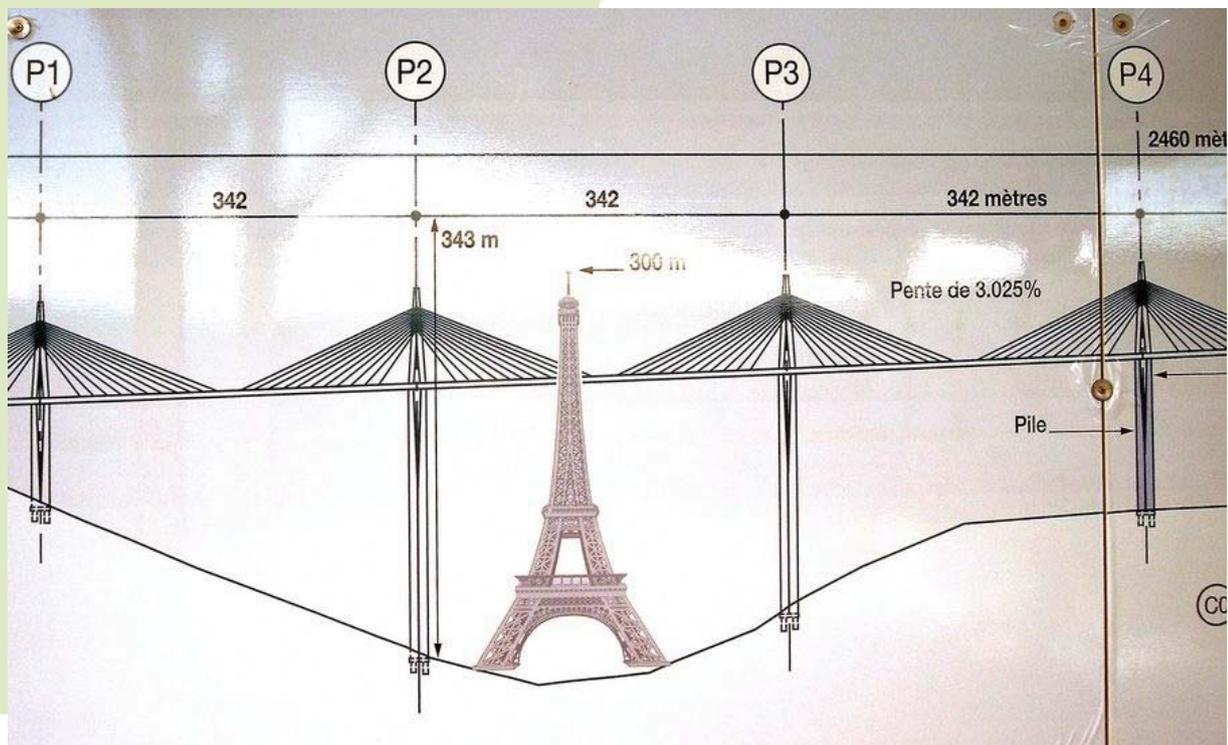


Tabuleiro em construção.



Vista geral da ponte.

Comparativo com a Torre Eiffel.



## Ponte rio Guamá

### Visão geral do projeto

A ponte de concreto protendido sobre o rio Guamá faz parte do sistema viário da região metropolitana de Belém no Pará. Tem 2km de comprimento, 12,2m de largura e é a maior ponte do tipo estaiado já construída no Brasil. Essa solução estrutural exigiu apenas dois grandes pilares no leito do rio e reduziu o impacto ao meio ambiente. Trata-se de obra executada com recursos essencialmente públicos. O vão central tem 320 metros em tabuleiro de concreto protendido construído pelo sistema de balanços sucessivos, com aduelas de concreto pré-fabricadas em canteiro na margem do rio. Os cabos ou estais são sustentados por duas torres ou pilares, chamados de mastros, com 100m de altura. O concreto utilizado foi  $f_{ck} = 50\text{MPa}$  e a vida útil de projeto é de 50 anos. O custo total da obra atingiu 70 milhões de Euros, ou seja, U\$ 3,350/m<sup>2</sup>. Doze mil empregos, entre diretos e indiretos, foram gerados pelo complexo no auge das obras. O Prof. Eng. José Zacarias Rodrigues da Silva Jr., diretor regional do IBRACON e sócio diamante da Instituição, esteve a cargo da dosagem, tecnologia e controle dos vários *High Performance Concretes* HPC utilizados nessa ponte que enobrece a engenharia de concreto do país.



Ponte sobre o rio Guamá, em Belém no Pará

**Término do projeto:** 2002

**Início da construção:** 2001

**Inauguração:** 2003

**Projeto de Arquitetura:** Studio de Miranda Associati  
( Milão - ITÁLIA)

**Concepção Estrutural:** SETRAN

**Projeto Estrutural:** Eng. Catão F. Ribeiro

**Construtora:** Consórcio Novo Guamá

**Empreiteira:** Probase, Construbase, Paulitec, Cidade

**Cabos / estais:** Belgo Mineira/Protende

**Fôrmas:** Consórcio Novo Guamá

**Controle de Qualidade:** Concretest Ltda



Construção com sistema de balanços sucessivos. Obra gerou doze mil empregos, diretos e indiretos



**IBRACON**

Sociedade Civil de âmbito nacional, de Utilidade Pública Federal e Estadual,  
sem fins lucrativos, conduzida por voluntários.

**Objetivos:**

Promover e divulgar o concreto e seus sistemas construtivos  
Articular harmonicamente os agentes da cadeia produtiva do concreto  
Disseminar a ética profissional em benefício dos consumidores e da sociedade  
Postular o desenvolvimento sustentável, respeitando o equilíbrio ambiental

**Produtos e Serviços:**

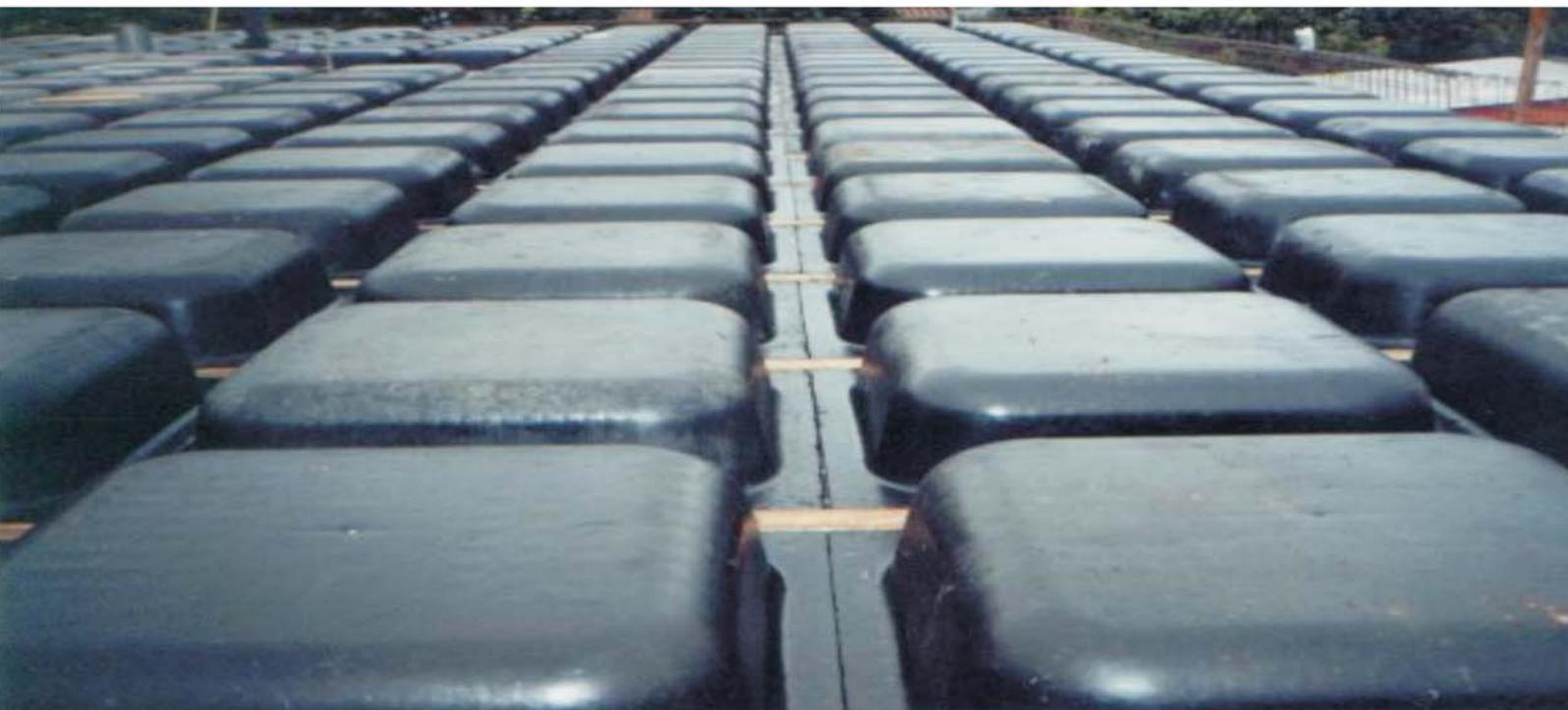
- Congresso Brasileiro do Concreto;
- Workshops e Palestras Técnico-científicas;
- Cursos de Atualização Profissional;
- Comitês Técnicos;
- Publicações Técnicas;
- Revista CONCRETO;
- Revista IBRACON de Estruturas - Structures Journal;
- Revista IBRACON de Materiais - Materials Journal;
- Informativo Tecnologia do Concreto Armado em Notícias;
- Newsletters sobre eventos ligados à cadeia do concreto;
- Certificação de Mão de Obra.

**Junte-se a nós**

**www.ibracon.org.br**  
**Fone: 11-3767-4106**



**BRASIL**  
**atex**  
A FÔRMA DA LAJE NERVURADA





## QUEM SOMOS

Somos uma Agência especializada em Comunicação Técnica com profissionais qualificados para fornecer o melhor para sua empresa. São milhares de páginas desenvolvidas na última década para vários segmentos do mercado.

## O QUE ESTAMOS QUALIFICADOS A OFERECER

- Manuais de Serviços / Oficina;
  - Manuais do Proprietário;
  - Manuais de Procedimentos;
  - Manuais de Especificações Técnicas;
  - Catálogos de Peças;
  - Boletins Técnicos / Serviços;
  - Apostilas e Material de Suporte para Treinamento;
  - Pôsters Técnicos;
  - Vídeos Técnicos / Promocionais;
  - Folhetos Técnicos / Promocionais;
  - Redação e Traduções Técnicas;
  - Ilustrações Técnicas / Raio-X / Artísticas (Gibis);
  - Computação Gráfica / Editoração Eletrônica;
  - Fotografia Técnica / Publicitária;
  - PDF Technology (Catálogos Eletrônicos, Treinamento a Distância, Catálogo de Produtos com Sistema de Pedidos, etc);
  - Multimídia / Gerenciamento Eletrônico de Documentos;
  - Internet;
- Entre outros.



UMA **SOLUÇÃO** NA MEDIDA PARA O SEU PROJETO,  
LEMBRE-SE, SUA EMPRESA É ÚNICA,  
E MERECE UMA SOLUÇÃO ÚNICA.

**Fone / Fax: (11) 4330-8461 \* 4123-0885**

**[www.asccomunicacao.com.br](http://www.asccomunicacao.com.br)  
[asccomunicacao@uol.com.br](mailto:asccomunicacao@uol.com.br)**

Av. Getúlio Vargas, 253 - Sala 2 - Baeta Neves - SBC - SP