

# CONCRETO

Ano XXXIII, Jun., Jul., Ago., 2005  
ISSN 1806-9673, nº 39  
www.ibracon.org.br



**IBRACON**  
Instituto Brasileiro do Concreto

## QUALIDADE: NA CADEIA PRODUTIVA DO CONCRETO



**RECORDES:**  
soluções tecnológicas  
e gestão ambiental



Compósito com  
fibra de carbono  
e concreto



**TECNOLOGIA:**  
concreto produzido  
em central em  
latinoamérica



# EMPRESAS E ENTIDADES LÍDERES DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL ASSOCIADAS AO IBRACON

## ADITIVOS



## ADIÇÕES



## REABILITAÇÃO



## PRÉ-FABRICADO



Escola de Engenharia de São Carlos - USP



PCC  
Escola Politécnica - USP



Universidade de Brasília



PEF  
Escola Politécnica - USP

## ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



UNIP



## ARMADURA



FIBRA STEEL



## ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



## PERÍCIAS



## JUNTE-SE A ELAS

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



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  
Carlos Eduardo Siqueira Tango  
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  
Ana Elizabeth Paganelli Guimarães  
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 Bautlouini 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

Publicidade e Promoção  
Arlene Regnier de Lima Ferreira  
arlene@ibracon.org.br

Projeto Gráfico  
SmartConsulting

Editor  
Fabio Luis Pedroso MTB 41728  
fabio@ibracon.org.br

Assinatura e Atendimento  
Mariana Lima  
mariana@ibracon.org.br

Gráfica: Iipsis Gráfica e Editora

As idéias emitidas pelos entrevistados ou em artigos assinados são de responsabilidade de seus autores e não expressam, necessariamente, 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 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  
Vitervo O'Reilly, MICONs, Cuba  
IBRACON

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

Auditorada pelo



# SUMÁRIO

## La industria de hormigón premezclado

De su origen al día de hoy

18



## Seção Especial

Controle Tecnológico na cadeia do concreto

06

## E MAIS...

- 3 Editorial
- 4 Converse com o Ibracon
- 6 Personalidade Entrevistada. Walmor Prudêncio
- 10 Tecnologia do Concreto e Cidadania
- 12 Construção civil e controle da qualidade
- 22 Controle tecnológico do concreto
- 26 Integração da infra-estrutura latino-americana
- 28 Rede Brasileira de Laboratórios de ensaio
- 30 Reações Expansivas em Estruturas de Concreto
- 34 CBDB
- 36 Programas interlaboratoriais
- 40 Qualificação de empresas de projeto
- 46 Responsabilidade do Controle
- 51 Confiabilidade dos resultados
- 54 Compósito de carbono e concreto
- 60 Resposta térmica do concreto
- 65 Recordes da Engenharia



Foto Capa: controle da qualidade da calda de injeção de cabos de protensão (CONCREMAT)

# A QUALIDADE BEM ASSESSORADA



Esta edição da Revista CONCRETO coincide com o encerramento da gestão 2003/2005 do IBRACON. Foram dois anos de profícuos trabalhos de valorização da cadeia produtiva do concreto, compromisso desta diretoria.

O quadro associativo dobrou em número de sócios individuais, mantenedores e coletivos. Conseguiu-se uma verdadeira valorização do sócio dando preferência a ele em todas as atividades e eventos. Não há mais premiados nem conferencistas, nem patrocinadores, que não sejam sócios. O quadro associativo dobrou em qualidade, em quantidade e em diversificação.

Esta revista firmou-se no contexto editorial técnico do país, chegando a ter disputa por anúncios além de ter sua circulação controlada pelo IVC Instituto de Verificação de Circulação, que atesta o número de exemplares e seu destino nas mãos de todos os sócios e cerca de outros 3.000 profissionais. Também as duas outras revistas científicas e eletrônicas (Materials & Structures) já são uma realidade ao lado do compêndio brasileiro de concreto escrito pelos 64 maiores especialistas do Brasil, sócios do IBRACON e autores do livro "CONCRETO: Ensino, Pesquisas e Realizações".

Não foram só vitórias, alguns percalços existiram sendo o principal deles a perda da nova sede. No começo da gestão, o IBRACON mudou para uma nova e espaçosa sede, o Arq. Ruy Ohtake doou suas horas para projetar a ocupação racional do novo espaço, a Diretoria e o Conselho aprovaram o projeto e o início das obras, mas infelizmente o destino e as prioridades do IPT não permitiram que ali permanecesse o IBRACON, contrariando os dez anos previstos em contrato. Agora o IBRACON, novamente sem sede funcional, anda à procura de um local adequado a suas necessidades de melhoria do ambiente de trabalho e de ampliação de suas atividades.

O IBRACON tem uma nobre missão de contribuir para o desenvolvimento do mercado de concreto com uma visão ampla, abrangente e sistêmica. Neste número, a matéria de capa está dedicada à valorização e reconhecimento do histórico, vitorioso e significativo papel das empresas de controle tecnológico na imagem e credibilidade das estruturas de concreto e do setor de construção civil no país.

O conceito de qualidade tem evoluído através dos anos e, há pouco mais de 30 anos atrás, Tecnologia se confundia com técnicas construtivas, Gerenciamento com caminho crítico PERT / CPM e Qualidade, Durabilidade e Sustentabilidade eram palavras que não faziam parte do vocabulário técnico do engenheiro civil.

No fim da década de 70, foi introduzido e implantado no país o conceito de "Avaliação de Desempenho", voltado principalmente para a análise de processos construtivos inovadores. O IPT, através da Divisão de Edificações, liderou a implantação desse programa no país, na realidade mais que um programa, tratava-se de difundir um conceito revolucionário e moderno à época.

Naquele tempo, o tema era objeto de pesquisas de pós-graduação na POLI e outros poucos centros de ensino e pesquisa no país, tais como PUC/RJ e UFRGS. Hoje em dia, o assunto é amplamente conhecido e dominado pela engenharia civil mundial, existindo inclusive uma organização internacional "WFTAO World Federation of Technical Assessment Organization", que congrega mais de 40 instituições em 32 países, unificando critérios de desempenho e credenciando organismos dedicados à aprovação técnica de processos inovadores na construção civil.

Também, no final da década de 70, foi introduzido o conceito de "Patologia e Terapia das Construções". Mais que um conceito, tratava-se de uma nova disciplina da engenharia civil, objeto também de dissertações e teses de mestrado e doutorado. Era preciso conhecer melhor o que de fato estava ocorrendo com algumas das obras de engenharia civil que apresentavam tão curta vida útil. Atualmente está amplamente difundido o conceito de "Life Cycle Cost" ferramenta indispensável para uma análise e escolha adequada de um certo processo construtivo exposto a particulares condições ambientais e de uso.

Em 1988, o então CEB, atual fib, publica o excelente texto "Quality Assurance for Building" lançando as bases dos conceitos de controle e garantia da qualidade na construção civil. No mesmo ano foi introduzida a conceituação abrangente de qualidade com a publicação da série ISO 9.000.

Atualmente, programas estaduais tipo Qualihab, instituído em 1.996 por um decreto do governo do Estado de São Paulo, estão francamente baseados nos conceitos da NBR 9.000 ISO e vêm promovendo uma implementação gradual ou "evolutiva" da qualidade. De forma semelhante, a nível nacional, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), promove a qualidade da construção no país.

Algumas constatações negativas das últimas décadas parecem ter despertado na sociedade a necessidade de uma visão de longo prazo. Nesse sentido o advento da ISO / NBR 14.000, dedicada à questão da preservação ambiental, e da NBR 6118 de 2003, que introduziu exigências explícitas de durabilidade nas estruturas de concreto, vieram dar uma nova visão e comprometimento à atuação produtiva. Some-se a essa evolução positiva a promulgação do Código de Defesa do Consumidor, lei 8.078 de 1.990, que estabeleceu a necessidade de obediência às normas brasileiras.

No caso das construções em concreto, além da preservação do meio ambiente, da gestão com qualidade, do atendimento às normas em geral, também o item segurança joga um papel importantíssimo. Toda estrutura de concreto deve ser estável e segura aos usuários e entorno. Pode-se afirmar que o setor de concreto, carro "chefe" da construção civil, sempre foi pioneiro no país na adoção de procedimentos de controle, conceituação de garantia, normatização de produtos e processos, critérios de amostragem representativa, gestão de interferências, compatibilidade de projetos, e outros relacionados à obtenção da qualidade.

As pioneiras empresas de controle tecnológico do concreto tiveram início na década de 50. Padronizar, amostrar, controlar, ensaiar, analisar, fazem parte do repertório das estruturas de concreto desde de seus primórdios há cem anos atrás.

Hoje não é possível imaginar obter uma segura e adequada estrutura sem a presença e a parceria das empresas de controle tecnológico. Em levantamento realizado recentemente entre os 14 grandes laboratórios associados da ABRATEC, foi constatado que há mais de 15mil toneladas em prensas a serviço do setor que molda, transporta, cura, ensaia e analisa cerca de 180.000 corpos-de-prova por mês, assessorando mais de 265 estruturas por dia e protegendo, atestando e registrando a qualidade diária de 7.700 m<sup>3</sup> de concreto estrutural, que tem apresentado apenas uma média de cerca de 2% de não conformidade nos últimos 5 anos.

Para realizar esse papel fundamental de apoio e proteção do setor e de prestação de serviços de qualidade à sociedade, a ABRATEC vem estimulando suas associadas a obterem a certificação de boa gestão empresarial dentro dos requisitos da série NBR 9.000 ISO e também se adequarem às estritas exigências da NBR 17.005 ISO/IEC, que orienta as operações da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios Tecnológicos, supervisionada pelo INMETRO.

O setor de concreto, uma vez mais, demonstra sua responsabilidade e sua confiança na melhoria da qualidade da construção civil, dando exemplo de seriedade e competência. Vamos em frente...

*Paulo Helene*

paulo.helene@poli.usp.br

# Converse com o IBRACON

### As Normas Brasileiras e o Código de Defesa do Consumidor

Venho parabenizar o IBRACON pela oportuna publicação da importância da obediência às Normas Técnicas Brasileiras.

*Fernanda Pereira*  
Sócio Individual. Categoria Azul. São Paulo

Muy interesante la información sobre la normatización brasileña y el Código de Defesa del Consumidor.

*Pedro Castro*  
Sócio Individual. Categoria Azul. Yucatán, México

### PAVIMENTOS DE CONCRETO

Gostaria de solicitar a correção da informação presente na página 30 da edição 36 da revista CONCRETO em artigo intitulado "Workshop discute o desempenho e a análise estrutural dos pavimentos".

Onde se lê: "Andréa Severi, engenheira da Votorantim, fez uma palestra sobre a tecnologia de Whitetopping ultradelgado, reletindo (sic) 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 clima tropical brasileiro.

Leia-se: "Andréa Severi, engenheira da Votorantim, fez uma palestra sobre o Estado da Arte das Técnicas de Dimensionamento dos Pavimentos de Concreto Simples no Brasil, apresentando a experiência brasileira na tecnologia de Whitetopping Ultradelgado e em pavimentos de concreto simples, para o qual foram apresentados os modelos de previsão de temperatura e tensões, implementados na instrução de projeto IP-07 da Prefeitura Municipal de São Paulo. Foi destacado o empenho em pesquisas aplicadas, em especial ao doutorado em andamento da pesquisadora Tatiana Cervo, sobre o comportamento a fadiga do concreto. A palestrante concluiu pela revisão do método de dimensionamento de pavimentos

de concreto simples empregado atualmente no Brasil."

*Andréa Arantes Severi*  
Sócia individual. Categoria Azul. São Paulo

### DEBATE TÉCNICO SOBRE INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

Parabéns ao IBRACON pela promoção do debate técnico sobre Pontes e Viadutos. Acredito que estas iniciativas são muito importantes no sentido da conscientização para o problema da manutenção de obras de arte. Aproveito para perguntar onde conseguir o "Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón" da Red Rehabilitar, impresso em papel.

Como tenho trabalhado na área de obras de arte, principalmente em inspeção e manutenção aqui na Prefeitura de Piracicaba, gostaria de saber se é possível a realização de algum estudo em nível de pesquisa sobre nossas obras, que pudesse ser tema de Doutorado, dentre as possibilidades, nas linhas de inspeção, diagnóstico, reparo, reforço ou outra. Acredito que com um tema local com o objeto pertencente ao patrimônio do Município eu teria apoio Institucional para realização do mesmo.

*Eng. José Artur Rocchia Dal Pozzo Arzolla*  
Prefeitura do Município de Piracicaba  
Secretaria Municipal de Obras - Departamento de Obras Públicas

IBRACON: O "Manual de Rehabilitación de Estructuras de Concreto" de autoria da Red Rehabilitar foi vendido durante o Debate Técnico e você poderia tê-lo adquirido. Você pode obtê-lo impresso na Degussa (ex-MBT do Brasil). Sobre o assunto como tema de Dissertação de Mestrado em cursos de pós-graduação tipo "stricto sensu", podemos lhe assegurar que é pertinente e interessante e que o IBRACON apoiará sua iniciativa junto a algum dos vários Centros de Ensino e Pesquisa em concreto no país.

### Mercado Nacional

Gostaria de salientar que os autores do artigo "O Banco Interamericano de Desenvolvimento e os Projetos de Parceria Público-Privado no Brasil",

presente na revista CONCRETO ed. 38, são: Ricardo Mendes – mestre em Relações Internacionais (Cambridge) e diretor adjunto da Prospectiva, e Carla Tomazini, analista da Prospectiva.

Ricardo Sennes,  
Diretor Executivo da PROSPECTIVA. Colaborador da revista CONCRETO.

### Manifesto Público

Lendo o MANIFESTO PÚBLICO – IBRACON (Lições do Areia Branca), concordo com a necessidade e urgência de leis federais/estaduais/municipais que estabeleçam (e que sejam cumpridas) quanto às INSPEÇÕES PERIÓDICAS, e também com as propostas quanto à MÃO-DE-OBRA, ENSINO, EXERCÍCIO PROFISSIONAL E REGRAMENTO TÉCNICO. Assim sendo concordo com tal manifesto em gênero, número e grau.

Entretanto Professor, preocupo-me pois entendo que não possuímos em nossa sociedade um certo grau de amadurecimento que também aceite tais leis que tratem da Inspeção Periódica. Tal “não-amadurecimento” é refletido em nossos governantes e representantes nos âmbitos da União, Estados e Municípios, visto que o Poder Público (nos três âmbitos) é o maior proprietário de obras civis. Será que uma lei que obrigue a realização de Inspeções Periódicas também de obras públicas “pegaria” em nosso país? (não gosto de usar este termo, visto que uma lei não é para pegar ou não pegar, é para ser cumprida).

Será que uma lei sobre Inspeções Periódicas, em função do poder Público, não deixaria de ser séria, cairia no esquecimento e, pior, cairia sua necessidade??? Temos com exemplo a Lei de Responsabilidade Fiscal, pois até agora ninguém foi punido.

Gostaria de saber Professor, como o Sr. encara esse fato e se entende que tal situação existiria. Quero deixar bem claro que não sou contra tais propostas de leis que regularizem e promovam melhorias em nosso ramo de atividade, apenas me preocupo em como a sociedade (Pública e Privada – principalmente a primeira) as receberiam.

Roberto Ramos de Freitas  
Prof. Curso de Engenharia Civil  
Faculdades Integradas D. Pedro II. São José do Rio Preto

IBRACON: Agradeço sua mensagem. Concordo com você que é muito difícil de mudar uma cultura acomodada. Certamente muitos não vão cumprir no começo, mas à medida que forem tomando consciência e vendo que outros estarão tendo vantagens duplas (não serão multados e também terão obras mais seguras e mais duráveis, com gastos de manutenção menores) irão aos poucos aderindo.

Hoje no Brasil todos usam cinto de segurança e se possível querem carro com “air bag” e freios ABS. Será que sem uma lei e sem multas seria assim? Hoje nem precisa lei, pois já foi “construída”, meio na marra, uma NOVA cultura.

É essa NOVA cultura que queremos “construir” no meio técnico e na sociedade e uma lei pode ajudar muito na velocidade de incorporação de novos procedimentos em benefício de TODOS.

### Tecnologia do Concreto

Qual a diferença entre o concreto rodado na obra e o usinado com relação à quantidade de água, e qual sua influência na resistência do concreto ?

Eng. Marcio Freire  
Construtor. Sócio Individual. São Paulo

IBRACON: A quantidade de água é o fator mais importante na tecnologia de concreto. Controla sua compacidade, resistência, deformabilidade e durabilidade (vida útil). Tanto concreto dosado em obra ou usinado deve ter controlado o teor de umidade dos agregados, o qual influencia diretamente na quantidade final de água a ser acrescentada. Evidentemente em obra, em geral, esses controles de água, de massa (proporção entre materiais constitutivos), de eficiência do equipamento de mistura, de mão-de-obra treinada, é muito mais raro e menos freqüente que aqueles que podem ser realizados em uma Central de Concreto. Manter os materiais estocados na obra, separados em baias e cobertos por lona seria uma forma de melhor controlar a qualidade do concreto rodado no canteiro.

### Concretagem

Tenho uma peça esbelta e o acesso é difícil, qual a melhor solução para uma concretagem? Qual a variabilidade do abatimento do tronco de cone?

Enga. Mirella Gonçalves - estudante

IBRACON: Peças esbeltas geralmente possuem armaduras densas o que dificultaria a penetração dos agregados. A NBR 6118 limita o espaçamento entre barras transversais e longitudinais em 1,2 e 0,5 do Ø máximo do agregado, respectivamente. Várias soluções poderiam ser dadas, entre elas, a utilização de um concreto bombeado com abatimento superior a 16cm. Hoje no mercado existem aditivos específicos, com funções específicas para concretos. Alguns deles melhoram a deformabilidade dos concretos frescos quando submetidos a um meio de compactação, eliminando a formação dos flóculos provocados pelas forças de atração de Van der Wall. Todo aditivo deve ser estudado em conjunto com o cimento, conforme ASTM-C-266 (compatibilidade cimento-aditivo). Considere porém que hoje é possível dosar um concreto para cada necessidade, tipo, é sempre possível produzir um concreto sob medida para o cliente. O abatimento ou Slump-Test tem suas tolerâncias conforme NBR 7212 (execução de concreto dosado em central)

De 10 a 90mm	± 10mm
De 100 a 150mm	± 20mm
acima de 160mm	± 30mm

# Walmor José Prudêncio



## **Prof. Walmor José Prudêncio**

Arquiteto, Mestre, Doutor, Prof. Titular e Professor Emérito da FAU, UFRJ. Membro do Conselho de Administração da Empresa Concremat Engenharia e Tecnologia. Professor de Patologia das Construções do programa de pós-graduação da COPPE/UFRJ. Conselheiro do IBRACON de

1985 a 1995. Diretor Regional do IBRACON no Rio de Janeiro de 1981 a 1997. Recebeu em 1982 o Prêmio Gilberto Molinari do IBRACON e o Diploma outorgado pelo INT e ABCP em 1982, pela contribuição no aprimoramento da tecnologia do cimento e do concreto no país. Presidiu a comissão que organizou e realizou, no Rio de Janeiro em 1995, o 30º Congresso Brasileiro do Concreto, que deu origem à interiorização perene desses Congressos nos Estados da União, com o apoio dos Diretores Regionais. Vem desenvolvendo atividades de tecnologia dos concretos e controle da qualidade da execução de estruturas em diversas obras, entre as quais se pode destacar: Construção de Brasília (1956-1960); Edifício Sede da Petrobrás (RJ); Refinaria Duque de Caxias (RJ); Edifício Sede da Caixa Econômica Federal (RJ); Centro de Pesquisas da Petrobrás (RJ); Edifício Sede da Caixa Econômica Federal, (POA/RS); Portos de Apoio à Transamazônica (PA); Conjunto de Obras da Companhia Vale do Rio Doce (São Luiz/MA); Super-Porto do Rio Grande do Sul; Obras do Metrô do RJ; Construção da Cia. Siderúrgica de Tubarão (Vitória) e da Aço Minas (Ouro Branco/MG), entre outras. O Prof. Walmor Prudêncio também é autor de mais de 60 trabalhos em congressos nacionais e internacionais. Em 1998 recebeu o honroso título de Sócio Honorário do IBRACON.



**IBRACON:** O concreto ainda pode ser considerado um material importante para a construção de estruturas no país e no exterior?

**Walmor Prudêncio:** Nos dias atuais, o Concreto Armado e Protendido ainda não encontrou um material que o substitua plenamente em todo o seu potencial e versatilidade, para a execução de estruturas. É o mais jovem dos materiais estruturais e ainda sem concorrente em usos, economia, resistência e durabilidade.

**IBRACON:** É possível indicar algumas estruturas, ainda hoje, que testemunham a evolução tecnológica do emprego do concreto nas construções?

**Walmor Prudêncio:** Consideramos que nos dias atuais ainda admiramos as construções romanas antigas. Um dos principais marcos históricos da aplicação de um concreto "primitivo" é o "Panteon" de Roma, construído por Marcos Agrippa (27 a.C.) e reconstruído pelo imperador romano Adriano (117-125 dC), quando construiu a cúpula de concreto, com diâmetro de 43,40m. Para reduzir o seu peso, foi usada uma contra fôrma de bronze com reentrâncias formando caixões. O concreto primitivo utilizado foi amassado com água, cal aérea, areia oriunda da cidade de Puzzuoli, próxima do Vesúvio (pozzolana) e agregados de tufos vulcânicos "britados" manualmente.

Em 1630, o Papa Urbano VIII mandou retirar o bronze da contra fôrma para que o Arquiteto Bernini, construísse com esse material o baldaquino papal, no transepto da Basílica de São Pedro, ficando desse modo à vista o concreto da cúpula ainda perfeito nos dias atuais, constituindo uma das maiores atrações turísticas do "Panteon".

A partir do início do Século XIX, o concreto moderno é descoberto e inicia uma evolução vertiginosa relacionada com o progresso tecnológico das nações.

Descortinava-se para o concreto um enorme desenvolvimento, compreendido aqui como a introdução, na produção dos cimentos, do resultado do conhecimento e adequação do uso em função das propriedades mecânicas do material e do seu desempenho sob a ação do intemperismo.

No Brasil, destacamos os edifícios "A Noite" na Praça Mauá (1928-1931), o edifício Martinelli em São Paulo (1929) e o Palácio da Cultura na Explanada do Castelo no Rio de Janeiro, de 1945. Os dois edifícios do Rio de Janeiro com as estruturas calculadas e projetadas por Emílio Baumgart. O acompanhamento tecnológico que realizou nessas obras foi a base avançada do controle tecnológico das estruturas de concreto, consolidada muitos

anos depois com a fundação, por Caldas Branco, da primeira empresa brasileira de controle tecnológico do concreto. No século XX, atinge o material o que foi considerado o período poético das estruturas de concreto armado, com a participação dos Arquitetos Le Corbusier na França, Oscar Niemeyer e Lúcio Costa no Brasil, entre outros.

**IBRACON:** O concreto permite evolução ou suas propriedades já estão conhecidas e limitadas?

**Walmor Prudêncio:** Nos dias atuais as perspectivas e propriedades dos concretos de alto desempenho (CAD ou HPC) estão possibilitando projetar estruturas mais esbeltas, proporcionando apreciável redução de peso e ganhos de áreas livres. Em alguns projetos, o CAD compete com as estruturas metálicas.

Como modelo avançado do emprego de estruturas de CAD, destacamos o Arco de la Defense, em Paris, cujo projeto vencedor foi do Arquiteto Otto Von Spreckelsen. O monumento tem a forma de um cubo vazado, formando um pórtico de 75m de largura por 100 m de altura.

Urbanisticamente, completa o traçado da Avenida dos Campos Elísios, estando alinhado com o Arco do Triunfo e a pirâmide do Louvre.

Outro desenvolvimento é o da incorporação de fibras (aço, polipropileno, vidro, etc) e da produção de concretos auto-adensáveis (CAA ou SCC), em função do desenvolvimento de aditivos superplastificantes de última geração.

**IBRACON:** Quais as tendências para as futuras estruturas?

**Walmor Prudêncio:** Estamos testemunhando uma forte tendência dos estruturalistas e arquitetos de projetarem estruturas mistas de CAD com perfis metálicos, para edificações diversas e obras de arte. Como exemplos citamos as estruturas da Estação do Oriente na Expo 98 em Lisboa, projeto de Santiago Calatrava, arquiteto espanhol, com doutorado na Suíça. Por outro lado, o CAD tem sido empregado como a grande alternativa aos perfis metálicos na construção de torres tipo arranha-céus por sua maior rigidez e segurança, como o caso das torres de Kuala Lumpur Petronas Towers. Toda em concreto de  $f_{ck} = 60\text{MPa}$ .

**IBRACON:** Qual o papel do controle tecnológico do concreto no cenário atual da Construção Civil?

**Walmor Prudêncio:** O controle tecnológico do concreto e dos seus materiais constituintes é nos dias atuais uma poderosa ferramenta para racionalizar a

“O Concreto Armado e Protendido ainda não encontrou um material que o substitua plenamente em todo o seu potencial e versatilidade”

execução das estruturas e o combate ao desperdício e ao empirismo, tão ao sabor dos nossos canteiros de obras, e indispensável para o controle da qualidade da estrutura. Declaramos, entretanto, que o controle tecnológico, por si só, não pode responder integralmente pelo desempenho final da estrutura em construção.

Há alguns anos, dava-se ênfase ao controle da resistência à compressão do concreto, considerando que quando as mesmas atendiam as tensões de dimensionamento, todas as demais propriedades, por extensão, estavam conformes. É importante destacar que os ensaios tecnológicos dos materiais e do concreto resultante informam sobre as propriedades da produção, mas não quanto ao desempenho da estrutura; o que estabelece o nível da qualidade da estrutura está relacionado com o detalhamento personalizado e um plano de controle de execução, visando eliminar a prática da introdução dos erros ocultos e não conformidades.

O projeto, por sua vez, deve em condições normais, ser dimensionado para atender as tensões solicitantes e desenvolvido considerando o microclima, a exposição a agentes de poluição do meio, com suficientes detalhes de execução, e a definição física e numérica das tolerâncias dos desvios admissíveis.

---

**IBRACON:** A nova NBR 6118/03, apresenta requisitos que favorecem a obtenção de qualidade na execução de estruturas de concreto armado?

**Walmor Prudêncio:** Partindo do princípio de que qualidade é uma grandeza de valor relativo, podemos afirmar que o desempenho da estrutura será adequado quando um programa de controle tecnológico for implantado e as recomendações da nova NBR 6118/03 forem praticadas. O que mede a qualidade é o controle da tolerância dos desvios, para que os mesmos mantenham-se dentro dos limites estabelecidos nas Normas e Especificações, no que for próprio; na falta de especificações brasileiras para as etapas da execução, as tolerâncias aceitáveis que definem o nível da qualidade na execução das estruturas são encontradas nas Normas do ACI: "General Building" (ACI-301, 302, 347); "Special Structures" (ACI-316, 347). "Precast Concrete" - (ACI-347, 533); "Materials" - (ACI - 318, 349, 301, 315, 531, 543).

---

**IBRACON:** Que recomendações podem introduzir melhorias sensíveis para o desempenho racional das estruturas de Concreto Armado?

**Walmor Prudêncio:** Obter do projetista da estrutura detalhes executivos, personalizados, desenvolvidos de acordo com a nova NBR 6118/03. Executar com suficiente antecipação os ensaios especificados para o concreto e os seus materiais constituintes; estabelecer o programa de controle e garantia da qualidade; orientar com grandezas físicas e numéricas as tolerâncias admissíveis para as etapas dos serviços, em lugar do hábito de transmitir teorizações acadêmicas aos homens do canteiro, instituindo a prática do auto-controle da qualidade. É importante não perder de vista que as patologias das estruturas de concreto são resultantes da ruptura do equilíbrio provocado pela intensidade dos agentes solicitantes e/ou agressivos ao longo do tempo e que agem a partir das deficiências muitas vezes implantadas na construção, por ausência do controle da qualidade efetiva, no canteiro de execução da estrutura. Recomenda-se implantar um "check list" para inspeções periódicas para avaliar o nível da qualidade da produção e propor as melhorias que se fizerem necessárias, para correção de rumos a serem controlados pela gerência da obra.

---

**IBRACON:** Que seqüência de providências considera adequada para aumentar o tempo de vida útil das estruturas de concreto armado?

**Walmor Prudêncio:** As estruturas de Concreto, devem ser projetadas para um ciclo de vida útil mínimo pré-estabelecido, para que possam envelhecer com dignidade. Entretanto, para que essas condições sejam atingidas plenamente, além do dimensionamento para atender o equilíbrio estrutural, devem ser praticadas as atividades:

1. Desenvolver o projeto com as recomendações previstas na nova NBR-6118/03, quanto aos agentes agressivos, inclusive em relação ao microclima.
2. Serem elaboradas especificações e detalhes executivos personalizados, para leitura pelos encarregados do canteiro de obras.
3. Com suficiente antecedência, ser ensaiado o concreto e seus materiais constituintes e estabelecido um programa de controle tecnológico, para obter racionalização no atendimento às especificações e ao projeto.
4. Implantar um programa de garantia de qualidade, com a indicação das tolerâncias baseadas na NBR e ACI, para a execução de cada etapa, gerenciando o controle da qualidade durante a construção.
5. Elaborar e fornecer aos usuários, para a pós-ocupação, um manual de conservação preventiva da construção, focando no que for próprio à proteção da estrutura de concreto.

“O controle tecnológico do concreto e dos materiais constituintes é uma poderosa ferramenta para racionalizar a execução das estruturas e o combate ao desperdício”

**IBRACON:** *O que você acha da contribuição do IBRACON no desenvolvimento da construção civil no país, principalmente no tocante à transferência de tecnologia empresa-universidade?*

**Walmor Prudêncio:** O IBRACON, desde a sua fundação, vem sendo um grande Forum independente onde o desenvolvimento e aprimoramento das tecnologias relacionadas com a Engenharia das Estruturas de Concreto são apresentadas, discutidas e difundidas. O sucesso da sua continuidade deve-se, em grande parte, por proporcionar um palco para os que investigam no campo da tecnologia e recebem a compensação ao colocarem os seus trabalhos a serviço da sociedade. Um componente forte do Instituto é a sua presença em todo o Brasil, através das Diretorias Regionais, que facilitam a intercomunicação com o seu quadro de associados, possibilitando um precioso intercâmbio de informações relativas às pesquisas e conquistas no campo da tecnologia dos concretos. As Diretorias Regionais proporcionam ainda o apoio à organização das Reuniões Anuais, precioso veículo de divulgação e de reciclagem de conhecimentos postos a serviço da sociedade pelo IBRACON.

A sua organização até hoje também está atenta à globalização, ao abrir a oportunidade para que investigadores e profissionais especializados do exterior, como conferencistas, exponham o resultado de suas pesquisas com toda a independência, possibilitando uma ágil troca de informações.

Podemos ainda considerar que o IBRACON se constitui numa sólida ponte com mão dupla para a transferência de tecnologia com as Universidades, inspirando também as linhas de investigação e proporcionando não só a divulgação dos conhecimentos correntes de desempenho, como também nas conquistas de novas tecnologias. É também uma entidade que estimula a capacidade de criação dos investigadores, possibilitando que os resultados dos seus esforços tenham suficiente projeção social no desenvolvimento da construção civil, agregando valor na racionalização dos projetos, tecnologia dos concretos e na execução de estruturas seguras e duráveis ♦

“O IBRACON é uma entidade que estimula a capacidade de criação dos investigadores, possibilitando que os resultados dos seus esforços tenham suficiente projeção social no desenvolvimento da construção civil”

A Concremat-Qualimat tem a primeira e a última palavra quando o assunto é

# Qualidade do concreto



Quando foi fundada, há 53 anos, a Concremat-Qualimat foi a primeira palavra em controle da qualidade do concreto no país.

Atualmente, presta serviços de controle da qualidade da construção, patologia e monitoramento em tempo real e inspeção da qualidade de produtos e processos.

Pioneirismo e excelência fazem parte da nossa história. Quando o assunto é a qualidade e a durabilidade do concreto quem tem a primeira palavra é a Concremat-Qualimat. E a última também.

**CONCREMAT**  
QUALIMAT

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

## Puede Ejercerse la Tecnología también la con Ciudadanía?

Pedro Castro-Borges,  
Investigador Titular, CINVESTAV-Mérida  
Presidente de honor de ALCONPAT

### Introdução

Podemos hacerle esta pregunta al niño de 9 años o al anciano de 80 que caminan como abuelo y nieto por la playa. La respuesta será muy parecida a la que daría la mayor parte de la gente que vive en ese ambiente:

- ◆ ...se deteriora porque el salitre del mar se la come!
- ◆ ...tiene el cáncer de la corrosión!...

Pocos de ellos pueden darnos información más relevante de las verdaderas causas, que quizá, aún muchos de los que tenemos cierta preparación, no conocemos ni entendemos por completo.

Lo cierto es que, si ese anciano, ese pequeño, y en general, la gente que no tiene conocimientos en el área de la corrosión y las patologías de la construcción, pudiesen ayudar a crear cultura de prevención del problema, la respuesta a la pregunta sería diferente. Imaginemos su supuesta respuesta en este caso:

- ◆ ...se deteriora porque la sal del mar afecta al acero de concretos mal hechos!
- ◆ ...se deteriora porque el diseño arquitectónico y estructural de la obra no es adecuado!
- ◆ ...se deteriora porque el acero quedó muy superficial o expuesto!...etc.

Es decir, las respuestas, si bien ya no serían coloquiales, tampoco serían muy técnicas, pero, desde luego, denotarían una apropiación de un conocimiento y su utilización para comprender el fenómeno.

### Logros

Lograr lo anterior no es fácil, pero tampoco imposible. Hace ya varios años, un grupo de investigadores que incluyó, entre otras profesiones, a ingenieros civiles, arquitectos, antropólogos, biólogos y físicos, se dio a la tarea de interactuar en un pequeño puerto, donde la mayor parte de la gente es ama de casa o pescador, y donde el nivel de estudios de la mayor parte de la gente es bajo, con mucha gente que no sabe leer ni escribir bien. Mediante técnicas de participación comunitaria, los antropólogos nos enseñaron a los profesionistas a illegramos! a la gente.

Con una interacción y guía en donde ellos opinaron con su sentido común y los moderadores traducían nuestro conocimiento a su lenguaje, se logró que estas gentes concibieran una vivienda durable, generaran cultura de prevención de corrosión (apropiación de conocimientos básicos aún sin saber leer y escribir), e incluso, que

participaran activamente en la construcción aplicando los conceptos adquiridos.

La Fig. 1 muestra una foto de algunas de las sesiones de entrenamiento, la Fig. 2 una de las etapas de construcción y la Fig. 3 la vivienda terminada, bautizada como el palafito de San Crisanto (nombre del Puerto). Las respuestas que en el párrafo de arriba sugerí como supuestas, ahora son una realidad.

Gracias a esta interacción, la gente del pueblo ha hecho ahora un gran trabajo que para nosotros es bastante difícil, la divulgación!. Ellos ahora están conscientes, opinan y tratan de cumplir aspectos elementales para que sus viviendas no se deterioren. Pero lo más importante, es que ya empiezan a pasar este conocimiento a sus hijos y otros ciudadanos.

Las causas fundamentales por las que una



Figura 1 - Ciudadanos de San Crisanto entrenándose en conceptos de corrosión.

estructura se deteriora pueden ser claramente entendidas por cualquier persona, sin importar si es ingeniero, arquitecto, estudiante de secundaria o ama de casa.

Una de ellas es la utilización de materiales de construcción inapropiados. Por ejemplo, la gente de San Crisanto sabe que no se debe usar arena de mar con fines estructurales y que debe ser lavada para ser usada en acabados. Esta gente entendió en su momento, sin mayores problemas lo que es granulometría, y por lo tanto comprendió el porque no usar la arena de mar sin antes tratarla.

Otra causa es la utilización de materiales buenos pero que no son aplicables al trabajo que se realiza, ya sea técnica, económica o arquitectónicamente.

La gente de San Crisanto entiende ahora porqué, por ejemplo, no es correcto usar pinturas al acero para protegerlo de la corrosión cuando está embebido en el concreto, si no se conoce el tipo de pintura y no se hace una buena preparación superficial.

Una causa más de deterioro es la supervisión que puede ocasionar problemas por inexperiencia o corrupción. En San Crisanto, difícilmente ahora un usuario permita que a su concreto "se le eche agua de más para facilitar el hormigonado".



Figura 2 - Ciudadanos de San Crisanto participando en la construcción de su Vivienda.

Una de las causas que más ocasiona el deterioro de la infraestructura es el mismo diseño arquitectónico y estructural de la misma. Desafortunadamente, la falta de currícula especializada en ésta área para los alumnos de ingeniería y arquitectura, ocasiona que los proyectos, desde su concepción, propicien el deterioro por corrosión u otras patologías.



Figura 3 - Vivienda tipo Palafito de concreto terminada y con vida útil estimada de más de 50 años.

## Conclusiones

Usted y yo, que ahora conocemos unas cuantas causas del problema, y estamos concientes de que es posible hacer saber a la comunidad menos preparada, cuidemos y hagamos cuidar de esos detalles que retrasarán los daños a nuestras obras y podrán contribuir en mucho para el desarrollo de nuestros países y a mejorar la calidad de vida de nuestros pueblos ♦

## Agradecimientos

*El proyecto Palafito fué realizado con el apoyo parcial de CONACYT, Gobierno del Estado de Yucatán, CINVESTAV-Mérida, Fondo de Conservación de la naturaleza, Univ Marista de Querétaro, CEMEX y Galvex.*

Controle do concreto  
Concreto com fibras  
Controle de obras em terra  
Auditoria tecnológica  
Sondagem a percussão:  
- manual  
- mecanizada com martelo automático  
Sondagem rotativa  
Poços de monitoramento  
Instrumentação de obras  
Remediação de solos contaminados  
Contenções  
Intervenções geotécnicas  
Provas de carga  
Densificação por explosão  
Injeções químicas  
Televisamento das paredes de furos

011/4196-5440  
www.alphageos.com.br

# Os Laboratórios de Controle Tecnológico e de Qualidade e o INMETRO

Fábio Luís Pedrosa  
Assessor de Imprensa - IBRACON

A crescente competitividade no setor da construção civil, o avanço tecnológico na pesquisa e na aplicação dos sistemas construtivos em concreto e a abertura do mercado brasileiro para o Mercosul e a globalização têm levado as construtoras a agregar eficiência e qualidade em seus métodos construtivos. O objetivo vai sempre no sentido de reduzir os custos. “Os gastos da manutenção corretiva, em razão de deficiências na execução do empreendimento, são estimados em 12% do valor da construção para os primeiros cinco anos de vida útil da edificação”, pontua o eng. Ruy Thales Baillot, presidente da Associação Brasileira de Empresas de Tecnologia da Construção Civil (ABRATEC), em artigo para esta edição da revista CONCRETO.

Participantes decisivos neste contexto de busca contínua de produtividade, qualidade e rentabilidade na construção civil, os laboratórios de controle tecnológico e de controle de qualidade têm a missão de lastrear produtos e serviços das empresas para o consumidor intermediário ou final. Os laboratórios de controle tecnológico verificam as condições de uso e de manipulação de materiais utilizados nas obras, tais como o concreto, o aço, as fôrmas, as estacas, etc. Já os laboratórios de controle de qualidade garantem as especificações dos projetos na execução da obra, as técnicas construtivas mais adequadas e eficientes, realizadas por profissionais especializados e adequadamente treinados, dentre outros requisitos de gestão. “O controle tecnológico em obras de construção civil importa investimentos na ordem de 05% a 2% de seu custo total”, completa Baillot.

Para subsidiar projetos executivos de obras, a empresa Alphageos realiza sondagens de percussão do solo, que consiste na perfuração através de trados helicoidais vazados acionados por sondas rotativas montadas sobre chassi de caminhão e na coleta rápida e precisa das amostras pelo martelo automático. A análise das amostras permite fazer a caracterização do solo, quanto à granulometria, minerais presentes, compactidade e origem geológica, dados que servirão para elaborar projetos que garantirão a maior segurança e durabilidade das obras. Em etapas subsequentes, as empresas de controle tecnológico encarregam-se de avaliar a matéria-prima concreto. A empresa Engenharia e Pesquisas Tecnológicas (EPT), por meio de seu departamento de tecnologia de materiais da construção civil divide seus ensaios em cinco grandes campos: materiais constituintes do concreto; concreto fresco; concreto endurecido; ensaios em estruturas; e ensaios em materiais diversos, entre os quais se inclui os blocos de concreto.

Os laboratórios de controle tecnológico atuam também na inspeção e revitalização de estruturas de con-

creto. Para a revitalização da hidrelétrica de Rio das Pedras, a Companhia Energética de Minas Gerais contratou a Concremat para avaliar a durabilidade da estrutura de concreto da usina, localizada no município de Itabirito. Durante as avaliações foram usadas técnicas modernas de ultrasonografia e de processos eletro-magnéticos, além de alpinismo para acessar a chaminé de equilíbrio e levantar os dados relativos à geometria da usina. Dentre outras atividades de recuperação e reforço de estruturas citam-se: dosagem e aplicação de concreto e de argamassas; tratamento de fissuras ativas e passivas e de armaduras; aplicação de proteção superficial em estruturas de concreto; recuperação estrutural em fachadas; grauteamento; atividades executadas por empresas nacionais como L.A. Falcão Bauer (Centro Tecnológico de Controle da Qualidade), Lenc (Laboratório de Engenharia e Consultoria), Betontec Tecnologia e Engenharia, Teste Tecnologia e Engenharia e Concreteste Tecnologia em Materiais, JBA Engenharia e Consultoria, Fundação Paulista de Tecnologia e Educação, dentre outras.



Moldagem de placas para ensaios em concreto projetado

Para aferir a credibilidade dos laboratórios, no sentido de garantir ao mercado a idoneidade e competência dos mesmos, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) implantou o mecanismo da acreditação. A acreditação do laboratório ou do certificador subentende a comprovação de sua competência técnica e implica em sua aceitação internacional. Ela envolve a análise de documentação do certificador, sua participação em testes de proficiência e a inspeção das instalações laboratoriais, para verificar se estão adequadas aos requisitos de acreditação. A necessidade da acreditação torna-se ainda maior na medida em que, com a busca



Testemunhos de perfuração em solo e rocha

crescente por certificação pelas empresas prestadoras de serviços, houve um boom de laboratórios de controle tecnológico e de empresas certificadoras de qualidade no mercado brasileiro. "Teve um acréscimo considerável de dois anos para cá, de empresas nacionais e estrangeiras, participando do setor de certificação gerando um aumento no processo de acreditação pelo INMETRO", enfatiza José Joaquim do Amaral Ferreira, presidente da Associação Brasileira de Avaliação e Certificação da Conformidade (ABACC).

Os laboratórios acreditados compõem a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE), através da qual participam de programas de proficiência (programas interlaboratoriais), que permitem a comparação dos resultados dos laboratórios associados em relação ao mesmo ensaio quanto aos critérios de confiabilidade. "Este pro-

grama enseja ao laboratório a melhoria da confiabilidade metrológica de seus resultados e dos métodos de ensaio, fornecendo informações sobre influência de equipamentos, dos operadores e da metodologia nos resultados", argumenta Luiz Eduardo Ribeiro do INMETRO, em artigo para esta edição.

Permeando essa rede, as associações dos laboratórios de ensaios e das empresas certificadoras desempenham o papel de estimular o segmento, por meio de um conjunto de atividades que envolvem: disseminar a importância da acreditação dos laboratórios e dos certificadores; promover debates e seminários técnicos com vistas a harmonizar os certificadores nos processos de avaliação e certificação; incentivar a participação dos laboratórios nos programas interlaboratoriais; divulgar a importância da gestão tecnológica e da qualidade; representar os associados juntos aos programas de qualificação de órgãos públicos e privados, valorizando o setor nacional frente à competitividade de estrangeira. "A ABACC tem impetrado e ganho as ações na Justiça contra editais que exigem a participação de certificadoras estrangeiras", conclui Amaral ♦



Perfuração com equipamento mecanizado de soldagem com emprego do trado vazado estanque (hollow stem auger)

## DEPOIMENTO

Dr. Marcelino Rafart de Seras  
Diretor Presidente da Ecorodovias

Como representante da EcoRodovias, holding controladora da ECOVIAS dos Imigrantes, devo ressaltar a longa e profícua parceria que mantivemos e vimos mantendo com empresas de tecnologia da construção civil que possuem acreditação segundo a ISO 17.025. De fato, essas parcerias tiveram início nas primeiras semanas de trabalho da equipe de projetos da ECOVIAS que colocou esse requisito de qualidade como condicionante para a contratação de serviços técnicos de investigações e ensaios de laboratório tanto de solos e pavimentos, quanto de concreto e, conseqüentemente, de todos os trabalhos de controle tecnológico e da qualidade que se seguiram. Portanto foram iniciadas em maio de 1998, quando assumimos a concessão do Sistema Anchieta-Imigrantes e o desafio de levarmos a bom termo a construção da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes - nossa mais importante obrigação contratual e a maior das obras propostas às 12 concessionárias integrantes do Programa de Concessões Rodoviárias do Estado de São Paulo.

A experiência e a competência das equipes lideradas pelas empresas de tecnologia foram fundamentais para que obtivéssemos pleno êxito em nossa empreitada. Foram elas as responsáveis, entre outros, pelo controle tecnológico de todo o concreto e aço utilizado no revestimento dos mais de oito quilômetros de nossos túneis, na construção de mais de quatro quilômetros de viadutos e em todo o pavimento da nova rodovia.

Em dezembro de 2002, quando fizemos a entrega ao tráfego de seus 21 quilômetros de extensão, pudemos nos orgulhar de estar oferecendo aos nossos usuários uma das mais modernas rodovias da América do Sul. As empresas de tecnologia da construção civil mereceram uma significativa parcela desse mérito.

As equipes das empresas de tecnologia estão até hoje em atividade, sendo responsáveis, entre outras tarefas, pelas auditorias de gestão tecnológica e verificação de resultados, com definições e critérios que nos permite avaliar os indicadores relacionados à durabilidade e à qualidade dos serviços executados em nossas rodovias.

São seus ensaios de verificação e homologação, e suas inspeções às instalações, laboratórios e serviços em execução, que nos garantem a conformidade com normas e especificações.

Em nosso rigoroso controle da qualidade do pavimento de nossas rodovias, desde a aquisição dos materiais até a aplicação final do produto, contamos com essas equipes, que através da coleta de amostras, ensaios e relatórios técnicos, nos ensinam uma adequada avaliação dos parâmetros utilizados por nossas contratadas.

Tenho certeza absoluta de que toda essa competência, todo esse conhecimento técnico, toda esse domínio tecnológico e essa visão empresarial de parceria duradoura que foi e vem sendo oferecida a ECOVIAS, assim como a tantas outras empresas parceiras vão estar, fundamentalmente, a serviço dos usuários das estradas sob a concessão da Ecovias dos Imigrantes.

# A Indústria da Construção Civil e o Controle da Qualidade

Ruy Thales Bailot  
Presidente da ABRATEC

Roberto José Falcão Bauer  
Vice-Presidente da ABRATEC

A **ABRATEC, Associação Brasileira de Empresas de Tecnologia da Construção Civil**, tem por objetivo fomentar atitudes junto as empresas da construção civil para que adotem sistema de controle da qualidade que possibilite ao consumidor final receber uma obra mais segura e bem acabada. A ABRATEC visa conscientizar o consumidor final para que o mesmo possa identificar as obras onde esse controle é realizado por empresas que exibam evidências de competência, que é, conforme legislação, a sua acreditação pelo INMETRO para realizar os ensaios pertinentes.

A Associação entende que só por meio do controle da qualidade realizado por empresas competentes é possível diminuir custos e eventuais distorções que podem ocorrer durante o andamento da obra e procura demonstrar que, o controle tecnológico deve ser entendido como parte do investimento e não como despesa.



Extração de corpos de prova cilíndricos em placa de concreto projetado

### A Acreditação pelo INMETRO

O INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, é responsável pela acreditação dos laboratórios integrantes

da RBLE - Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios, os quais devem atender aos requisitos estabelecidos na Norma ISO/IEC 17.025.

A acreditação concedida pelo IMETRO - organismo reconhecido pelo Governo Federal - constitui, com base em práticas internacionais, a efetiva forma de demonstrar a competência técnica de empresas de tecnologia, comprovando a credibilidade dos serviços que elas realizam e eliminando a necessidade de avaliações de desempenho das empresas antes de cada contratação, que teriam de ser realizadas pelos próprios clientes.

### ISO 9000 e ISO/IEC 17.025

A certificação ISO 9000 e a acreditação, segundo os requisitos da ABNT ISO/IEC 17.025, asseguram a existência na empresa de Sistema da Qualidade, conferindo credibilidade internacional à sua gestão. As empresas de tecnologia, além do Sistema da qualidade, necessitam demonstrar sua competência técnica para a realização de suas atividades.

O instrumento que assegura tal competência é a acreditação, sistemática que implica nos seguintes requisitos: rastreabilidade dos padrões de cada empresa em relação ao Sistema Internacional de Unidades, pertinência dos procedimentos para cada atividade normalizada relacionada, ou seja, deve obedecer, e comprovar que atende, às Normas Técnicas pertinentes a cada atividade acreditada; uso adequado dos equipamentos; instalações apropriadas e capacitação profissional da equipe técnica.

Assim, para formalizar a credibilidade da empresa, o instrumento a adotar é a ISO/IEC 17.025, que atesta a implantação e manutenção de seu Sistema da Qualidade e competência técnica para executar as atividades normalizadas a que se propõe.



## O Programa Interlaboratorial

Os organismos internacionais da qualidade preconizam a realização do Programa Interlaboratorial – como ferramenta complementar à acreditação – para verificar a compatibilidade dos resultados de



Corpos de prova cilíndricos e prismáticos de concreto reforçado com fibras.

ensaios realizados em cada laboratório, através de distribuição de amostras numeradas aos diversos participantes, sobre as quais são realizados os ensaios programados. Os resultados desses ensaios são tratados estatisticamente, resultando o mapeamento da confiabilidade de cada laboratório com relação ao ensaio, assim como o estabelecimento de sua repetibilidade, ou seja, a capacidade de um laboratório repetir resultados de um mesmo ensaio sobre uma mesma amostra, de maneira compatível.

O Programa Interlaboratorial brasileiro cumpre de maneira exemplar sua finalidade sendo considerado mundialmente o melhor Programa Interlaboratorial da Construção Civil.



Detalhe para o acabamento da moldagem dos corpos de prova prismáticos de concreto reforçado com fibra.

## Ensaio de Certificação, de Recebimento e de Desempenho

Os ensaios de certificação se referem ao controle de qualidade da produção de determinado produto. A certificação da produção, normalmente segundo a série ISO 9000, indica que o processo industrial poderá oferecer um produto de qualidade, mas não tem condições de garanti-la. É indispensável também que a qualidade da produção seja monitorada.

Mesmo com a produção sob controle o percentual de produto defeituoso aceitável pode ser utilizado, em sua totalidade, em uma única obra, o que para a mesma será catastrófico.

Os ensaios de recebimento (caracterização) de uma argamassa, por exemplo, devem ser rotineiramente realizados e após sua aplicação podem ser necessários ensaios de verificação do desempenho.

A cadeia produtiva da construção civil é constituída por três setores básicos: projeto e planejamento, construção e seu controle tecnológico.



Detalhe para a distribuição e ou homogeneização das fibras no concreto.

Há ainda muita desinformação no setor e algumas empresas encaram o controle tecnológico apenas como uma exigência a ser cumprida, de maneira burocrática e pelo menor preço possível.

O controle tecnológico é o segmento que registra a qualidade dos materiais e de que maneira que são empregados na obra. Há empresas, entretanto, que não levam em conta que esse serviço pode e deve ser realizado por empresa independente e de competência comprovada.

## Custo do Controle

A implantação de serviços de controle tecnológico da qualidade em obras de construção civil importa investimentos que oscilam entre 0,5% a 2% do seu custo total. Variáveis, como tipo de obra, padrão de acabamento e abrangência do controle influenciam no seu custo final. Este investimento inicial acaba sendo irrelevante, quando se sabe que

os gastos com manutenção corretiva, recuperação com substituição de materiais decorrentes do emprego e aplicação de produtos não conformes, bem como deficiências de execução são estimados em 12% do valor da construção para os primeiros cinco anos de vida útil da edificação, período em que a construtora é responsável, de acordo com a legislação, pela manutenção integral do empreendimento.

No caso de estruturas em concreto, os custos iniciais para a definição dos seus constituintes, os estudos de dosagens e o acompanhamento tecnológico da obra - no qual se inclui a observação dos requisitos normativos dos processos produtivos empregados - são prontamente absorvidos pela diminuição dos custos de manutenção e recuperação, garantindo a durabilidade e o bom desempenho dessas estruturas.

O controle da qualidade deve estar presente em todo tipo de obra: na pavimentação das ruas, nas moradias, no metrô, nas obras públicas e no saneamento. Essa atividade avalia e visa, primordialmente a corrigir, em tempo hábil, imperfeições ou distorções que tenham ocorrido, garantindo o desempenho adequado da obra, conforme concebida no projeto.



Moldagem de corpos de prova prismáticos com concreto reforçado com fibras em mesa vibratória.

A ABRATEC pretende, em futuro próximo, incentivar o uso de placas e emblemas em anúncios, indicando que determinada obra está sendo tecnologicamente controlada por empresa acreditada pelo INMETRO ♦

### LABORATÓRIOS ASSOCIADOS À ABRATEC

#### COM ACREDITAÇÃO PELO INMETRO

Alphageos Tecnologia Aplicada S.A.

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

Betontec Tecnologia e Engenharia Ltda.

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

Concremat Engenharia e Tecnologia S.A.

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

Concreteste Tecnologia em Materiais S/C Ltda.

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

EPT Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S.A.

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

Fundação Paulista de Tecnologia e Educação

[www.cte.ftpe.br](http://www.cte.ftpe.br)

JBA Engenharia e Consultoria S/C Ltda.

[jbaeng@uol.com.br](mailto:jbaeng@uol.com.br)

L.A.Falcão Bauer Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Ltda.

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

LENC Laboratórios de Engenharia e Consultoria S/C Ltda.

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

#### EM PROCESSO DE ACREDITAÇÃO PELO INMETRO

Concre-Test Controle Tecnológico de Concreto e Aço S/C Ltda.

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

FAT'S Engenharia, Consultoria S/C Ltda.

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

H.B.Alonso Fiscalização e Ensaio Tecnológicos S/C Ltda.

[hbalonso@yahoo.com.br](mailto:hbalonso@yahoo.com.br)

Teste Tecnologia e Engenharia Ltda.

[www.teste-sp.com.br](http://www.teste-sp.com.br)

Testin Tecnologia de Materiais Ltda.

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

# Selo de Qualidade ABCP para Blocos de Concreto de Alvenaria e Pavimentação e Tubos de Concreto.

## Seu produto merece esse destaque!



Desde que foi lançado, mais de 60 fábricas aderiram ao Programa do Selo de Qualidade da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

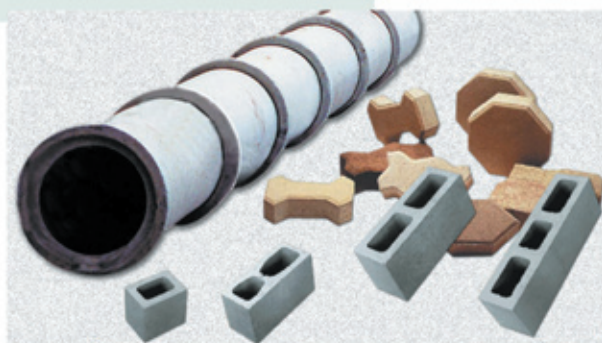
### COMO FUNCIONA O PROGRAMA

- O fabricante adere ao programa para obter o selo para um produto
- Técnicos inspecionam a fábrica, coletam amostras e realizam ensaios
- Se o processo e as amostras são aprovados, o selo é concedido
- Avaliações periódicas, durante a participação do programa, mantêm o Selo de Qualidade
- Caso o produto não seja aprovado, pode-se conceder apoio técnico para melhoria do processo produtivo
- Os produtos com Selo de Qualidade são divulgados na Internet

Produtos com qualidade comprovada proporcionam:

- redução de desperdícios
- uso otimizado de matéria-prima
- aumento de produtividade
- redução do custo final

Hoje, o Selo de Qualidade ABCP é referência para empresas, prefeituras e órgãos públicos.



O laboratório da ABCP é completo.  
Faça um teste.



**Não deixe de dar destaque  
ao seu produto!**

Solicite um técnico.

Informações



0800-555776 • dcc@abcp.org.br • www.abcp.org.br

# La Industria de Hormigón Premezclado en Latinoamérica, de su Origen al Día de Hoy

Ing. Manuel Lascarro Mercado,  
Secretario Ejecutivo de la federación Iberoamericana  
del Hormigón Premezclado (FIHP);

Dr. Ing. Juan José Howland Albear,  
Vicepresidente Técnico de la Federación  
Iberoamericana del Hormigón Premezclado (FIHP);

## Introducción

El hormigón, como el material de construcción más utilizado en el mundo no ha sido ni es ajeno al desarrollo de los países latinoamericanos. La región ha sido cuna de destacados arquitectos y diseñadores estructurales pioneros en la utilización del material, generando de esta manera aportes para quienes son apasionados por los retos de la ingeniería y la arquitectura en hormigón.

Ha pasado mucho tiempo desde la época de los indios Mayas y Aztecas en México, así como de los Incas en el Perú, quienes nos dejaron edificado un legado de construcciones hechas con materiales cementantes, hasta nuestros días, donde encontramos en la región los mismos adelantos tecnológicos de cualquier parte del mundo e incluso desarrollos del material y de obras únicas sobre el planeta.

Para dar algunos ejemplos del importante legado de construcciones hechas en hormigón inigualables por su magnitud o importancia, desde comienzos de siglo hasta nuestros días, podemos mencionar obras tales como el Canal de Panamá (1914), la Represa de Itaipú en Brasil (1975-1988), la más grande generadora de energía eléctrica del mundo, responsable por el suministro de 79,2% de la energía eléctrica consumida en el Paraguay y

del 26,37% de toda la demanda del Brasil, los Tanques de Chapultepec en México (1907), la carretera Panamericana de 600 km que une a Panamá con Costa Rica (1950-1967), la presa Patángoras (Miel 1), la más alta del mundo a la fecha (188 metros de altura) construida en Hormigón Compactado con Rodillo (HCR) en Colombia, el edificio e-Tower en Sao Paulo, récord mundial en el uso de hormigones de alto desempeño (125 MPa de resistencia a compresión), el edificio Kavanagh en Argentina (1936), el rascacielos de hormigón más alto del mundo en su momento, la losa continua postensada más grande del mundo (33.000m) en el centro de distribución de Nestlé en Chile (2001) o la Ciudad Universitaria de Caracas, patrimonio cultural de la humanidad, solo por mencionar algunas de las innumerables obras que demuestran la utilización de este noble material en nuestro continente.

Por medio de este artículo, se buscará generar un panorama de varios de los aspectos que comprenden el negocio del hormigón y su entorno en América Latina, tratando de integrar diferentes particularidades relacionadas con la gran cantidad de países que conforman el área y sus diversas prácticas.

## Del nacimiento de la industria del hormigón y su espíritu asociativo

Los primeros indicios de plantas de hormigón premezclado en nuestra zona, datan de 1934 con la aparición de una empresa en la ciudad de Buenos Aires, Argentina<sup>1</sup>.

Sin embargo, como actividad comercial y como en el resto del mundo, no sería sino hasta finales de los años 40's (Cuba 1945, México 1946), y principios de los años 50's que se extendería la producción industrializada de hormigón en la mayoría de los países de la zona.

En ese entonces, se podría hablar del espíritu aventurero de empresarios que decidieron enfrentar la dificultad propia de introducir nuevas tecnologías en el medio, siendo casi una la necesidad de trabajar de una manera asociada para impulsar la forma de trabajar con un material de construcción desconocido: el hormigón premezclado.



Fig. 1 - La arquitectura en concreto también ha estado presente en las obras de América Latina

<sup>1</sup> DE LAS CUEVAS TORAYA, JUAN, Referencia personal con base en información de la revista Cemento-Hormigón, de 1934 editada por el Ingeniero Patricio Palomar Collado.



Fig. 2 - El concreto a la vista en edificaciones es un mercado para mostrar al mundo

Ya en 1930 los Estados Unidos de América habían fundado la NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association) con este propósito, dado el auge de la industria en ese país a finales de los años 20's y México fue quien siguió el ejemplo conformando por cuatro empresas en su momento, la primera asociación de productores de hormigón en Latinoamérica en el año de 1958. Dicha asociación, que hoy en día es la AMIC (Asociación Mexicana de la Industria del Concreto), aún se encuentra en funciones y es miembro activo de la FIHP.

Posteriormente, diversos acercamientos entre empresarios del hormigón tanto a nivel interno de los países como internacional se dieron, fruto de lo cual durante la realización del I Congreso Iberoamericano de Empresas de Servicios de hormigón, (Zaragoza, España, septiembre de 1976), nació la idea de que los industriales del Hormigón Premezclado de Iberoamérica formaran una asociación. El impulsor de esta iniciativa fue el Sr. Manuel Federico Goudi, presidente en ese entonces de la ANEFHOP (Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado), proponiéndose como objeto el intercambiar información entre los industriales del negocio de los países miembros, aprovechando las experiencias de cada país, así como los datos estadísticos generales. Debemos mencionar que en ese entonces la mayoría de las empresas hormigoneras de la región eran de capital accionario de tipo familiar.

En los años siguientes el espíritu asociativo de la industria sigue prosperando y nuevas entidades de apoyo al sector nacen en Argentina (Asociación Argentina del Hormigón Elaborado AAHE- 1978), Brasil (Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem ABESC - 1978), Chile (Asociación Chilena de Empresas Productoras de Hormigón Premezclado ACHEPH - 1983), Colombia (Asociación Colombiana de Productores de Concreto ASOCRETO 1984), uniendo algunos esfuerzos en la divulgación de las tecnologías y el intercambio de información.

Se podría afirmar que el negocio mantiene un crecimiento en general en los países de la zona hasta mediados de los años 90's sin mayores cambios en su estructura y funcionamiento. En el periodo de 1995 al 2000 constituye una época de cambios en las composiciones accionarias de muchas de las compañías tanto cementeras como hormigoneras en varios de los países, al tiempo que la situación económica de las economías latinoamericanas sufre una recesión importante que lleva al cambio en la forma de pensar y en la concepción como tal del negocio.

Hoy en día, es indudable el papel que juegan las asociaciones de productores de la región y aunque existen países que no cuentan con una, el tema de una u otra manera se ha venido ventilando en los mismos, ya sea por la necesidad de prepararse para responder como industria a los retos de los años próximos que van desde los temas relacionados con las zonas de libre comercio y sus implicaciones en normas nacionales, hasta el entendimiento de la necesidad básica del trabajo asociado para promover el uso del material e incrementar el mercado del mismo mediante acciones técnicas, ambientales y legales con un mismo lenguaje.

## La industria del hormigón de América Latina: su estado a hoy

- Los países de América Latina tienen niveles de penetración en el consumo de cemento que varía entre el 7 y el 15% en general. Esto, es un porcentaje bastante bajo comparado con los países de la Comunidad Europea o con los EEUU, cuya media oscilan entre el 40 y el 60% para el primer caso y es cercano al 75% en el segundo, con excepciones a este tema se dan en Chile (35%) y en Panamá (30%), en el primer caso explicado por la evolución positiva de la economía de la última década y un control regulatorio más estricto. En el segundo caso, por la "herencia" que dejó el paso de la cultura norteamericana por ese país debido al Canal.
- Si tomamos como base el consumo per cápita promedio de la zona (0,098m<sup>3</sup> hormigón por habitante año) y la población total de América Latina (507.824.000 habitantes), se puede hablar entonces de un mercado actual que se acerca a los 50 millones de metros cúbicos.
- Las cifras anteriores, revelan que si bien es bajo el consumo con relación a otras latitudes (incluso en los consumos de cemento por habitante-año), el potencial y el reto de la industria por crecer existe, tal y como debió ser en algún momento para los países que hoy se encuentran por encima del 50% del uso del cemento en el hormigón premezclado.

Para la industria del hormigón es una preocupación constante, no solamente los bajos consumos sino también las razones ligadas a su falta de utilización y conciencia de calidad por parte de algunos profesionales. Un buen hormigón en manos de un profesional mal entrenado o poco calificado puede generar iguales o peores problemas que entregar malos hormigones, con la consiguiente imagen negativa para la industria.

En resumen, a pesar de los obstáculos existentes que han impedido una difusión más grande en el uso del hormigón premezclado, es de resaltar que también hay muchos logros y elementos que hacen que nuestro sector pueda estar orgullosos de la participación en varias actividades venciendo dificultades enormes, siendo una industria que se encuentra tecnológicamente a la par mundial como se verá más adelante.

## El Reto Tecnológico

El desarrollo técnico de la Industria del Hormigón Premezclado en Latinoamérica, a cinco años de haber



Fig. 3 - La tecnología y equipos utilizados en America Latina son del mismo nivel de los utilizados en el resto del mundo

iniciado el siglo XXI se manifiesta a través de la avanzada en la introducción de las nuevas tecnologías como son:

■ **Hormigones de alto desempeño:** Brasil ha sido impulsor en el tema con reconocidos diseñadores, ostentando en la actualidad un récord con el edificio e-Tower de Sao Paulo, un rascacielos en hormigón donde cuyo hormigón alcanza los 125 MPa de resistencia a la compresión. En Argentina se ha trabajado también con hormigones de 60 MPa de resistencia a la compresión en dos edificios (Edificio Banco Galicia de 33 pisos, cuyas columnas principales son hechas con este material, así como el Edificio Repsol YPF bajo la misma consideración). La introducción de este tipo de hormigones seguramente permitirá desarrollar el mercado en la medida en que los diseñadores estructurales asimilen el potencial y aprovechen las ventajas que conlleva la posibilidad de lograr no sólo mayores resistencias, sino también una elevada durabilidad en ambientes agresivos.

■ **Hormigones Autocompactantes:** La novedad de la última década en la producción del hormigón ha estado presente en muchas obras hechas en latinoamérica y hay innumerables experiencias con la aplicación del producto. La utilización de los sistemas de formaletaría para construir viviendas in-situ es a menudo combinada con la posibilidad de utilizar este tipo de hormigones. En la medida en que se bajen sus costos de producción, se podrá popularizar mucho más ampliamente el producto.

■ **Hormigones de Retracción Compensada** (Shrinkage Compensating Concrete) tal vez son la última aplicación que se ha buscado difundir de una manera más amplia por la industria, con algunas experiencias importantes en Argentina (losas) y en Colombia (rehabilitaciones estructurales), esperando un moderado crecimiento en este mercado

■ **Pisos industriales:** El liderazgo del tema lo ha impulsado Chile pero rápidamente se ha difundido en otros países, en buena parte impulsado por las inversiones de los grandes hipermercados multinacionales en la región y el apoyo de varios proveedores de fibras tanto metálicas como sintéticas. Actualmente en Santiago se encuentra la losa postensada más grande del mundo en cuya construcción se utilizó la última tecnología disponible a nivel mundial para garantizar su planicidad.

■ **Hormigón arquitectónico:** La tendencia del hormigón arquitectónico en América Latina también ha contado con algún nivel de representatividad y sigue siendo del interés de nuestra industria. Hoy en día existe un importante inventario de edificaciones que utilizan el material a la vista, con mayor énfasis en México, Brasil y Colombia.

En el tema del hormigón arquitectónico o a la vista, se debe resaltar la influencia de reconocidos arquitectos como el franco suizo Charles Edouard Jeanneret (Le Corbusier), el italiano Pier Luigi Nervi y el belga August Perret, quienes con sus desarrollos propios marcaron el inicio de una tendencia que traspasó el océano y dejó una escuela que aún hoy en día continúa.

Aprovechando la gentil invitación de IBRACON a escribir en su revista, no podemos dejar de mencionar al maestro de la Arquitectura Oscar Niemeyer<sup>2</sup>, quien es mundialmente reconocido por sus concepciones arquitectónicas utilizando el hormigón como material preponderante, plasmada en obras tan importantes como el palacio presidencial y la catedral de Brasilia, así como muchas otras de reconocimiento en Francia, Italia, Argelia, incluso siendo parte del equipo que proyectó la sede de las Naciones Unidas en Nueva York.

La Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado (FIHP) ha incentivado la elaboración de algunos documentos técnicos que han permitido establecer importantes pautas en el trabajo técnico como por ejemplo: la "Práctica recomendada para el establecimiento de los requisitos de durabilidad del hormigón", que resume la experiencia de avanzada en los países de América Latina y España en el campo del diseño de los hormigones para estructuras sometidas a ambientes agresivos. Este aspecto tiene una gran actualidad e importancia y es bien conocido que la Industria del Hormigón Premezclado está mucho mejor preparada para asumir el reto de la producción de



Fig. 4 - Los pavimentos de concreto son un segmento importante que trae consigo muchos beneficios sociales

<sup>2</sup> En el sitio web [www.niemeyer.org.br](http://www.niemeyer.org.br) esta disponible una biografía oficial de Oscar Niemeyer con un recuento de sus obras y fotografías.



Fig. 5 - Obras inigualables hechas en concreto en nuestra región

hormigones para estructuras con elevados requisitos de durabilidad, de acuerdo a los tipos de exposición ambiental a que van a estar sometidas.

Con respecto a la normativa se reconoce la necesidad de estandarizar requisitos en la región para el mercado del hormigón, que es algo inaplazable, tal y como ya ha sucedido en la Unión Europea al darse su proceso de integración. Aunque varios de los países de la zona tienen sus propios estándares normativos de producción de hormigón, nos enfrentamos también al reto de libre comercio y de desarrollar la uniformidad de criterios en pro de mejorar la competitividad de la industria en la región no solamente frente a la competencia foránea sino frente a su mayor enemigo, las mezclas de hormigón de mala calidad hechas sin una regulación adecuada.

La Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado es consciente de este problema y lo ha venido tratando en sus reuniones de tiempo atrás, en pro de iniciar las deliberaciones pertinentes para avanzar en el necesario camino de una norma única iberoamericana reconocida por todos las partes conforme los requerimientos de la Organización Mundial del Comercio. A tal efecto se han elaborado y aprobado en el seno de la organización las "recomendaciones para la elaboración de una norma única de especificaciones para el hormigón". El concepto de norma única es esencial si se parte del principio de que el hormigón en la estructura tiene que cumplir con un determinado desempeño, independientemente de donde sea preparado, o elaborado y de su tecnología de vertido.

Esto, necesariamente debe estar acompañado de la necesidad de mecanismos efectivos de control y de redes de laboratorios de materiales adecuadas. En la actualidad, la red de laboratorios de hormigón debidamente certificados para prestar sus servicios es mínima y algunos programas se han emprendido para promover dicha actividad en México por parte de la AMIC y en Colombia por ASOCRETO.

Otro importante reto actual, no solo de Latinoamérica, sino a escala mundial, radica en la necesidad impostergable de caracterizar y unificar los métodos de ensayo para evaluar el desempeño de los hormigones por su durabilidad, aspecto sobre el cual aún se adolece de falta de consenso.

## Conclusiones

Como se pudo ver, fueron varios los temas tratados en pro de mostrar un panorama amplio de la influencia, desarrollo y posibilidades de la industria del hormigón premezclado en América Latina.

Desde el inicio de la historia del uso industrial del material en los años 30's hasta romper el record de resistencia en hormigones de altas prestaciones han pasado muchas anécdotas, ingenio arquitectónico y tecnología, que vienen a ser parte de un capítulo en la historia mundial del material que producimos.

Falta aún enfrentar muchos retos, pero son también muchas las posibilidades de una zona todavía en proceso de asimilación de inversiones esenciales para su desarrollo. El hormigón será sin lugar a dudas, por muchos años más, un protagonista importante en las obras, y nuestra industria, deberá necesariamente incrementar sus niveles de penetración en los consumos de cemento en base a la generación de competitividad para su cliente final: el constructor ♦










# Falcão Bauer

Qualidade presente  
garantindo o futuro.

Fundada em 1953

Serviços:

-  Inspeções, Consultoria, Auditoria, Assessoria, Calibração
-  Patologia e Recuperação Estrutural
-  Ensaios em Materiais e Produtos
-  Pesquisas
-  Supervisão, Gerenciamento e Fiscalização de Obras
-  Treinamentos
-  Desenvolvimento de Serviços Especiais

Os laboratórios da L. A. Falcão Bauer são credenciados pelo INMETRO e integrados a RBLE (Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio) e RBC (Rede Brasileira de Calibração).

**SEGMENTOS DE ATUAÇÃO:**  
 AGRICULTURA - AUTOMOBILÍSTICA  
 CONSTRUÇÃO CIVIL  
 ENERGIA - MECÂNICA  
 MEIO AMBIENTE - METALURGIA  
 MINERAÇÃO - PETROQUÍMICA  
 PRODUTOS DE CONSUMO  
 PUERICULTURA  
 QUÍMICA - SAÚDE - SEGURANÇA  
 SIDERURGIA

**l.a.falcão bauer**

centro tecnológico de controle da qualidade

Rua Aquinos, 111 - São Paulo - SP - 05036-070

Telefone (11) 3611-0833

www.falcaobauer.com.br

# Controle Tecnológico do Concreto

Roberto José Falcão Bauer  
Dir. Téc. do Centro Tecnológico  
L. A. Falcão Bauer  
Vice-Presidente da ABRATEC  
Prof. Universidade de Taubaté - SP

### Histórico

Um artigo técnico sobre controle tecnológico do concreto no Estado de São Paulo, escrito em novembro de 1969, mostrava os seguintes fatos:

- ❖ Na cidade de São Paulo, em 1965, apenas 20% das construções em concreto tinham controle tecnológico.
- ❖ Em 1969, 50% das construções eram feitas com controle tecnológico, enquanto, no interior do Estado, esse procedimento se reduzia muito, exceto nas obras de grande porte (barragens, obras de arte e outros empreendimentos, públicos, geralmente).
- ❖ Funcionavam em São Paulo apenas cinco laboratórios especializados em controle tecnológico do concreto: três particulares e os do IPT e da Universidade Mackenzie.
- ❖ Era necessário conscientizar muitos profissionais ligados à construção ainda não esclarecidos sobre a necessidade do controle tecnológico do concreto.
- ❖ O controle abrangia na época estas fases:
  - ◆ elaboração da dosagem de concreto, visando atender a trabalhabilidade, resistência, durabilidade e estética, de acordo com o projeto;
  - ◆ estudo dos materiais constituintes do concreto;
  - ◆ determinação das características do concreto fresco e endurecido (abatimento e moldagem de corpos de prova);
  - ◆ controle estatístico periódico das resistências obtidas, para verificação e necessárias correções;
  - ◆ verificação da resistência do concreto da estrutura (ensaios do concreto endurecido).
- ❖ Os serviços dos laboratórios se restringiam geralmente a recuperar estruturas que apresentavam patologias, ameaçando a sua estabilidade.

### Desenvolvimento Tecnológico

Ocorreram nos últimos trinta anos avanços tecnológicos que promoveram a indústria do concreto. Maior confiabilidade, durabilidade, economia, versatilidade, capacidade, adaptabilidade e estética eram algumas das metas a alcançar. Isso envolvia uma melhoria nos

materiais, manejo, combinações e controle de sua qualidade, nos métodos de construção, especificações, redução e reciclagem dos detritos, e a ampliação dos campos de utilização do concreto.

Concretos de alto desempenho surgiram como resultado do desenvolvimento tecnológico na produção de cimento Portland e de novos aditivos e adições ao produto. O comportamento das estruturas de concreto armado e protendido e sua deterioração em face de agentes agressivos foram melhor estudados com a definição de critérios de avaliação do ambiente.

O estabelecimento de parâmetros, através de métodos de ensaio, para concretos e estruturas de concreto armado e protendido, tendo em vista durabilidade e resistência mecânica, permitiu estimativas de sua vida útil, quando expostos a determinados ambientes agressivos.



Moldagem de corpos de prova 15x30 cm em concreto



## Premissas

A qualidade potencial do concreto depende, conforme trabalho do professor Paulo Helene (1), preponderantemente da relação água/cimento e do grau de hidratação, assim como da maioria das propriedades mecânicas, tais como módulo de elasticidade, resistência à compressão, à tração, fluência, relaxação, abrasão, durabilidade e outras.

A qualidade efetiva do concreto na obra, ou seja, da estrutura, é assegurada pelos procedimentos de mistura, transporte, lançamento, adensamento, desmoldagem e cura.

Controlar a qualidade, portanto, não significa comprovar *a posteriori*, mas sim definir, para cada fase do processo, determinadas ações para assegurar o cumprimento dos requisitos pré-especificados.

O professor Paulo Helene (1) ressalta que, do ponto de vista econômico, todas as medidas, visando durabilidade, tomadas ao nível de projeto, são sempre muitas vezes mais convenientes, seguras e baratas que medidas protetoras tomadas depois.

A qualidade das construções nasce com o projeto e as especificações dos materiais, componentes e serviços.

## Normalização

Atualmente há normas técnicas direcionadas às várias fases do processo, envolvendo projeto, execução, materiais e uso.

O meio técnico deve conhecê-las, divulgá-las e colaborar em sua revisão técnica e na elaboração de novas normas, necessárias em razão do desenvolvimento tecnológico de materiais, equipamentos e técnicas construtivas.

Na relação abaixo estão as principais normas técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – referentes às fases do processo e que contribuem para a obtenção de estruturas de concreto com maior durabilidade.



Ensaio de penetração de água sob pressão em corpos de prova em concreto projetado



Ensaio de qualidade do cimento

- NBR 6118 / 2003 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.
- NBR 6122 / 1996 – Projeto e execução de fundações – Procedimento.
- NBR 7187 / 2003 – Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido – Procedimento.
- NBR 9062 / 2001 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – Procedimento.
- NBR 9575 / 2003 – Seleção da Impermeabilização
- NBR 14931 / 2003 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.
- NBR 10839 / 1989 – Execução de obras de arte especiais em concreto armado e concreto protendido – Procedimento.
- NBR 7212 / 1984 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento.
- NBR 12654 / 1992 – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento.
- NBR 12655 / 1996 – Concreto – preparo, controle e recebimento – Procedimento.
- NBR 7480 / 1996 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação.
- NBR 7481 / 1990 – Telas de aço soldadas – armadura para concreto – Especificação.
- NBR 7482 / 1991 – Fios de aço para concreto protendido – Especificação.
- NBR 7483 / 1991 – Cordoalhas de aço para concreto protendido – Especificação.
- NBR 7681 / 1983 – Calda de cimento para injeção – Especificação.
- NBR 5674 / 1999 – Manutenção de edificações – Procedimento.
- NBR 14037 / 1998 – Manual de operação, uso e manutenção das edificações – conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação.

## Controle Tecnológico

O profissional responsável pela execução da obra é que comumente solicita à empresa de tecnologia de concreto a realização dos serviços de aceitação do concreto, através de ensaios de abatimento (aceitação provisória) e ensaios de ruptura de corpos de prova de concreto endurecido (aceitação definitiva).

Como todo produto que desempenha função de responsabilidade, o concreto precisa ser submetido a controle da qualidade, tendo em vista o grande número de variáveis que influem nas suas características. Além de rigorosa seleção dos materiais constituintes e de competente estudo de dosagens, é indispensável o controle da execução e das características do produto final concreto armado.

O controle de qualidade do concreto compreende os serviços a seguir:

#### A. Tomada de conhecimento

- ◆ projeto
  - ◆ resistência a esforços mecânicos especificados a respectivas idades;
  - ◆ demais características especificadas, sejam do concreto fresco ou endurecido, visando atender a parâmetros de desempenho ao uso, durabilidade ou outras propriedades;
  - ◆ dimensões dos elementos estruturais a serem concretados;
  - ◆ densidade da armadura frouxa ou de protensão;
  - ◆ características peculiares impostas pelo projeto arquitetônico.
- ◆ condições de exposição e ação de agentes externos
  - ◆ classe de agressividade ambiental;
  - ◆ pressão hidrostática;
  - ◆ ambientes quimicamente agressivos – obter informações do processo operacional quanto aos produtos, temperatura, concentração, tempo de contato, estado físico do agente.
- ◆ materiais constituintes disponíveis na região da obra e suas características
- ◆ equipamentos disponíveis para mistura, transporte, lançamento e adensamento do concreto
- ◆ processo de cura a ser empregado
- ◆ mão-de-obra disponível, quanto à sua qualificação

#### B. Fornecimento/verificação de dosagens que atendam às condições anteriores



Preparação do topo de corpo de prova extraído do concreto projetado

#### C. Acompanhamento da obra

- ◆ verificação
  - ◆ periódica dos materiais empregados;
  - ◆ do estado e comportamento dos equipamentos de mistura, transporte, lançamento e adensamento;
  - ◆ dos métodos de cura quanto à sua eficiência.

#### D. Realização dos ensaios

- ◆ ensaios do concreto fresco e endurecido, conforme plano de amostragem previamente definido, de acordo com a NBR 12655/96;
- ◆ interpretação dos resultados obtidos nos ensaios;
- ◆ eventual correção ou modificação das recomendações iniciais, em fase da constatação de variações das características dos materiais empregados, dos equipamentos e por eventual necessidade da correção da avaliação inicial feita sobre o comportamento da obra;
- ◆ fornecimento de consulta aos interessados no que diz respeito a métodos construtivos;
- ◆ fornecimento de instruções e acompanhamento dos serviços de reparo do concreto, na eventualidade de se verificarem falhas nas peças concretadas;
- ◆ fornecimento de relatório técnico sobre os serviços realizados, resultados obtidos e eventuais recomendações ◆

**EPT** ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.  
Departamento de Tecnologia de Materiais de Construção Civil

### SEMPRE UM PASSO À FRENTE

A EPT - Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S.A., buscando sempre manter-se na vanguarda de novas tecnologias e de ampliar a excelência dos serviços prestados, mais uma vez sai na frente e coloca à disposição de seus clientes os mais recentes equipamentos, todos já em operação.



Dipstick: aparelho que verifica a planicidade de pisos industriais e mede com precisão as irregularidades existentes em suas superfícies;

Máquina Universal EMIC SERVO - CONTROLADA totalmente automatizada e programável para cargas desde 500 kgf até 200 tf, para determinação do módulo de elasticidade e da tenacidade de concretos e execução de ensaios de materiais elásticos, cerâmicos e blocos de concreto.



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

Endereço: Rua Catão, 523 - Lapa - São Paulo. Agende sua visita: 3879-9449 ou 3879-9478, com a Eng<sup>a</sup> Maria Lucia

#### Bibliografia

1. HELENE, Paulo R. L. Introdução a Prevenção da Corrosão das Armaduras no Projeto das Estruturas de Concreto – Avanços e Recuos. Simpósio sobre Durabilidade do Concreto – IBRACON, março de 1998.
2. ZAMARION, José Ferreira Diniz. A NB-1 - Visão Nacional da Durabilidade do Concreto – Simpósio sobre Durabilidade do Concreto. IBRACON, março de 1998.
3. FALCÃO BAUER, Luiz Alfredo. Controle Tecnológico do Concreto. Materiais de Construção, 5ª edição, capítulo 13 – p. 375 – 403.
4. A CONSTRUÇÃO EM SÃO PAULO – nº 1139 – 08/12/69 – p. 16 – 21 – Artigo técnico – Para a economia e segurança da concretagem o controle tecnológico oferece a resposta.
5. FALCÃO BAUER, Roberto José. Controle Total da Qualidade na Construção Civil, anotações de aula 2004, UNITAU – Universidade de Taubaté, professor do curso de Engenharia Civil.

## Pisos Industriais - Como uma indústria especializada poderá ajudar?



Piso resinado - MASTERTOP 1200 Polikit

Um piso com o adequado desempenho é de fundamental importância para que a indústria opere em condições adequadas. Em muitas ocasiões não são adotados procedimentos técnicos recomendados para a execução de um piso de elevado desempenho e durabilidade.

Um piso mal projetado pode acarretar problemas para a indústria, tais como: fissuras, pisos soltando poeira, esborcinamento de juntas, manchas, impregnações de sujeiras, desgastes prematuros com a formação de buracos, degradação por ações químicas e/ou térmicas, etc., que acarretam em altos custos de manutenção.

Algumas etapas devem ser consideradas no processo de escolha e execução da solução, tais como:

- ✓ Escolha de projetista calculista e especialista em pisos industriais;
- ✓ Avaliação da sub-base;
- ✓ Características do concreto;
- ✓ Estudo das ações abrasivas, químicas e térmicas;
- ✓ Cargas atuantes e procedimentos de limpeza;
- ✓ Estudo das características pretendidas como cor, textura, brilho, reflexão de luz e assepsia;
- ✓ Condutibilidade elétrica;
- ✓ Tempo para uso da área;
- ✓ Escolha da empresa de controle de qualidade para acompanhar as etapas da obra;
- ✓ Escolha da empresa de execução com comprovada especialização;
- ✓ Adoção dos métodos de manutenção e limpeza;
- ✓ Escolha de fornecedor de materiais com desempenho comprovado para revestimento e proteção de cada área da indústria.



Piso resinado - UCRETE

A **Degussa Construction Chemicals**, com experiência de quase um século na produção de produtos para pavimentos de concreto tem a mais completa linha de produtos para pisos industriais, de forma a garantir aos engenheiros e às indústrias a melhor técnica disponível mundialmente.

- ✓ Tráfego moderado e ausência de pó: endurecedor líquido a base de silicatos **KURE-N-HARD** e fluorsilicato de magnésio - **LAPIDOLITH**;
- ✓ Assepsia, resistência química e tráfego moderado: revestimentos epóxicos da linha **MASTERTOP 1200 Polikit**;
- ✓ Pintura: revestimentos epóxicos da linha **MASTERTOP 1100**;
- ✓ Pisos com condutibilidade elétrica: epóxi condutivo **MASTERTOP 1235**;
- ✓ Ação de raios ultravioleta: sistema poliuretano **MASTERTOP PU**;
- ✓ Ações térmicas, químicas e tráfego intenso: sistema de uretano **UCRETE**;
- ✓ Resistência à abrasão do concreto: endurecedor cimentícios com agregados de quartzo **MASTERTOP 100**;
- ✓ Para tráfego elevadíssimo e impacto: sistemas cimentício com agregados metálicos **MASTERTOP 200** ou **300**;
- ✓ Cura do concreto: agentes de cura química linha **MASTERKURE**;
- ✓ Selamentos de juntas: **EPOLITH**, **NP1** e **ULTRA**;
- ✓ Reforço estrutural: fibras metálicas **DRAMIX**;
- ✓ Redução da retração: fibras de polipropileno **MASTERFIBER**.



Piso cimentício - MASTERTOP 100

**Ricardo Novelli Salomão**  
Coordenador Técnico Área de Pisos e Reparos

**Degussa Construction Chemicals Brasil**  
Ind e Com de Produtos Químicos Ltda  
Rua Costa Barros, 3089 - São Paulo - SP  
Fone: 11 6108-5555 - Fax: 11 6108-5500  
[www.degussa-cc.com.br](http://www.degussa-cc.com.br)

## IIRSA, uma Proposta para a Integração do Espaço Latino-Americano

Carla Tomazini  
Débora Miura  
Prospectiva Consultoria

A Iniciativa para Integração da Infra-estrutura Regional Sul-Americana (IIRSA - na sigla em espanhol), resultado da primeira reunião de Presidentes da América do Sul, realizada em Brasília em 2000, possui o intento ousado, porém pouco conhecido, de unir fisicamente o continente, com projetos de infra-estrutura nas áreas de transportes, energia e comunicações. Com o intuito de fomentar o crescimento econômico sustentável e o desenvolvimento social sob a égide da reiterada integração física da região sul-americana, a IIRSA tem seus objetivos específicos relacionados à

dinamização do comércio bilateral, ao estímulo ao desenvolvimento das regiões fronteiriças, ao apoio à consolidação de cadeias produtivas a fim de gerar competitividade nos grandes mercados mundiais e reduzir o "custo sul-América" por meio da criação de uma plataforma logística articulada.

Participam desta iniciativa 12 governos sul-americanos com o apoio técnico de três organizações internacionais multilaterais incumbidas de mobilizar financiamento para tal empreitada: Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Corporação Andina de Fomento (CAF) e Fundo Financeiro para Desenvolvimento da Bacia do Prata (Fonplata).

Nos últimos anos, esse programa avançou significativamente, uma vez que os países integrantes da IIRSA acertaram a criação de uma carteira de mais de 335 projetos, agrupados em 40 grupos de projetos, com um montante total estimado em US\$ 37 bilhões. Seu rol de atuação é pautado por 10 eixos de integração e desenvolvimento definidos conforme os fluxos atuais e potenciais de concentração econômica. Outro foco está voltado aos processos de matizar gargalos reguladores, operacionais e institucionais que impedem a efetiva integração física.

No caso do Brasil, medidas para implementar a integração de infra-estrutura física vêm sendo realizadas desde o primeiro Plano Plurianual do governo Fernando Henrique, mantendo-se no atual governo. Assumindo a posição de líder regional para a efetivação da IIRSA, o Brasil tem agora a tarefa de compatibilizar os seus interesses em uma futura integração física ao desenvolvimento econômico na região. O interesse na proposta da IIRSA pelo Brasil tem sido explícito; tanto que, além das três instituições internacionais de financiamento, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) também está crescentemente envolvido no financiamento destes projetos integracionistas.

Dos 40 grupos de projetos atualmente em pauta, o Brasil está envolvido em seis deles totalizando cerca de US\$ 500 milhões em investimentos. Estes projetos concentram-se especificamente na área de transportes rodoviário e hidroviário no Eixo do Escudo Guayanés, com a interconexão viária entre Venezuela e Brasil. Já na área de energia, há um projeto que pretende interligar a rede elétrica brasileira à venezuelana, cujo orçamento previsto é de US\$ 210 milhões. Vias de



integração em Rondônia, no Eixo Mercosul – Chile e no Eixo da Hidrovia Paraguai – Paraná também estão entre os focos de investimentos na área de transportes tanto no norte do país quanto em sua porção sul.

É a primeira vez que se alça um quadro de planejamento estratégico integrado para o continente em bases concretas.

Não obstante o alto potencial de complementaridade entre as economias da região, sendo o PIB total do continente avaliado em US\$ 1 trilhão, existem problemas que há tempos se estendem, como o alto grau de exposição a choques externos, exportações baseadas em matérias-primas, baixo nível de poupança interna, difícil acesso aos mercados internacionais de capital e baixo nível de competitividade, entre outros já sabidos. Nesse cenário, o programa IIRSA ganha ainda mais relevância, pois têm como fim incrementar o impacto das ações nacionais de fomento, otimizar o uso dos recursos financeiros, além de incrementar a capacidade de negociação internacional para a região.

Outro ponto digno de nota nesse programa é a expressiva participação reservada à iniciativa privada, em particular como fonte de financiamento, tomador de risco e gerenciador de várias de suas etapas. Embora, não exclusivamente, passa a ser reservado ao Estado um papel distinto do que usualmente se viu no passado recente, ou seja, principalmente responsável pelas ações regulatórias e de planificação dos projetos. Sua participação direta no investimento, gestão e operação

dos vários projetos estaria condicionada a necessidade de tornar viáveis empreendimentos que, de outra forma, não teriam condições de ser assumidas por empresas privadas. Projeta-se assim uma relevante participação de empresas com interesse na região ou que queiram apostar no desenvolvimento desses projetos.

Diferentemente de outros projetos de integração regional, tais como o Mercosul, a Comunidade Andina de Nações, a ALCA etc, o projeto IRSA dispõe de uma ampla gama de apoiadores dentro e fora dos países da região, incluindo aqui o Banco Mundial, as agências de cooperação dos países desenvolvidos, dentre outros. É essa base de considerável consenso político que faz com que a dimensão infra-estrutural, em particular a energética, seja uma das vertentes da integração regional que mais avançou nos últimos anos, mesmo diante da paralisia e crise dos acordos comerciais.

Na medida em que os gargalos remanescentes da equação financeira dos diversos projetos selecionados forem superados, é de esperar um avanço ainda maior desse programa. Esse ciclo está apenas se iniciando, mas tem se mostrado bastante promissor e atraído a atenção tanto de atores nacionais e regionais, como de empresas, fundos e governos fora da região, com destaque para os chineses. O Brasil, e em particular as empresas brasileiras, tem todas as condições para consolidar sua posição de liderança e referência nesse processo, e tirar enormes benefícios dele ♦

## PROSPECTIVA

Consultoria Brasileira de Assuntos Internacionais

### *Análise da Economia Internacional Estratégias de Inserção Externa Inteligência Comercial*

A Prospectiva é um guia seguro para sua empresa orientar-se no mundo globalizado. Seus profissionais unem ampla experiência empresarial a sólidas credenciais acadêmicas em economia, finanças, política e relações internacionais. Tudo isso com apoio de uma rede de contatos e representantes nos principais mercados.

- Oportunidades de negócio: EUA, Argentina, Chile, México, Caribe, Coréia do Sul, China
- Negociações e comércio internacional de serviços ■ Avaliação de acordos bilaterais e multilaterais
- Estudos de cadeias produtivas e integração regional ■ Prospeção de mercados

PROSPECTIVA

Consultoria Brasileira de Assuntos Internacionais

Rua Diogo Moreira, 135 - Pinheiros - São Paulo - SP - 05423-010  
Tel: (11) 3816.3636 - Fax: (11) 3816-0510  
[www.prospectivaconsultoria.com.br](http://www.prospectivaconsultoria.com.br)

## RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio-Acreditação pelo Inmetro Segundo a NBR ISO/IEC 17.025<sup>1, 2, 3</sup>

Luiz Eduardo de Souza Ribeiro  
Instituto Nacional de Normalização,  
Metrologia e Qualidade Industrial – INMETRO

Helder Gomes Costa  
Universidade Federal Fluminense – UFF/LATEC

A busca da credibilidade de um laboratório de ensaios, formalizada pela sua acreditação, tem despertado crescente interesse no contexto da globalização do comércio, da indústria, da inserção de produtos e serviços em mercados competitivos. O mesmo fenômeno pode ser demonstrado pela nítida preferência dada aos serviços de ensaios que exibem certificados emitidos por laboratórios acreditados, cujos resultados são metrologicamente confiáveis.

O INMETRO tem como objetivo disponibilizar ao país uma infra-estrutura de serviços básicos para a competitividade, em atendimento à demanda. Em 1980 foi estimulada a criação da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios (RBLE). Constituída por laboratórios acreditados, a RBLE congrega competências técnicas e capacitações vinculadas às empresas de tecnologia, indústrias, universidades e institutos tecnológicos, habilitados à realização de ensaios. A acreditação subentende a comprovação da competência técnica, credibilidade e capacidade operacional do laboratório.

A concessão da acreditação atribuída pelo INMETRO, por intermédio da Divisão de Credenciamento de Laboratórios, vinculada à Coordenação Geral de Credenciamento (CGCRE), efetua-se em conformidade com procedimentos internacionais de acreditação.

Concedida com base na norma ABNT NBR ISO/IEC 17.025 - "Requisitos Gerais para Compe-

tência de Laboratórios de Ensaio e Calibração", de acordo com diretrizes estabelecidas pela International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), e nos códigos de BPL (Boas Práticas de Laboratório) da Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), a acreditação pelo INMETRO é aberta a qualquer laboratório que realize serviços de ensaios, em atendimento à própria demanda interna ou de terceiros, independente ou vinculada a outra organização, pública ou privada, nacional ou estrangeira, independente de seu porte ou área de atuação. Além disso, a acreditação de um laboratório de ensaios é concedida por ensaio, para atendimento a uma determinada norma ou a um método de ensaio desenvolvido pelo próprio laboratório; e pode ser concedida a laboratórios permanentes, temporários ou móveis, para realizar serviços de ensaios nas próprias instalações e/ou no campo.

O INMETRO alinhou seu sistema de acreditação de laboratórios aos requisitos do ABNT ISO/IEC Guia 58 que regulamenta a sistemática de operação do organismo acreditador, para assinatura de acordos de reconhecimento mútuo. Com essa importante conquista, os relatórios de ensaios emitidos pelos laboratórios brasileiros acreditados pela CGCRE/INMETRO tem aceitação internacional.

A acreditação de laboratórios é concedida após uma rigorosa avaliação conduzida por avaliadores especialistas treinados pela CGCRE/INMETRO nas áreas de atuação do laboratório e assegura que:

- ◆ Os métodos de calibração e de ensaios utilizados são adequados;
- ◆ Os equipamentos são calibrados em intervalos regulares;

<sup>1</sup> ISO (International Organization for Standardization) - É uma Federação Mundial de Normalização Técnica, integrada por organismos nacionais de normalização.

<sup>2</sup> IEC (International Electrotechnical Commission) - É uma Federação Mundial de Normalização Técnica, integrada por organismos nacionais de normalização, atuando especificamente na normalização internacional no campo da eletricidade.

<sup>3</sup> A norma ISO/IEC 17025 foi publicada pela ISO em 1999, em uma versão em inglês e a norma equivalente brasileira NBR ISO/IEC 17025 foi publicada em 2001 pela ABNT. A sigla NBR é utilizada pela ABNT como norma brasileira.



- ◆ Os profissionais do laboratório encontram-se tecnicamente preparados;
- ◆ As condições ambientais são apropriadas;
- ◆ O sistema da qualidade está implementado, segundo exigências internacionais, assegurando ao cliente as evidências da competência técnica e gerencial do laboratório.

O procedimento para a obtenção da acreditação inicia-se com uma solicitação formal do laboratório à CGCRE/INMETRO acompanhada de documentação que retrate o sistema da qualidade do laboratório. Essa solicitação será então analisada por uma equipe de avaliadores especialistas, treinados nas áreas específicas de atuação do laboratório. A avaliação consiste das seguintes etapas:

- ◆ Análise da documentação;
- ◆ Participação em programas de ensaios de proficiência por comparações interlaboratoriais;
- ◆ Visita dos avaliadores às instalações do laboratório, objetivando a constatação do atendimento aos requisitos da acreditação.

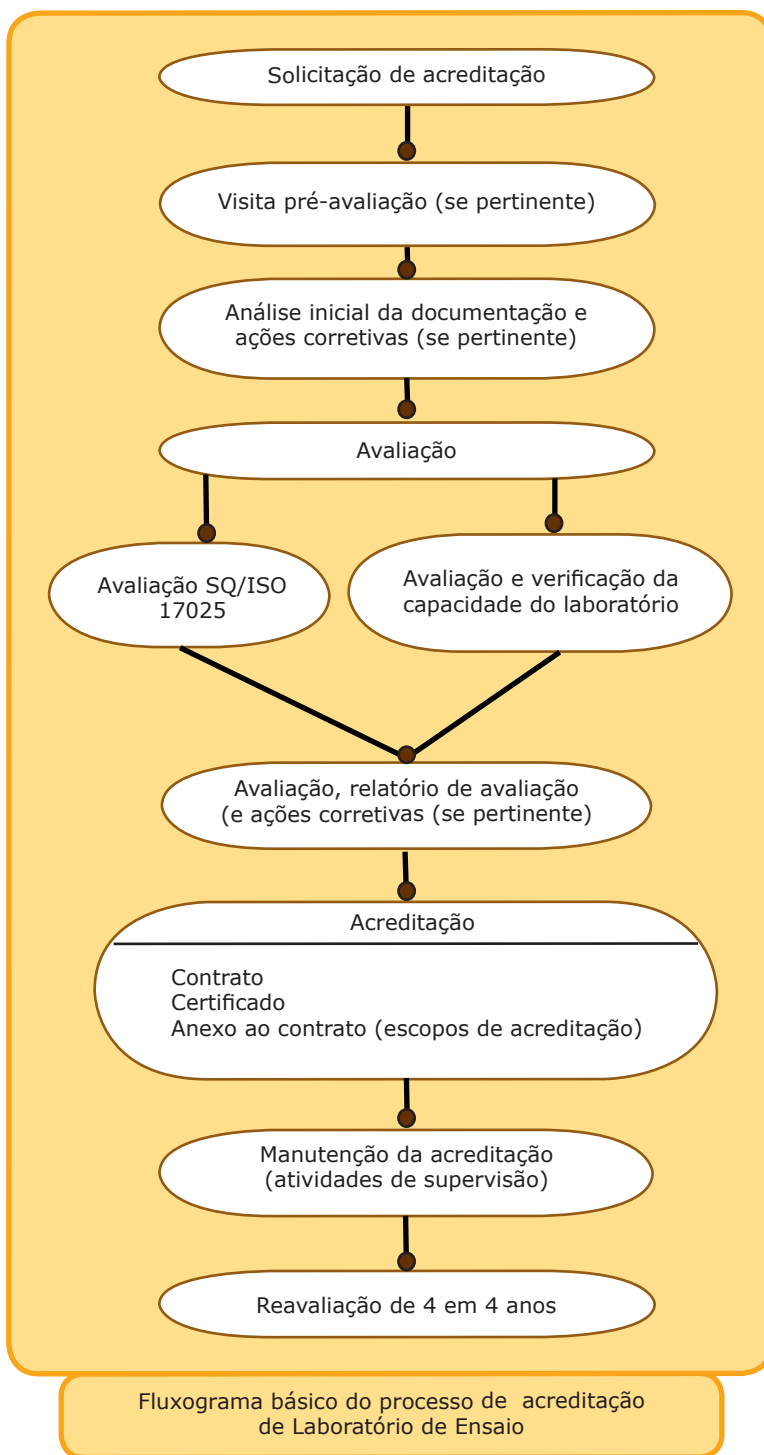
A formalização da acreditação se dá mediante a emissão de um certificado de acreditação e a celebração de um contrato entre a CGCRE/INMETRO e o laboratório postulante da acreditação, especificando o escopo da acreditação concedida.

Uma vez acreditado, o laboratório passa a integrar a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios (RBLE), estando habilitado a utilizar a logomarca de laboratório acreditado (que exibe a marca da CGCRE/INMETRO) nos seus relatórios de ensaios.

Atender aos requisitos da acreditação constitui exigência permanente do organismo acreditador para garantir que o laboratório opera sistematicamente com competência. Para assegurar que as condições originais da acreditação estão sendo mantidas, a CGCRE/INMETRO monitora, de forma permanente, a atuação do laboratório por intermédio de avaliação anual in loco, e controlando a capacidade de medição do laboratório por sua participação em programas de ensaios de proficiência.

Benefícios decorrentes da Acreditação

- ◆ O sistema tem reconhecimento internacional;
- ◆ É sistema oficial reconhecido pelo Governo Brasileiro;



- ◆ É um diferencial de mercado;
- ◆ Auxilia na conquista de novos mercados;
- ◆ Aumenta a confiança dos clientes;
- ◆ Evidencia, por uma entidade independente, sua competência técnica;
- ◆ Possibilita a redução do número de avaliações dos clientes;
- ◆ Permite o aprimoramento das práticas e procedimentos das organizações ◆

# Reações Expansivas em Estruturas de Concreto

Contribuição do Comitê de Especialistas do IBRACON

Tomando conhecimento da ocorrência de reações expansivas deletérias em algumas fundações de obras de edificações na região do grande Recife, o Instituto Brasileiro do Concreto, IBRACON, constituiu um comitê de especialistas para redigir este comunicado técnico ao meio.

As expansões do concreto em blocos de fundações de edifícios, ora observadas, são resultado de reações químicas denominadas de reação álcali-agregado (RAA).

A RAA, embora conhecida da ciência há muitos anos, é uma reação que se manifesta em geral após décadas da concretagem. Tratando-se de uma reação lenta, na maioria das vezes pode ser detectada com antecedência suficiente para permitir intervenções corretivas.

As Figs. 1, 2 e 3 apresentam alguns sintomas patológicos típicos de blocos de fundações de edifícios, afetadas pelo problema e a Fig. 4 mostra um detalhe de concreto extraído de um desses blocos.



Figura 1 - Bloco de fundação de edifício. Nota-se fissuras em forma de mapa na lateral e na parte superior.

## Mecanismo

A RAA consiste, basicamente, numa reação química em que alguns constituintes do agregado, em presença de água, reagem com hidróxidos alcalinos, provenientes dos cimentos ou de outras fontes, que estão dissolvidos na solução intersticial do concreto, formando um gel expansivo.

A água absorvida pelo gel pode ter origem em água existente e disponível no local e em contato com o concreto, água de chuva e, até mesmo, água condensada da umidade do ar. Se o gel estiver confinado pela pasta de cimento seu inchamento implica na introdução de tensões internas que, eventualmente, podem causar fissuras no concreto.



Figura 2 - Bloco de fundação de edifício. Nota-se fissuras em forma de mapa na lateral e na parte superior.

Para que ocorra uma RAA expansiva, além dos agregados reativos e dos álcalis em concentração suficiente, é necessário que haja água ou umidade. Sem um mínimo de 80% de umidade relativa não há expansão significativa.

A reação RAA tem sido comumente dividida em três tipos: Reação Álcali-Sílica (RAS), Reação Álcali-Silicato (RASS) e Reação Álcali-Carbonato (RAC).

A principal delas e a que mais ocorre no Brasil é a RAS. Os vários tipos de sílica reativa presentes nos agregados reagem com os íons hidroxila presentes nos poros do concreto. A sílica, reage com os álcalis sódio e potássio formando um gel sílico-alcalino, altamente instável. Uma vez formado, o gel começa a absorver água e a expandir-se, ocupando um volume maior que os materiais que originaram a reação.

A RASS consiste na reação entre os álcalis disponíveis e alguns tipos de silicatos eventualmente presentes em certas rochas sedimentares, rochas metamórficas e ígneas. É uma reação que está basicamente relacionada à presença de quartzo tensionado, quartzo microcristalino a criptocristalino e minerais expansivos do grupo dos flossilicatos. É o tipo de RAA mais encontrada em barragens construídas no Brasil e agora em blocos de fundações na região do grande Recife.

A RAC ocorre quando certos calcários dolomíticos são usados como agregado em concreto e são atacados pelos álcalis do cimento, originando uma reação denominada desdolomitização, ou seja, formação de brucita  $Mg(OH)_2$ , carbonato alcalino  $NaCO_3$  e carbonato cálcico  $CaCO_3$  com excessiva expansão. Como a reação regenera os hidróxidos alcalinos, a reação de desdolomitização terá continuidade até que a dolomita tenha reagido por completo, ou até que a concentração de álcalis tenha sido suficientemente reduzida por reações secundárias. A RAC é uma reação bem complexa e até hoje existem consideráveis divergências sobre o provável mecanismo da reação, tendo sido enunciadas várias hipóteses. Essa é uma RAA completamente distinta



das reações do tipo álcali-silica ou álcali-silicato, e bem mais rara.

## Consequências

Os casos anteriores e significativos de registro da ocorrência de RAA no Brasil, com implicações estruturais, foram em obras de barragem, obras hidráulicas e fundações de pontes, onde há contato intenso e permanente do concreto com a água. Pela primeira vez no Brasil esse fenômeno está ocorrendo em edifícios e com intensidade significativa a ponto de fissurar alguns blocos de fundações. Trata-se, portanto, de um novo desafio ao conhecimento e à engenharia nacional.

No caso de estruturas hidráulicas, a fissuração pode conduzir à perda da estanqueidade, à lixiviação e redução do módulo de elasticidade do concreto que aumenta as deformações da estrutura.

No caso de concreto armado, a fissuração causada pela RAA propicia o ingresso de outros agentes externos agressivos que podem despassivar o aço das armaduras causando sua corrosão e gerando outros problemas de durabilidade. As principais conseqüências da RAA sobre as propriedades do concreto são: uma discreta redução na resistência à compressão, significativa perda da resistência à tração e acentuada queda no módulo de elasticidade.

A RAA, isoladamente, não leva uma estrutura de concreto a um colapso repentino, pois é um fenômeno que se desenvolve ao longo de anos. Esse fato sempre tem permitido que sejam tomadas medidas corretivas antes que possa ocorrer um acidente, o que reforça ainda mais a importância da realização de inspeções periódicas nas estruturas.



Figura 3 - Bloco de fundação de edifício. Nota-se fissuras em forma de mapa na lateral e na parte superior. Algumas fissuras foram destacadas para a foto, por meio de giz azul.

Fissuras

## Diagnóstico

Um diagnóstico seguro do fenômeno exige uma cuidadosa inspeção visual, uma análise das ocorrências, a consulta a documentos de projeto, de construção e de controle, assim como a retirada de testemunhos de concreto para análises laboratoriais com auxílio de microscópios manuseados por geólogos, químicos, físicos e engenheiros experimentados.

A única evidência inquestionável de que uma estrutura de concreto está afetada pela RAA é a presença do gel resultante da reação. Uma das características da RAS e da RASS é a existência de uma "borda de reação", constituída pelo gel em torno do agregado e que, na maioria das vezes, não é perfeitamente visível a olho nu. Dessa

forma, a ocorrência da reação pode passar despercebida durante anos a fio até que, eventualmente, o aparecimento de fissuração leve a um estudo mais aprofundado e seu conseqüente reconhecimento e constatação.

Convém ressaltar que expansões deletérias, causadas pela RAA não ocorrem sem que os produtos da reação apareçam; por outro lado, produtos da reação podem aparecer sem que a expansão devida à RAA seja danosa.

A distribuição e intensidade das fissuras geradas por RAA dependem da restrição à expansão, induzida pelo estado de tensão, pela densidade e pela localização das armaduras nas peças de concreto armado. Esta característica muitas vezes leva a um diagnóstico equivocado quanto a essa manifestação patológica, creditando essas fissuras a outras causas.



Borda de reação com gel da reação álcali-agregado

Figura 4 - Detalhe de concreto extraído de um dos blocos de fundação. Nota-se o gel da reação álcali-agregado em torno dos agregados graúdos.

A RAA é um fenômeno complexo que requer para seu correto diagnóstico o parecer de especialistas e ensaios em laboratórios que hoje no Brasil se restringem a uns poucos. A correta análise das implicações desse fenômeno químico no comportamento estrutural exige uma equipe interdisciplinar com projetistas estruturais, de fundações, tecnólogos de concreto e petrógrafos especialistas em agregado para concreto.

Concluindo pode-se reafirmar que a RAA é uma reação de longa duração, de conseqüências controláveis, conhecida há anos, porém ainda não completamente dominado pela engenharia mundial. Não existem meios nem procedimentos para determinar com precisão o tempo e a velocidade da reação, nem qual seu tempo de duração. O que se sabe é que sua intensidade pode diminuir com o tempo, na medida em que os álcalis internos disponíveis para a reação sejam consumidos, que não haja fonte externa de suprimento de álcalis e que seja impedido ou reduzido o ingresso de umidade no concreto.

## Prevenção em Obras Novas

Há vários métodos para detecção prévia de agregados reativos, tais como: análise petrográfica, método químico, método das barras de argamassa, e métodos acelerados em barras de argamassa e em barras de concreto. Os métodos acelerados, juntamente com as análises petrográficas, são os mais empregados atualmente.

Alguns dos métodos mais utilizados para a detecção prévia de risco de RAS e RASS são:

- ◆ Análise petrográfica: ASTM C-295 e NBR 7389;
- ◆ Método químico: ASTM C-289 e NBR 9774;

- ◆ Método das barras de argamassa: ASTM C-227 e NBR-9773;
- ◆ Método acelerado das barras de argamassa: ASTM C-1260, com limites de expansão estabelecidos para as idades de 16 e 28 dias;
- ◆ Método das barras de concreto: ASTM 1293 e CSA A23.2, com limites de expansão de prismas de concreto para a idade de um ano.

Além dos métodos para detecção de reatividade de agregados há os métodos da ASTM C 441 e ASTM C 1567 que auxiliam na escolha da adição mineral efetiva para prevenção ou redução do risco de ocorrência de RAA em obras novas.

A detecção prévia da RAC reação álcali-carbonato através de ensaios laboratoriais tem mostrado resultados contraditórios, havendo necessidade de uma equipe multidisciplinar experiente para uma correta análise. Entre os ensaios recomendados estão: análise petrográfica, método do cilindro de rocha segundo ASTM C-586, e método com prismas de concreto conforme ASTM C-1105.

A melhor maneira de evitar ou reduzir a possibilidade de ocorrência da RAA é conhecer as características dos materiais componentes do concreto, através de estudos prévios e adotar medidas que atenuem as condições favoráveis à sua ocorrência.

O ideal seria não utilizar agregados reativos, porém nem sempre isto é possível. Se não houver alternativa da troca de agregados, utilizar, após prévio estudo de comprovação da eficiência, os seguintes materiais preferenciais:

- ◆ Cimento Portland de Alto Forno (CPIII da NBR 5735) ou Pozolânico (CPIV da NBR 5736), com teores mínimos definidos de adição em função da reatividade dos agregados a serem utilizados;

- ◆ Sílica ativa, metacaulim, cinza volante, cinza de casca de arroz ou material pozolânico, adicionados ao concreto na Central ou na própria obra, em teores compatíveis e previamente estudados.

O simples uso de cimentos com baixo teor de álcalis, isoladamente, não é suficiente na prevenção deste tipo de reação, pois o que importa é o total de álcalis solúveis no concreto.

Inibidores à base de lítio parecem controlar a reação, mas o assunto ainda é objeto de estudos e pesquisas, sendo efetivo apenas em alguns casos.

Portanto, do ponto de vista da prevenção do fenômeno em obras novas há conhecimento, materiais, procedimentos e capacitação laboratorial instalada no Brasil para analisar previamente os agregados e evitar o risco dessas reações deletérias em novos empreendimentos.

## Intervenção Corretiva

Recuperar estruturas com RAA instalada requer um detalhado estudo de cada caso. A paralisação da reação é objeto de pesquisas, ainda não conclusivas, que estão sendo efetuadas em todo o mundo.

Algumas medidas podem ser tomadas para reduzir a velocidade das reações e podem ser tomadas em conjunto dependendo de cada situação, a saber:

- ◆ Atenuar a velocidade do processo reativo através da limitação de acesso da água e umidade através de produtos impregnantes, penetrantes, selantes e membranas impermeáveis e estanques;
- ◆ Atenuar a velocidade das reações através de tratamentos químicos com injeção de sais de lítio. Essa medida ainda tem limitações práticas para aplicações em peças maciças com grande volume de concreto;
- ◆ Restringir as deformações por meio de encapsulamento / cintamento com concreto armado e/ou protendido, aplicando tensões de compressão que alcancem valores elevados da ordem de 8MPa;
- ◆ Aliviar as tensões e liberar deformações pela abertura de juntas de expansão, que nem sempre se aplicam a casos de componentes de concreto armado.

Infelizmente ainda não são conhecidas medidas corretivas integrais e definitivas, nem consagradas, nem milagrosas. Para qualquer solução de intervenção corretiva adotada é fundamental haver um monitoramento adequado e acompanhamento do desempenho da estrutura afetada durante sua vida útil ◆

Constituem o Comitê de Especialistas do IBRACON, os seguintes profissionais:

1. Alberto Jorge Tavares Cavalcanti, eng., sócio do IBRACON
2. Cláudio Kerr do Amaral, eng., Conselheiro do IBRACON, Mestre em Engenharia EPUSP (Presidente do Comitê)
3. Cláudio Sbrighi Neto, geólogo, Vice-Presidente do IBRACON, Dr. em Engenharia EPUSP
4. Flávio Moreira Salles, eng., sócio do IBRACON
5. Luiz Prado Vieira Jr., eng., Conselheiro do IBRACON
6. Nicole Pagan Hasparyk, eng., sócia do IBRACON, Mestre em Engenharia UFG
7. Paulo Fernando Araújo da Silva, eng., Diretor IBRACON, Mestre em Engenharia EPUSP
8. Paulo Helene, eng., Presidente do IBRACON, Dr. em Engenharia EPUSP
9. Selmo Chapira Kuperman, eng., Conselheiro do IBRACON, Dr. em Engenharia EPUSP (relator)
10. Tibério Andrade, eng., sócio do IBRACON, Mestre em Engenharia EPUSP
11. Vladimir Antonio Paulon, eng., sócio do IBRACON, Dr. em Engenharia EPUSP
12. Walton Pacelli de Andrade, eng., Conselheiro do IBRACON
13. Yushiro Kihara, geólogo, sócio do IBRACON, Dr. em Geociências USP

**TESTE** Tecnologia e Engenharia Ltda

# QUALIDADE PARA SUA OBRA

- Controle tecnológico de materiais
- Gerenciamento e fiscalização de obras
- Perfurações para passagem de tubulações
- Recuperações de estruturas

Tel/Fax: (11) 5041 -8333 Site: www.teste-sp.com.br

# Master em Produção de Estruturas de Concreto

Leonel Tula

O Ibracon considera um sucesso o lançamento de seu novo programa de Cursos de Educação Continuada. O programa batizado como "Master PEC – Master em Produção de Estruturas de Concreto" pretende varrer todas as áreas do processo de produção, controle, uso e manutenção de obras de concreto, abrangendo os conhecimentos práticos e científicos aplicáveis a cada etapa do ciclo construtivo.

Um certificado de Master PEC será conferido pelo Ibracon aos alunos que, num período de 4 (quatro) anos, acumulem 120 horas-crédito em cursos oferecidos pelo programa, e que em atividade avaliativa demonstrem ter adquirido conhecimentos e uma visão integradora das técnicas, materiais e políticas (qualidade, sustentabilidade e responsabilidade social, entre outras), que regem a produção de estruturas de concreto.

O objetivo do Ibracon é desenvolver mais um canal de divulgação da tecnologia do concreto e estimular sua evolução através do melhor exercício dos profissionais vinculados à cadeia produtiva da construção civil.

Mais de 90 alunos assistiram os três primeiros cursos oferecidos, dentre eles 38% sócios da instituição, que gozam de 25% de desconto no investimento, um dos mais baratos do mercado, graças ao Patrocínio que recebe de empresas associadas, interessadas em promover a difusão do conhecimento. O propósito é aumentar o número de beneficiados mediante a filiação de todos os profissionais que buscam reciclar e adquirir novos conhecimentos na área ♦

## CURSOS JÁ OFERECIDOS

**"Patologia das Estruturas de Concreto. Conceituação, Inspeção e Diagnóstico"** - curso de 8 horas oferecido no Auditório da Divisão de Geologia do IPT nos dias 4 e 5 de Abril, com Patrocínio da Sika Brasil.

Os professores Eng. Paulo Barbosa e Eng. Renato Landmann ressaltaram o caráter sistêmico e multidisciplinar dos trabalhos de inspeção, mostraram as principais metodologias de inspeção, assim como os requisitos dos laudos e relatórios técnicos incluindo o diagnóstico de anomalias em estruturas de concreto armado e protendido.

**"O Concreto na Arquitetura"** – curso de 8 horas oferecido no Auditório do Instituto Tomie Ohtake (Faria Lima, 201) nos dias 3 e 4 de Maio com Patrocínio da PhDesign.

O Arq. Ruy Ohtake mostrou, através da discussão de casos de obras, as vantagens e os cuidados durante o projeto e a execução quando do uso do material concreto, sua integração com outros materiais como metal, madeira e vidro, e com o entorno. O Eng. Paulo Helene focou a importância das etapas de concepção, projeto e execução no aumento da durabilidade das obras de concreto. Mostraram-se novos aditivos para concreto autonivelante, pigmentos para colorir, tratamentos superficiais, concreto estampado, concreto branco, e outras novidades com a participação de profissionais da Cauê, da Grace e da Vanxess.

**"Sustentabilidade e Responsabilidade Social. A contribuição do Concreto"** – curso de 8 horas oferecido no Auditório da Divisão de Geologia do IPT em 6 de Maio, com Patrocínio da Holcim.

Ao longo dos últimos dez anos o Ibracon tem sido pioneiro, através de seu Comitê Técnico sobre Meio Ambiente, da defesa e valorização das políticas de sustentabilidade e da difusão de conhecimentos para a implantação no país de tecnologias de reciclagem, melhor aproveitamento dos recursos gerados, e pela preservação da natureza. Os últimos eventos organizados pela instituição remetem ao tema da ética e da responsabilidade social, onde o Ibracon também quer desempenhar seu papel de vanguarda. O curso do professor Geól. Everaldo Marciano apresentou os mais modernos conceitos e abordou, através da discussão de casos, como trabalhar inteligentemente por uma construção sustentável.

# Comitê Brasileiro de Barragens

## Aspectos Institucionais

O Comitê Brasileiro de Barragens - CBDB é uma organização não governamental, destinada a encorajar a troca de informações e de experiências adquiridas em planejamento, projeto, construção e operação de grandes barragens. O Comitê é filiado à Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB-ICOLD) que funciona por intermédio dos comitês nacionais dos países membros, totalizando hoje oitenta e três comitês instituídos para o desenvolvimento de trabalhos técnicos e pesquisas científicas relativas aos empreendimentos hidráulicos, seus benefícios econômicos e sociais bem como aos impactos decorrentes de suas implementações. No Brasil, a CIGB-ICOLD é representada pelo Comitê Brasileiro de Barragens.

Após a Assembléia Geral, o órgão superior do CBDB é seu Conselho Deliberativo constituído pelos ex-presidentes e por mais dezoito membros, sendo seis eleitos pelos sócios mantenedores e coletivos e doze pelos sócios individuais. O órgão executivo do Comitê é sua Diretoria composta por cinco membros do Conselho Deliberativo, sendo um Presidente, um Vice-Presidente, um Diretor-Técnico, um Diretor de Comunicações e um Diretor-Secretário. As finanças são verificadas pela Comissão Fiscal constituída por quatro membros, dois eleitos pelos sócios mantenedores e coletivos, e dois eleitos pelos sócios individuais. A sede do Comitê é no Rio de Janeiro, à Rua Real Grandeza,

219, bloco C, sala 1007, CEP: 22.281-031. Conta ainda o CBDB com Núcleos Regionais instalados em São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Goiás/Brasília, Rio de Janeiro, Bahia, Pernambuco e Ceará.

## Histórico

Tendo em vista o grande salto que estávamos começando a experimentar, principalmente na área energética, na virada dos anos cinquenta para os anos sessenta, tornou-se necessária a criação de uma entidade brasileira filiada à Comissão Internacional. Nessa época, o país evoluía da construção de barragens baixas e médias (há somente cinco anos antes, havia sido concluída a primeira barragem de altura superior a 50m, em Boqueirão das Cabaceiras) e de hidroelétricas de pequena capacidade instalada para barragens e hidroelétricas como Paulo Afonso, Furnas, Três Marias e Jupuíá, ingressando numa era de obras de grande vulto. Motivados pelo acima exposto, engenheiros que, naquela época, estavam assumindo gradativamente as responsabilidades das atividades técnicas relacionadas à implantação de barragens no país, se reuniram em assembléia geral no dia 25 de outubro de 1961 no Clube de Engenharia, no Rio de Janeiro, para fundar e aprovar os estatutos do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens. Foi eleito no ano seguinte, para presidente, engº Flávio H. Lyra que exerceu este cargo através de três reeleições, até 1976.

Atualmente o Comitê é dirigido pela sua décima sexta diretoria que, a exemplo

das anteriores, foi escolhida pelos membros do Conselho Deliberativo, cuja composição é definida através de eleição direta pelos associados, realizada a cada três anos.

## Objetivos

Para consecução de sua finalidade cabe ao CBDB:

- ◆ Promover conferências, seminários e congressos e editar publicações, visando ao intercâmbio de conhecimentos;
- ◆ Colaborar com a elaboração de legislações específicas sobre o uso múltiplo dos recursos hídricos, principalmente quanto à segurança das barragens e divulgá-las atuando para atualização e cumprimento das mesmas;
- ◆ Divulgar conhecimentos relativos a aplicações de critérios e metodologias referentes ao seu escopo;
- ◆ Estimular pesquisas técnicas e científicas;
- ◆ Estimular o interesse de entidades de ensino e estudantes e propor aos poderes públicos medidas que visem assegurar a qualidade, a segurança e a economicidade das barragens;
- ◆ Colaborar com entidades que planejem, projetem, construam ou utilizem barragens e obras conexas, com vistas ao aperfeiçoamento de seus métodos de planejar, projetar, construir e observar o comportamento desses empreendimentos;
- ◆ Colaborar com a Comissão Internacional de Grandes Barragens em tudo que se tornar necessário e/ou conveniente;
- ◆ Propugnar pela ética nos assuntos da engenharia de barragens.

## Atividades

O Comitê tem promovido regularmente, desde 1962, o Seminário Nacional de Grandes Barragens cuja última edição, a vigésima sexta, foi realizada em abril do corrente ano em Goiânia. Outro evento regular do CBDB é o Simpósio sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas cuja

próxima edição, a quinta, será realizada em Florianópolis em abril do próximo ano. Vários outros eventos, seminários, simpósios e "workshops" têm sido realizados ao longo dos anos, abrangendo assuntos os mais variados como por exemplo: Reatividade Alkali-Agregado, Instrumentação de Barragens, Concreto Compactado a Rolo, Barragens de Enrocamento com Face de Concreto, e muitos outros. Os Núcleos Regionais promovem com bastante regularidade ciclos de palestras, visitas técnicas e "workshops".

Outra atividade importante é a publicação de livros e boletins que já formam um grande acervo de publicação técnicas do Comitê. Entre outros, podemos destacar os dois mais recentes, de grande sucesso, que são o *Main Brazilian Dams II* e o *Large Brazilian Spillways*. Esta atividade é apoiada pelo trabalho importantíssimo das Comissões Técnicas cujo trabalho constitui a base técnica do CBDB.

## Conclusão

O Comitê Brasileiro de Barragens possui hoje cerca de 1200 sócios individuais e 50 sócios corporativos espalhados por todo o Brasil. Pretendemos estreitar os laços de trabalho com as diversas associações de profissionais do país, tais como o IBRACON, a ABMS, a ABGE etc. Para tanto, colocamos à disposição todos os nossos recursos que podem ser acessados através de nosso site na internet: [www.cbdb.org.br](http://www.cbdb.org.br) ◆



## Programas Interlaboratoriais e sua Importância no Controle Tecnológico e da Qualidade

Rita Moura Fontes

Depto de Eng. Civil da Universidade Mackenzie

Luiz Eduardo de Souza Ribeiro

INMETRO

Helder Gomes Costa

Prof. da Universidade Federal Fluminense

O cenário de mercado nacional cada vez mais competitivo e exigente em relação ao avanço tecnológico, com a abertura para o Mercosul e a globalização, a implementação da qualidade nas empresas tem sido a tônica na busca da satisfação das expectativas dos clientes.

Há de se convir que o Código de Defesa do Consumidor tem exercido um papel relevante para a melhoria contínua dos padrões de qualidade. Neste contexto está inserida a construção civil que, infelizmente, tem se destacado perante à imprensa devido a insucessos na execução de obras onde o grande vilão tem sido a ausência de um controle da qualidade compatível com o desenvolvimento tecnológico.

Enquanto o controle tecnológico visa verificar se estão sendo atendidas as especificações tanto do material como de sua aplicação, o controle da qualidade é mais abrangente, uma vez que envolve também a referência normativa e análise quanto ao atendimento ou não das especificações do empreendimento, além da verificação da adequação das instalações e equipamentos, a calibração dos instrumentos e equipamentos utilizados para medição de qualquer propriedade, dos métodos e documentação utilizados, da competência técnica e da experiência profissional dos profissionais envolvidos.

A ABRATEC – Associação Brasileira de Empresas de Laboratórios de Controle de Qualidade foi criada em 1999 com a finalidade de buscar a excelência do controle tecnológico e da qualidade na construção civil.

As empresas associadas possuem sistema de qualidade implementado e avaliado pelo INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia e Normalização Industrial, ou, em alguns casos estão em processo de implementação.

Os procedimentos adotados para a acreditação, seguem os padrões internacionais de qualidade constantes na NBR ISO/IEC 17025 - "Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração".

Entre outros requisitos de acreditação dos laboratórios pelo INMETRO, que integram a RBLE - Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio está a participação, anualmente, nos programas de proficiência de ensaio, ou seja, no Programa Interlaboratorial.

Entre os objetivos da RBLE do INMETRO, dentre outros, está o aperfeiçoamento de padrões de ensaio e gerenciamento das empresas de serviços de controle tecnológico e da qualidade que prestam serviços no Brasil;

a identificação e o reconhecimento oficial destas, a promoção da aceitação dos dados de controle, ou seja, a implementação de políticas que incentivem a demanda por serviços de laboratórios acreditados, bem como a divulgação das vantagens desses serviços, tanto nacional quanto internacionalmente, além da utilização, de maneira racional, da capacitação laboratorial e de controle tecnológico do País.

Essa utilização compreende: expandir e orientar o desenvolvimento da Rede Brasileira de Laboratórios, tendo em vista o atendimento às demandas dos setores sócio-econômicos, às novas áreas de metrologia e às regiões mais carentes de serviços metrológicos, disponibilizando uma infra-estrutura laboratorial no país com competência reconhecida, visando o atendimento à demanda por serviços de ensaio.

Também se pode citar que para a expansão da infra-estrutura laboratorial (setor de construção civil) na dimensão setorial e regional, é necessário a criação de demanda de mercado, que está sendo estimulada através do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Habitação – PBQP-H ( Programa Nacional do Ministério das Cidades).



Ensaio para determinação da tenacidade em prisma de concreto reforçado com fibras

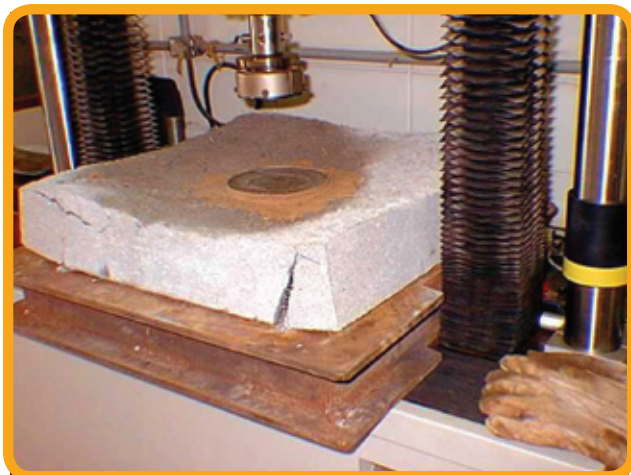
A utilização, de maneira racional, da capacitação laboratorial e de controle tecnológico do País também tem se dado pela conscientização das entidades de classe e governamentais, agências reguladoras, empresas, técnicos e auditores, para os benefícios advindos da utilização dos serviços de laboratórios acreditados.

Complementando-se essa política, pode-se citar o bônus metrologia, que é um benefício das redes estaduais com o SEBRAE oferecendo às micros e pequenas empresas a oportunidade de obter qualidade e confiabilidade nos ensaios, contando com um subsídio de 50% no valor do serviço solicitado e o bônus certificação – Parceria entre SEBRAE e INMETRO garantindo subsídio até 70% para que as micros e pequenas empresas possam certificar produtos, processos e serviços. Na certificação de produtos, é necessário utilizar laboratórios acreditados.

A importância da implementação da qualidade em empresas de laboratórios de ensaios que efetuam o controle tecnológico e da qualidade em obras motivou a criação em 1994 de uma Comissão Técnica de Laboratórios de Ensaio em Construção Civil - CTLE-01, da qual fazem parte todos os laboratórios acreditados ou postulantes à acreditação.

A comissão realiza reuniões mensais, com o objetivo de incentivar a acreditação de novos laboratórios. Destaca-se entre seus grupos de trabalho o GT-2 Programas Interlaboratoriais, que promove e coordena desde 1995 diversos programas de proficiência (interlaboratoriais), que atualmente compreende os de: mistura asfáltica, cimento, concreto endurecido, bloco de concreto, solos e MCT, agregados, argamassa industrializada, argamassa colante industrializada, aço, telas soldadas de aço, peças para pavimentação, placas cerâmicas, telhas, blocos e tijolos maciços cerâmicos.

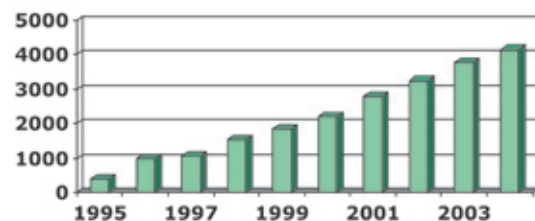
O ensaio de proficiência é uma comparação interlaboratorial, conduzida por um organismo de competência técnica reconhecida, que visa medir a qualidade dos resultados emitidos pelos laboratórios participantes, a partir de amostras semelhantes, em relação a um valor de consenso, ou em relação aos parâmetros de precisão de um método de ensaio específico. Tal avaliação, conduzida sob sigilo absoluto, de modo a manter a integridade do laboratório, é uma ferramenta de gerenciamento do nível de confiança do laboratório e uma medida do seu desempenho em relação às demais organizações participantes, sendo também, com isso, uma ferramenta de "benchmarking".



Ensaio em placa de concreto projetado reforçado com fibras

O objetivo do Programa Interlaboratorial é fazer a verificação de desempenho dos laboratórios de ensaios dentro de uma dinâmica que procede da seguinte forma: uma amostra conhecida do produto – pode ser concreto endurecido, blocos de concreto, argamassa, telhas etc. – é selecionada e distribuída igualmente por laboratórios de todo o Brasil. Esse trabalho é feito pelo provedor do ensaio que tem também a responsabilidade de receber os resultados e analisá-los dentro de um tratamento estatístico. Se há confiança no laboratório, os produtos analisados terão resultados positivos. O resultado final é considerado pelo INMETRO, tanto nas avaliações de supervisão de laboratórios acreditados quanto de laboratórios em fase de acreditação. Os laboratórios que obtêm resultados insatisfatórios devem tomar as devidas ações corretivas.

Evolução do número de ensaios realizados



Ferramenta importante na melhoria do controle da qualidade e tecnológico, esse programa enseja ao laboratório a melhoria tanto na confiabilidade metrológica de seus resultados como nos métodos de ensaio, fornecendo informações sobre a influência de equipamento, dos operadores e da metodologia nos resultados.

O programa interlaboratorial tem a finalidade básica de avaliar o desempenho dos laboratórios participantes, identificando se os desvios cometidos são devidos a erros sistemáticos ou aleatórios, contribuindo desta forma, para a melhoria técnica de todos os laboratórios participantes.

- ❖ Erros aleatórios: ocorrem devido a variabilidade dentro do laboratório, podendo ter origem em operador não devidamente treinado e/ou erros ocasionais como: erro de leituras, erro de cálculo ou erro de transcrição de dados, etc.
- ❖ Erros sistemáticos: ocorrem devido a condição adversa do laboratório, podendo ter origem em modificações não permitidas na metodologia de ensaio e/ou equipamentos não calibrados.

Alertar para falhas aleatórias constituiu outra virtude do programa. Cada laboratório é avaliado à luz do método proposto por Youden (elipse da confiabilidade), utilizado pelo National Institute of Standard and Technology – NIST dos Estados Unidos, que é um teste estatístico aplicável quando o objetivo é a compatibilização de resultados de ensaio.

Este método consiste em uma representação gráfica em um sistema cartesiano, no qual cada laboratório é representado por um ponto, cujas abscissas e ordenadas são os resultados obtidos para duas amostras ensaiadas. É traçada uma elipse com 95% de confiança.

Os laboratórios que apresentam resultados dentro da Elipse de Confiança com dispersão uniforme indicam que existe compatibilidade entre os resultados dos

laboratórios e no caso da dispersão não ser uniforme, devido a um ou mais pontos afastados da maioria, indicam que embora exista compatibilidade entre os resultados dos laboratórios, existem erros significativos dos laboratórios mais afastados, em relação aos demais.

No programa interlaboratorial, os laboratórios também são avaliados pelo Programa Z-score e pelo coeficiente de variação da amostra, para verificar se os desvios encontrados decorrem de erros aleatórios ou sistemáticos.

O programa Z-Score é utilizado para identificar resultados dispersos. O "z-score" entre laboratórios é baseado na soma dos resultados de um par de amostras ensaiadas, enquanto que o "z-score" dentro do laboratório é baseado na diferença dos resultados do par.

O coeficiente de variação da amostra é o quociente do desvio padrão pela média, expresso em porcentagem.

Têm participado desses programas interlaboratoriais, que já totalizam mais de 4000 ensaios (vide figura a seguir, com a evolução dos programas), todos os laboratórios acreditados pelo INMETRO em número de 25. Foram avaliados os seus desempenhos, se garantido o caráter confidencial dos resultados e corrigindo eventuais desvios de natureza sistêmica ou aleatória. Os custos envolvidos são arcados exclusivamente pelos laboratórios envolvidos.

Os benefícios advindos da participação são, entre outros: as empresas participantes que possuem laboratório de ensaio dispõem de uma avaliação externa regular e independente; essa participação no programa constitui uma evidência de sua competência; cada laboratório pode comparar o seu desempenho com o de outros laboratórios semelhantes, e tomar ações preventivas visando à melhoria dos seus procedimentos.



Ensaio de resistência a compressão em blocos de concreto

A participação dos laboratórios acreditados nos programas interlaboratoriais tem sido compulsória e seu bom desempenho é cobrado quando das auditorias aplicadas pelo INMETRO. Assim, um desempenho satisfatório, uma vez consolidado, deverá ser reconhecido pelo mercado ♦

PROGRAMA Nº	PRODUTO ENSAIADO	Nº DE LAB. PARTICIPANTES
01	CIMENTO - ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS	14
02	CIMENTO - ENSAIOS QUÍMICOS	07
03	ARGAMASSA COLANTE	05
04	ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA	09
05	ASFALTO	14
06	BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO	26
07	SOLOS	15
08	SOLOS - METODOLOGIA MCT	07
09	BLOCOS CERÂMICOS	25
10	TIJOLO MACIÇO CERÂMICO	11
11	TELHA CERÂMICA	19
12	PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO	13
13	AÇO	13
14	TELAS DE AÇO	10
15	PLACAS CERÂMICAS	07
16	AGREGADOS	18
17	CONCRETO ENDURECIDO	28



# Concreto Brasil - Pesquisas sobre Concreto no Brasil

Túlio Nogueira Bittencourt

O IBRACON, visando proporcionar aos profissionais das áreas de tecnologia, estruturas e construções em concreto, maiores conhecimentos por meio de incentivos às investigações e pesquisas científicas e tecnológicas, assim como sua divulgação e transferência ao meio, instituiu em 2004 o Projeto Concreto Brasil que contempla o cadastro de projetos de pesquisa nas diversas áreas do Concreto (ver em <http://www.ibracon.org.br/> no setor de P&D).

Os objetivos básicos do Projeto Concreto Brasil são:

- ◆ Levantar junto ao meio técnico as necessidades de pesquisa e desenvolvimento
- ◆ Atuar junto aos órgãos de pesquisa e desenvolvimento estaduais e federais, para criar mais espaço para as pesquisas sobre o concreto
- ◆ Intermediar, coordenar e gerenciar pesquisas de interesse das indústrias ligadas ao concreto.

Durante este último ano o cadastro do Projeto Concreto Brasil recebeu 167 projetos de pesquisa. Desses, 117 são projetos ativos e 50 projetos já concluídos. Na área de Estruturas existem atualmente 97 projetos cadastrados, na de Materiais 58, na de Construção 8 e em áreas Outras correlatas estão cadastrados mais 4 projetos. O montante de recursos utilizado nos projetos, e informados pelos pesquisadores, é de R\$ 2.632.816,00 (dois milhões, seiscentos e trinta e dois mil, oitocentos e dezesseis reais). Cabe salientar que a informação do montante de recursos de cada projeto é facultativa e, por isso mesmo, o valor acima

é bastante subestimado. As informações enviadas estão armazenadas no banco de dados do IBRACON para divulgação aos seus associados, entidades mantenedoras e órgãos de fomento (ver arquivo no endereço indicado acima!).

Lembramos que é fundamental o cadastro contínuo dos trabalhos que Entidades de pesquisas e estudos desenvolvem, ou que tenham desenvolvido, e que sejam pertinentes às áreas de Tecnologia e Estruturas de Concreto e ainda sugestões para pesquisas futuras.

Durante os Congressos anuais do IBRACON, são realizadas Workshops de Pesquisa onde será apresentada a situação corrente da pesquisa no Brasil na tentativa de identificar áreas prioritárias para novos projetos de pesquisa. Essas áreas prioritárias contarão com o apoio do IBRACON e de seus mantenedores na solicitação de recursos junto aos órgãos de fomento para o desenvolvimento de projetos. A primeira edição desse Workshop ocorreu em Florianópolis em 2004 durante o 46º Congresso Brasileiro do IBRACON.

A próxima edição ocorrerá em Olinda durante o 47º Congresso Brasileiro do Concreto em 2005.

O IBRACON procura com esta iniciativa estimular a interação entre as necessidades da indústria e as atividades de pesquisa e desenvolvimento. A própria interação entre os diversos grupos de pesquisa em diferentes instituições será fortemente beneficiada por meio da transferência de informações, abrindo possibilidades de cooperação ◆

# Um Programa para Qualificação de Empresas e de Profissionais de Projeto

Silvio Burrattino Melhado  
Universidade de São Paulo PCC.EPUSP

### Introdução

O movimento pela qualidade na construção de edifícios intensificou-se na década de 90, com ações tanto no campo da iniciativa privada, quanto na área de empreendimentos públicos. Na promoção pública de habitações, o Estado de São Paulo destacou-se pela criação do Programa Qualihab. O Qualihab foi instituído por um decreto do governo do Estado de São Paulo, no final de 1996, exigindo a qualificação de fornecedores de acordo com os requisitos estabelecidos nos chamados Planos Setoriais da Qualidade – PSQs, que, entre outras ações, adaptaram a estrutura e os requisitos da NBR ISO 9002:1994 a uma implementação gradual ou “evolutiva”.

As empresas de projeto, motivadas pela pressão do cliente, pela perspectiva da operacionalização do sistema Qualihab também no setor de projetos e pela expectativa de se diferenciarem no mercado, também se engajaram no movimento pela qualidade. Redigido inicialmente em 1997, após idas e vindas, o PSQ-Projetos foi assinado definitivamente em 15 de agosto de 2002. No entanto, ocorreu em seguida um impasse: as exigências aprovadas nos Planos Setoriais da Qualidade mostraram-se muito “pesadas” diante do porte e das dificuldades econômicas próprias da empresa de projeto típica. Os projetistas relutaram na implementação das metas para o seu processo de qualificação “evolutiva”, estabelecidas nas mesmas bases anteriormente adotadas para as construtoras.

Fenômeno semelhante ocorreu em nível nacional, quando o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) fomentou a redação do seu Programa Setorial da Qualidade de Projetos (em 2002), que não obteve a difusão esperada nos estados, resumindo-se a algumas implementações parciais e isoladas. Essa situação estimulou que se intensificassem os esforços para a busca de modelos para consubstanciar novas proposições.

Na tentativa de estabelecer um novo modelo conceitual, os elementos do programa aqui proposto foram baseados no trabalho de pesquisa conduzido nos últimos nove anos pelo autor deste artigo e pelos Professores Márcio Minto Fabricio e Otávio J. Oliveira (no decorrer do texto, faremos menção a alguns de seus trabalhos).

Esses elementos que compõem o programa para qualificação de empresas e de profissionais de projeto procuram combater as principais deficiências “crônicas” do setor de projetos e incluem:

- ◆ Diagnósticos de mercado;
- ◆ Ações para evolução organizacional das empresas;
- ◆ Implementação de ferramentas de gestão da qualidade específicas para o processo de projeto;
- ◆ Normatização de escopos de projetos e de coordenação de projetos;
- ◆ Ações de qualificação profissional;
- ◆ Monitoramento de indicadores e metas.

Esses elementos são comentados nos itens que se seguem.

### Diagnóstico de Mercado

Pode-se afirmar que qualquer melhoria proposta para a qualidade dos projetos possui relação com o desempenho das empresas de projeto que os produzem.

Porém, se analisarmos tais empresas, no setor da construção civil e, mais especificamente, as que atuam no segmento de edificações, perceberemos que são, na sua grande maioria, micro e pequenas empresas.

Essa característica de porte reduzido se justifica devido a diversos fatores: inconstância da demanda por serviços, pois eles estão diretamente ligados à conjuntura econômica e setorial; reduzida valorização de mercado do produto projeto; desagregação da classe de projetistas, que não constituem grupos organizados, etc.

Escreve o Prof. Oliveira em sua tese, recentemente defendida, que: “Não é possível alcançar todos os potenciais benefícios das recentes mudanças propostas para o processo de projeto se for deixado para segundo plano o sistema de gestão das empresas responsáveis pela sua produção. As mudanças na metodologia de projeto podem trazer vantagens competitivas e agregar valor ao produto edificação, porém, exigem a modernização dos instrumentos de gestão.”

Da mesma forma, só é possível obter o êxito na introdução de uma nova filosofia de gestão no setor de projetos se os profissionais de projeto estiverem comprometidos e convencidos dos benefícios que ela pode proporcionar e realmente queiram implantá-la. A partir do

comprometimento dos profissionais, torna-se possível mais do que simplesmente implementar procedimentos e rotinas, obtendo-se real melhoria da qualidade no processo de projeto. Além da busca da motivação, deve ser igualmente um objetivo obter uma evolução de competências, por meio de mecanismos de atualização profissional.

Assim, o programa proposto inclui ações voltadas à organização geral das empresas, e também as voltadas à melhoria da capacitação dos profissionais de projeto.

## Evolução Organizacional das Empresas

Como afirma o Prof. Fabricio, em sua Tese, o processo de projeto está associado não apenas ao desenvolvimento dos projetos de arquitetura e engenharia, os quais representam a concepção espacial do produto e seu caráter tecnológico, mas deve ser entendido de uma maneira mais abrangente, pela compreensão de suas relações com as demais fases do empreendimento e seus agentes.

Os requisitos essenciais para a qualificação de uma empresa de projeto estão ligados a sua capacidade de considerar efetivamente, em seus projetos, os requisitos do cliente-contratante e dos demais agentes envolvidos no empreendimento, e de estabelecer confiabilidade na prestação de serviço, seja quanto ao cumprimento de prazos, seja quanto à sua disponibilidade e capacidade de resposta, quando solicitado.

Em uma empresa de projetos, para que essa capacidade se manifeste efetivamente, é de suma importância que se melhorem todos os outros subsistemas da empresa (recursos humanos, comercial, finanças, marketing, sistema de informações, etc.), além de outros elementos de gestão como estrutura organizacional, liderança e empreendedorismo, cultura organizacional, de forma a se reunirem as condições mínimas para que o projeto seja desenvolvido com eficiência e eficácia.

Com base no trabalho de Oliveira, citado anteriormente, podemos afirmar que as ações organizacionais devem tratar de funções e processos administrativos essenciais às empresas de projeto, sempre procurando privilegiar a simplicidade e flexibilidade dos procedimentos a serem desenvolvidos e controlados:

- ◆ Estrutura organizacional;
- ◆ Planejamento estratégico;
- ◆ Planejamento e controle do projeto;
- ◆ Gestão de custos;
- ◆ Gestão comercial;
- ◆ Sistema de informações;
- ◆ Gestão de Recursos Humanos;
- ◆ Serviços agregados ao projeto;
- ◆ Avaliação do desempenho.

Essas funções e processos essenciais influenciam de forma significativa o desempenho da atividade

de projeto e sua melhoria é capaz de proporcionar as condições ideais para que o projeto em si evolua.

## Gestão de Qualidade

Vários estudos envolvendo empresas de projeto, realizados no Brasil e no exterior, nos permitiram estabelecer algumas diretrizes genéricas para melhoria do sistema de gestão das empresas de projeto, dentre as quais podem ser destacadas as seguintes:

- ◆ adequação do Sistema da Qualidade ao porte da empresa e a seus recursos;
- ◆ clara identificação dos requisitos dos clientes;
- ◆ visualização sistêmica do processo de projeto, considerando os demais sistemas que compõem a gestão das empresas de projeto e suas interações com o ambiente empresarial à sua volta;
- ◆ desenvolvimento de níveis mais elevados de empreendedorismo e de liderança nas empresas de projeto;
- ◆ consideração das empresas de projeto não apenas como "produtoras de projetos" como, também, prestadoras de serviços;
- ◆ qualificação do sistema de informação da empresa de projeto, sistematizando a comunicação entre empreendedor-projetista, projetista-projetista e projetista-cliente; e
- ◆ retroalimentação sistemática, de forma a viabilizar o aprimoramento contínuo da atividade de projeto e do sistema de gestão da qualidade como um todo.



Propôs-se ao PBQP-H que sejam constituídos grupos regionais de empresas de projeto, nos quais seja criado um processo de adesão organizada das empresas ao Programa que tenha, essencialmente, a finalidade de fomentar o engajamento e a motivação coletiva dos projetistas para a qualidade, incentivando-se a participação e a identificação de lideranças, de forma a se atingir maior legitimidade para o Programa.

Dentro do exposto, prevêem-se as seguintes atividades relativas ao processo de adesão:

- ◆ inscrição em grupos organizados com o apoio das entidades setoriais de projeto (tais como IAB, AsBEA, SINAENCO, ABECE, ABRASIP, entre outras): cada entidade setorial será um pólo de formação de grupos de empresas de projeto interessados em participar do Programa, de tal modo que os grupos formados possam sucessivamente passar a se reunir, melhorar sua capacitação e estabelecer suas prioridades;
- ◆ formalização de metas e prazos para o grupo: o próprio grupo deve discutir e formalizar suas metas e prazos para viabilizar as datas-marco de implementação das ações de gestão que são descritas adiante.

Quanto à gestão da qualidade, o Programa proposto prevê dois estágios de qualificação obrigatórios, totalizando a implementação de sete processos documentados.

Um terceiro estágio, aproximando o sistema do conjunto de requisitos da NBR ISO 9001 pode ser priorizado, se for estabelecida a meta de atender a exigências específicas de projetos de grande porte ou a empreendimentos com características especiais, em que o papel da empresa de projeto assuma relevância excepcional, tal que justifique a inclusão de outros processos para a gestão da qualidade no desenvolvimento dos projetos.

Assim, o Sistema aqui apresentado foi concebido para ser compatível com os requisitos da ISO 9001:2000, mas a decisão de orientar o Programa a uma certificação de acordo com essa norma, ou não, deve ser discutida regionalmente e poderá ser opção de apenas uma parcela das empresas participantes.

Esses estágios são mais detalhados na Tabela 1.

---

## Normatização de Escopos

---

As relações entre contratantes e profissionais de projeto envolvem diversas dificuldades de ordem técnica e comercial, principalmente pela deficiência de normas e regulamentações que efetivamente possam apoiar tal relacionamento. Particularmente, pode-se dizer que há poucos textos normativos reconhecidamente aceitos para a definição do conteúdo dos produtos de projeto a serem entregues, e dos serviços a serem prestados pelos projetistas – ou seja, faltam referências para se definirem escopos de projeto.

Como conseqüência, constata-se uma tendência a distorções na contratação, que estimulam a concorrência por preços sem uma clara relação com a real prestação de serviços e com os produtos a eles associados, além de induzir conflitos entre contratantes de projetos e projetistas durante o processo, configurando prejuízos para a qualidade dos projetos e para o próprio empreendimento.

Como exemplo de iniciativas para melhorar o setor de projetos no tocante a esse relacionamento, pode-se citar a iniciativa criada em São Paulo, por volta de 2000,

em que grupos de trabalho de projetistas estabeleceram uma proposta para o escopo de projetos das principais especialidades (arquitetura e urbanismo, estruturas e sistemas prediais hidráulicos, elétricos e de condicionamento do ar), de forma a contemplar as necessidades típicas de empreendimentos imobiliários. Como seqüência dos primeiros anos de trabalho, no segundo semestre de 2003, foi formado um grupo para conduzir a elaboração de um escopo para a coordenação de projetos, cujas atividades se encerraram em abril de 2005.

O trabalho como um todo, portanto, consumiu quase cinco anos, tempo esse que foi necessário, principalmente, devido ao seu caráter pioneiro e inovador. Todos esses escopos foram, ao longo de sua elaboração, debatidos e validados em reuniões de trabalho, com a participação de representantes de várias entidades de projetistas e de contratantes de projetos, quais sejam: AsBEA (Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura); ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural); ABRASIP (Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais); SindusCon-SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo); SECOVI-SP (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo).

Um maior alcance desses trabalhos, em nível nacional, poderá ser brevemente estabelecido, por meio de ações de divulgação, eventualmente seguidas por processo de ajuste e validação regional, incorporando-se elementos próprios do mercado em que os escopos servirão como instrumento técnico e contratual para a melhoria dos projetos.

A metodologia, hoje, já está consolidada e acredita-se que o mesmo processo de normatização de escopos pode ser aplicado a outros segmentos de projetos, além daquele voltado ao empreendimento imobiliário. Assim, este grupo de ações foi considerado parte integrante e um elemento fundamental do Programa aqui proposto.

---

## Ações de Qualificação Profissional

---

Deve-se reconhecer que os profissionais de projeto possuem capacidades e características distintas e que, portanto, necessitam de instrumentos eficazes de treinamento e de orientação para melhor desempenharem suas rotinas de trabalho.

Do ponto de vista dos clientes, não é suficiente que a solução de projeto seja intelectualmente elaborada para que ele tenha qualidade. A atividade de projeto envolve prestação de serviço, ou seja, uma organização e mobilização de recursos, de forma mais eficiente possível, para interpretar, compreender e produzir uma transformação nas condições dos clientes (com base na definição de serviço estabelecida por Philippe Zarifian, renomado pesquisador francês). Desse ponto de vista, a competência humana dos profissionais se revela decisiva para a eficiência da solução elaborada, pois é preciso interpretar e compreender as expectativas dos clientes do projeto.

O conhecimento específico em uma especialidade de projeto deve ser associado ao conhecimento de métodos e técnicas de gestão, e ambos exigem constante atualização profissional. As constantes mudanças em produtos, tecnologias, políticas e procedimentos, tornam necessário, sobretudo nas pequenas empresas, readequar as qualificações dos profissionais.

ESTÁGIO PROCESSOS	ADESÃO	ESTÁGIO 1 Núcleo Essencial do Sistema	ESTÁGIO 2 Aperfeiçoamento	ESTÁGIO 3 Expansão
Processo de adesão por grupos	Inscrição em grupos organizados com o apoio das entidades setoriais e formalização de metas e prazos			
P1 Gestão das relações com o contratante		<b>P1.1</b> Identificação e análise de requisitos para o projeto <b>P1.2</b> Programação de Necessidades (briefing)		
P2 Gestão da documentação		<b>P2.1</b> Classificação, identificação e rastreabilidade de documentos de projeto		
P3 Gestão da comunicação		<b>P3.1</b> Registro, encaminhamento e retorno de comunicação interna ou externa		
P4 Gestão de competências		<b>P4.1</b> Diagnóstico e plano de capacitação de pessoal		
P5 Gestão do processo de projeto		<b>P5.1</b> Planejamento do projeto <b>P5.2</b> Análise crítica, verificação e validação		
P6 Gestão da satisfação dos clientes		<b>P6.1</b> Avaliação de resultados pelo contratante <b>P6.2</b> Assistência técnica às obras <b>P6.3</b> Avaliação pós-ocupação		
P7 Avaliação e melhoria		<b>P7.1</b> Avaliação de resultados e do atendimento a metas <b>P7.2</b> Avaliação e melhoria dos processos		
Processos opcionais (aplicáveis a grandes projetos ou a empreendimentos com características especiais)				Política da qualidade; Planejamento do sistema; Análise crítica pela direção; Aquisição; Auditoria interna; Controle de produto não-conforme; Ação corretiva; Ação preventiva

Tabela 1. Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas de Projeto proposto ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)

Completar um curso superior e obter as atribuições para exercício das atividades, conferidas pelos órgãos oficiais competentes, não pode ser considerado como indicador de qualificação para um profissional de projeto. Ainda que a experiência seja inegavelmente útil na sua atividade, é evidente que a educação continuada deve ser, mais e mais, incorporada às exigências par atuação de engenheiros e de arquitetos – esse o papel dos cursos de pós-graduação, *stricto* e *lato sensu*.

As empresas de projeto de edifícios, em sua maioria, caracterizam-se pela atuação de seus proprietários tanto na gestão como na produção técnica dos serviços, o que leva a uma grande dependência entre as suas possibilidades de evolução e o grau de empreendedorismo e liderança dos seus assim chamados “titulares”. Assim, os primeiros a buscarem essa qualificação devem ser os próprios líderes e proprietários de empresas de projeto, ajudando a se criar uma verdadeira cultura da atualização pessoal, tanto para o próprio crescimento como para a sobrevivência da empresa.

## Indicadores, Metas e Auditorias

Em um Programa Setorial da Qualidade de Projetos, os indicadores (e as metas propostas para cada um deles) devem ser coerentes com o diagnóstico inicial elaborado e com a natureza dos objetivos desse tipo de programa, ou seja, voltados à cooperação entre os participantes e à consecução das ações, sempre com destaque para o caráter local e regional. Desse modo, indicadores devem estar ligados à evolução organizacional das empresas e às ações de qualificação profissional, além de medirem os avanços em normalização setorial, e o que pode ser atendido por indicadores que mensurem, por exemplo:

### ◆ **Evolução organizacional das empresas**

Indicadores de evolução na criação, revisão e implementação de processos de gestão;  
Atendimento a metas estratégicas propostas no âmbito setorial;

### ◆ **Formação profissional**

Horas de educação continuada, média por profissional;  
Horas de participação em grupos formados em associações profissionais e instituições setoriais representativas, média por profissional;  
Horas de participação em eventos, cursos e treinamentos curtos, média por profissional;

### ◆ **Normalização setorial**

Criação, revisão e implementação de especificações, procedimentos e manuais de referência.

Para cada um dos indicadores, os grupos locais ou regionais devem definir:

- ◆ a meta que cada indicador deve atingir;
- ◆ o plano para periodicidade de coleta e formas de análise, apresentação e uso da informação produzida pelos indicadores;
- ◆ as ações derivadas dos resultados apresentados pelos indicadores, para efeito de retroalimentação do programa.

Para que as metas de cada empresa reflitam globalmente seus esforços, um sistema de pontuação deve ser estabelecido, atribuindo pontos a cada evolução obtida para cada uma das ações do Programa. Ou seja, duas empresas diferentes poderão ter a mesma pontuação, por

“caminhos” diferentes, uma delas tendo avançado mais na formação de seus profissionais, outra tendo investido principalmente na melhoria organizacional, por exemplo.

## Auditorias

A critério das instituições regionais, pode ser estabelecido um programa de auditorias para garantir a uniformidade dos resultados e estimular o atingimento de metas. Tais auditorias não devem trazer o sentimento de uma “certificação”, que apenas a atuação real das empresas e seus resultados de mercado serão capazes de julgar, mas sim para dar ritmo ao programa.

## Considerações Finais

As empresas de projeto não são empresas com características tais como se encontram no setor industrial, ou mesmo em comparação a empresas construtoras, principalmente se levarmos em conta sua disponibilidade de recursos para investimento em melhoria de seus processos e na qualificação de seu pessoal; poucas empresas nesse segmento, efetivamente, têm condições de criar, implementar e manter um programa da qualidade próprio que seja eficaz.

A perspectiva de um programa setorial, portanto, é aquela que parece mais adequada ao objetivo de elevar a qualidade de produtos e serviços de projeto. E, para isso, ações institucionais ou a partir da formação de grupos demonstraram ter potencial para ajudar a se atingir tal objetivo, pela possibilidade de se difundirem e se fixarem as melhores práticas, de se promover melhor qualificação profissional e, principalmente, de se eliminar a concorrência predatória baseada exclusivamente em preços.

Em São Paulo, em 2003, para adequar o Plano Setorial da Qualidade de Projetos (PSQ) existente, que não havia sido implementado, partiu-se para uma nova concepção do sistema de qualificação de empresas de projeto e discutiram-se suas características e forma de implementação com a Secretaria do Programa QualiHab. Esse novo programa, após revisão e expansão, deu origem ao conteúdo deste artigo.

Acredita-se que, na forma presente, ele possa ser útil à formulação ou reformulação de PSQs de Projetos, tendo como público-alvo as instituições coordenadoras dos programas da qualidade, tanto em nível federal, quanto em nível estadual. Para sua adequação à aplicação como um PSQ, naturalmente, ele deve ser objeto de adaptações, levando-se em consideração cada contexto em que seria aplicado ◆

## Referências

- Silvio Burrattino Melhado. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios. 2001. Tese de Livre-docência – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Otávio J. Oliveira. Modelo de gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios. 2005. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Márcio Minto Fabricio. Projeto simultâneo na construção de edifícios. 2002. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.



**CBC2005**



**IBRACON**

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

**Olinda, Pernambuco, Brasil.  
Set. 2-7, 2005 Centro de Convenções**

## **Concreto, Desenvolvimento e Qualidade de Vida**

### **Presenças:**

Acácio Gil Borsói  
Alexandre Chan  
Sérgio Parada  
Marco Antonio Borsói  
Carlos Fernando Pontual  
James Cagley  
Mohan Molhotra  
Kumar Mehta  
Hugo Corres

### **Painéis Temáticos:**

Segurança de Barragens de Concreto  
Vida Útil das Estruturas de Concreto  
Lições de Areia Branca  
Desafios da Arquitetura Contemporânea  
Interdisciplinaridade entre Arquitetura e Engenharia

### **Concursos:**

Aparato de Proteção ao Ovo, *para estudantes de engenharia*  
Concrebol, *para estudantes de engenharia*  
Ousadia, *para estudantes de arquitetura e engenharia*

## **I FEBRACON - Feira Brasileira de Construções em Concreto**

### **IV INTERNATIONAL ACI/CANMET\***

#### **Conference on Quality of Concrete Structures and Recent Advances in Concrete Materials and Testing**

##### **Participantes HPC 2005:**

Mohan Malhotra  
Bertil Persson  
Magne Maage  
Mario Collepardi  
Suneel Vanikar  
Terence Holland  
Venkataswamy Ramakrishnan  
Charles Nmai  
Benoit Fournier  
Kim Elliott  
Tarun Naik  
P.A.M. Basheer  
Pierre-Claude Aitcin  
Kamal Khayat  
Vute Sirivivatnamon

##### **Temas HPC 2005:**

Chemical Admixtures  
Deformations  
Creep and Cracking Control  
Durability  
Fiber Concrete  
Fire Resistance  
Non Destructive Tests  
Quality Control  
Structural Behavior  
Strengthening of Structures  
Supplementary Cementing Materials  
Sustainability

\* em homenagem ao Dr. Mohan Malhotra, Set. 6-7, 2005

## As Estruturas de Concreto e a Responsabilidade pelo Controle

Egydio Hervé Neto  
Dir. da VentusCore Tecnologia do Concreto

Em 11 de Setembro de 1990 entrou em vigor a Lei 8.078, conhecida como Código de Defesa do Consumidor, a qual, entre inúmeros outros fatos relevantes, elevou as Normas Brasileiras, especialmente as da ABNT, à categoria de instrumentos com força de Lei.

Em junho de 1992 entrava em vigor a NBR 12655 – Preparo, Controle e Recebimento de Concreto, contendo o item 4.1 Responsabilidade pela composição e propriedades do concreto, pela primeira vez definindo o papel do profissional responsável pelo projeto estrutural (4.1.1), profissional responsável pela execução (4.1.2) e profissional responsável pelo controle (4.1.3).

Esta Norma surgiu tendo em vista que a Norma mãe do cálculo estrutural em concreto, a NBR 6118, ou NB1 como era mais conhecida, datando de 1978, encontrava-se bastante defasada das necessidades do mercado e da tecnologia. Revisada em 1996, a NBR 12655 trazia textualmente as seguintes definições sobre o assunto, já com nova numeração:

### **"5 Responsabilidade pela composição e propriedades do concreto:**

*O concreto para fins estruturais deve ter definidas todas as características e propriedades de maneira explícita, antes do início das operações de concretagem. O proprietário da obra ou o responsável técnico por ele designado deve garantir o cumprimento desta Norma e manter documentação que comprove a qualidade do concreto conforme descrito em 5.3."*

### **"5.1 Profissional responsável pelo projeto estrutural**

*Cabem a este profissional as seguintes responsabilidades:*

- registro da resistência característica do concreto,  $f_{ck}$ , em todos os desenhos e memórias de cálculo que descrevem o projeto tecnicamente;*
- especificação, quando necessário, dos valores de  $f_{ck}$  para as etapas construtivas, tais como: retirada do cimbramento, aplicação de protensão (concreto protendido) ou manuseio de pré-moldados;*
- especificação dos requisitos correspondentes à durabilidade da estrutura e de propriedades especiais do concreto, tais como: consumo mínimo de cimento, relação água/cimento, módulo de deformação estático mínimo na idade da desforma e outras propriedades*

*necessárias à estabilidade e durabilidade da estrutura, durante a fase construtiva e durante sua vida útil, conforme a NBR 6118.*

### **5.2 Profissional responsável pela execução da obra**

*Ao profissional responsável pela execução da estrutura de concreto cabem as seguintes responsabilidades:*

- escolha da modalidade de preparo do concreto;*
- quando a modalidade for concreto preparado pelo executante da obra, este deve ser o responsável pelas etapas de execução do concreto e pela definição da condição de preparo;*
- escolha do tipo de concreto a ser empregado e sua consistência, dimensão máxima do agregado e demais propriedades, de acordo com o projeto e com as condições de aplicação;*
- atendimento a todos os requisitos do projeto, inclusive quanto à escolha do tipo de cimento portland a ser empregado;*
- aceitação do concreto;*
- cuidados requeridos pelo processo construtivo e pela retirada do escoramento, levando em consideração as peculiaridades dos materiais (em particular do cimento) e as condições de temperatura.*



Reabilitação de estrutura de concreto corroído por carbonatação



### 5.3 Responsável pelo recebimento do concreto

O responsável pelo recebimento do concreto, definido em 4.5<sup>1</sup>, é o proprietário da obra ou o responsável técnico pela obra, designado pelo proprietário. A documentação comprobatória do cumprimento desta Norma (relatórios de ensaios, laudos e outros) deve estar disponível no canteiro da obra, durante toda a construção, e ser arquivada e preservada pelo prazo previsto na legislação vigente, salvo o disposto em 4.3.2<sup>2</sup>.”

A transcrição de todos estes itens da Norma, inclusive em notas de rodapé deste artigo é fundamental para a informação que pretendemos fornecer. Nosso objetivo é demonstrar que uma boa parte do escopo definido para os diversos profissionais responsáveis aqui citados deixou de ser cumprida pelo desconhecimento dessa Norma.

Não divulgar claramente a norma em cada item foi uma situação especial que prejudicou, de certa forma, toda a compreensão do papel dos profissionais em relação ao projeto e à execução, trazendo confusões de responsabilidade que prevalecem até hoje. A NBR 12655 é uma Norma essencialmente de controle, e neste sentido, foi muito benéfica ao campo da Tecnologia de Concreto. Já a NBR 6118:1978 era uma norma de projeto e execução, portanto mais abrangente. O advento da NBR12655, surgida em 1992 e versando sobre uma parte da NBR6118 vigente, era uma novidade e pela lógica e o bom senso, como Nova Norma (mais recente), deveria prevalecer sobre os itens colidentes com a NBR6118 então vigente.

Isto não ocorreu. A NBR12655 “não pegou” integralmente, especialmente entre os Projetistas de Estruturas, que sequer a conheceram. Contribuiu para isto o fato de ser a NBR12655 uma Norma do CB-18 “Cimento, Concreto e Agregados” e a NBR6118 uma norma do CB-2 “Construção Civil”, dois comitês independentes e de participantes diferenciados dentro da ABNT.

O tempo passou, a NBR6118:2003 foi lançada com escopo apenas de Projeto, e isto nos permitiu colocar todas as informações no seu devido lugar. Mas ainda resta um enorme trabalho de compreensão dessas Normas e das informações que elas trazem para a Engenharia de Estruturas. Parece simples mas há um enorme trabalho de aproximação a ser feito entre os Projetistas de Estruturas, que estavam com a NBR6118:1978 no Comitê CB-2, e os Tecnologistas de Concreto, mais próximos ao CB-18. Havia como que uma divisão em termos de tecnologias contida em cada escopo desses comitês que se traduzia em uma separação involuntária mas consistente, prejudicando os interesses comuns pelas estruturas de concreto, inclusive seu custo, durabilidade e segurança.



Corrosão de armaduras por cloretos em apoio de ponte rodoviária

Um exemplo típico é a crença, de parte do Projetista de Estruturas, de que a responsabilidade pela execução é totalmente afeta ao Construtor. Este por sua vez, acredita que a responsabilidade pelo preparo e controle do concreto é totalmente da Empresa de Serviços de Concretagem. Neste cenário perdeu força a figura da Empresa de Controle.

Nos conteúdos da NBR 12655 que transcrevemos, as responsabilidades do Projetista Estrutural exigem a apresentação de informações sobre o concreto com a identificação de seus parâmetros de resistência e módulo de deformação em diversas etapas executivas, além de propriedades especiais em sua composição relativas à durabilidade. Em boa hora temos hoje na NBR 6118 todas as indicações que permitem definir, através de estudos preliminares, as condições do concreto para as situações que deverá enfrentar com a necessária qualidade. Embora de uma maneira geral o Projeto possa indicar parâmetros qualitativos da própria Norma, em alguns casos o Projetista deverá providenciar estudos laboratoriais específicos para garantia da qualidade no Projeto, especialmente em regiões com recursos limitados em materiais componentes (cimento, agregados, aditivos).

Outro aspecto que se torna mais patente no escopo do Projetista é sua maior presença nos momentos críticos de desforma, protensão e outros carregamentos intermediários – para os quais é de sua responsabilidade especificar valores de qualidade do concreto – no sentido de confirmar a qualidade exigida, única forma de liberar a

<sup>1</sup> NBR 12655:1996: “4.5 Recebimento do concreto

O recebimento do concreto consiste na verificação do cumprimento desta Norma, através da análise e aprovação da documentação correspondente, no que diz respeito às etapas de execução do concreto e sua aceitação.”

<sup>2</sup> NBR 12655:1996: “4.3.2 Concreto preparado por empresas de serviços de concretagem

A central deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de execução do concreto (ver 4.1), bem como as disposições da NBR7212. A documentação relativa ao cumprimento destas prescrições e disposições deve ser arquivada na central dosadora e preservada durante o prazo previsto na legislação vigente.”

#### “4.1 Etapas de execução do concreto

As etapas de execução do concreto são as seguintes:

- a) caracterização dos materiais componentes do concreto conforme a NBR 12654;
- b) estudo de dosagem do concreto;
- c) ajuste e comprovação do traço do concreto;
- d) preparo do concreto.

#### 4.2 Preparo do concreto

Consiste nas operações de execução do concreto, desde o armazenamento dos materiais, sua medida e mistura, bem como na verificação das quantidades utilizadas desses materiais. Esta verificação tem por finalidade comprovar que o proporcionamento da mistura atende ao traço especificado e deve ser feita uma vez ao dia, ou quando houver alteração de traço.”

obra à continuidade pelo executante, sob total segurança e com responsabilidades preservadas. Naturalmente caberá ao Projetista aprovar o método executivo, especialmente o Projeto de Cimbramento, apresentado pelo Construtor.

Um Projeto de estruturas passa a ser mais envolvente na medida em que os recursos do concreto são explorados na busca de menores prazos executivos, por parte do proprietário e do executor, e cabe ao Projetista demonstrar a capacidade do seu Projeto em relação a essas exigências, sendo comprometido de uma forma ainda mais claramente responsável, na medida em que isto o tornará mais competitivo no mercado.

Ao Construtor, responsável pela execução do concreto, a NBR12655 atribui a responsabilidade de decidir como vai preparar o concreto. Considerando a possibilidade de terceirizar o serviço, através de uma Empresa de Serviços de Concretagem, contará com ajuda especializada e recursos que lhe facultarão estabelecer uma logística adequada ao ritmo de sua obra. Isto dificilmente poderia ser conseguido com concreto feito em obra, uma vez que o custo da especialização e equipamentos exigidos, além da absorção das perdas, não é competitivo onde as concreteiras existem. Além disso, a divisão de responsabilidades se torna vantajosa, por se ter de quem exigir e receber apoio.

Entretanto, é preciso ser bem entendido que à empresa de concreto caberão as responsabilidades restritas ao item 4.3.2 da Norma: materiais, dosagem e mistura. O serviço dessas empresas não pode ser confundido com a concretagem toda, uma vez que o transporte interno na obra, o lançamento nas formas, o adensamento e acabamento e, especialmente a cura, são responsabilidade da Construtora. O que a Construtora pode exigir da Concreteira é: a dosagem para atendimento aos parâmetros estruturais definidos no Projeto (em todas as etapas e durabilidade), bem como as condições de aplicabilidade (trabalhabilidade) e ritmo de fornecimento da mistura fresca. Portanto, a Construtora deve fornecer à Concreteira os dados do Projeto referentes ao concreto, com a devida antecedência, e esta deve se comprometer a atender estas prescrições, inclusive apresentando resultados de estudos laboratoriais que comprovem esta capacidade com os materiais que trabalha.

Deve ficar claro que à obra cabe a responsabilidade de seguir os procedimentos adequados quanto ao seu escopo, inclusive a cura do concreto, para que a qualidade do concreto dosado e misturado pela Concreteira não se altere.

Esta forma de encarar o entendimento entre as empresas que executam a concretagem faz com que a relação profissional seja muito mais estreita, por conta das claras responsabilidades envolvidas. Esta contratação tem que ser mais por relações de funcionamento e menos por questões de preço, pois o que se deseja garantir é o ritmo com qualidade, obra sem interrupções e com atendimento à qualidade garantido.

Quanto ao controle da qualidade na concreteira, realizado segundo as prescrições da NBR 7212, as Construtoras precisam entender que não é válido para o controle das obras! As concreteiras têm seu próprio controle interno, nos moldes de um "controle industrial", fazendo parte de seu Sistema da Qualidade, que por sua vez provê a garantia da qualidade para sua Alta Administração. Por conta de bons resultados internos – medidos pelo desvio padrão da produção – ela pode arriscar-se mais ou menos, buscando economia e segurança sempre, como compromisso de aperfeiçoamento, produtividade e redução

de perdas. Os índices de amostragem da NBR 7212 são menores do que os exigidos pela NBR12655, que é a norma exigida no controle da obra e, portanto, não podem ser utilizados pela obra, por serem insuficientes para o controle com qualidade garantida.

Imagine-se uma concretagem de pilares em que um determinado número de peças tenha sido concretada com concreto não amostrado (!?). Paradoxal é que as concreteiras, conscientes dessas limitações, sempre advertem seus contratantes sobre a necessidade de terem seu próprio controle nos termos da NBR12655.

Assim, o controle da obra deve ser feito através da NBR12655, definindo-se previamente os lotes que constituem as diversas concretagens, o seu índice de amostragem em função das características próprias definidas na Norma e o número de corpos de prova necessários à determinação dos parâmetros estruturais do concreto em diversas situações e idades.

E aqui trazemos de volta a importante Empresa de Controle. Contratada pela Construtora ou pelo Proprietário, será ela a responsável por realizar a amostragem do concreto fresco para determinação do atendimento à trabalhabilidade, com poderes e claras definições sobre os procedimentos de aceitação/rejeição do concreto fresco, e proceder às moldagens dos corpos de prova para ensaios de Resistências e Módulos de Elasticidade em diversas idades. Caberá à esta Empresa curar os corpos de prova em seu Laboratório e fornecer os resultados nas datas previstas para as decisões de continuidade da obra a serem apresentadas, em nome da Construtora, ao Projetista Estrutural.

São os resultados do controle da Empresa de Controle os únicos válidos para a obra e documentados nos arquivos da mesma. Os resultados da Concreteira, embora disponíveis para a Construtora, conforme prescrito na NBR12655, têm valor restrito ao contrato entre essas empresas, o qual deverá deixar claro que decisões são tomadas com base nos resultados oficiais da Empresa de Controle.

O concreto estrutural encontra-se em uma nova era de progresso tecnológico. Obter concretos com 30MPa ou mais não pode ser conseguido seguindo procedimen-



Deformação em função de impacto

tos pouco seguros e em meio a preocupações com responsabilidades mal definidas. É preciso aproveitar o momento e engenheirar. Se menores prazos são vantajosos, demonstrados por estudos econômicos, cabe-nos, como engenheiros, explorar os recursos do material concreto já disponíveis, e atender à qualidade solicitada. Se novas estruturas mais esbeltas são possíveis, cabe-nos utilizar as qualidades do material concreto para realizar estas estruturas.

Logo, logo nossos colegas Arquitetos vão descobrir este novo material e não restará aos Engenheiros Projetistas outro caminho que o de atender aos desafios e ousadias que virão. Quem se limitará a obras comuns quando dispõe de concretos de 60 ou 120 MPa, resultando em menores volumes, mais leveza e esbelteza, ganhos de espaço que justificam o uso de concretos materialmente mais caros mas sistemicamente mais econômicos?

Todas estas possibilidades, induzidas pelo avanço tecnológico e já presentes nas nossas Normas, estão a demonstrar a importância de resgatar o Engenheiro Tecnologista de Concreto, presente na equipe para apoio ao Projeto e no apoio à execução. As Normas estão definindo escopos que não estão sendo atendidos por falta da contratação deste profissional.

Uma figura que aparece claramente na NBR12655 é a do Proprietário. Esta pessoa, que não é um profissional

da área técnica necessariamente, é o Cliente de todos os demais. É o empreendedor que teve a idéia ou a necessidade do empreendimento e o vê como a solução de um problema que tem a ver com valores sociais e econômicos, mas cuja importância tecnológica é secundária, muitas vezes não percebida por este indivíduo.

Difícilmente um Proprietário deixa de participar do processo criativo ou produtivo do corpo físico da obra e nem sempre toma o cuidado de ter um assessor especializado que o oriente de forma adequada e, assim, leigo mas com poder, pode limitar as possibilidades do Projeto.

Isto tem feito com que muitos avanços tecnológicos estejam atrasados, à espera de "melhores tempos", de maior valorização dos profissionais da Engenharia e da Arquitetura. Isto ocorre por falta de acompanharmos nossas idéias de criteriosos estudos sócio-econômicos, linguagem que pode ser mais bem entendida pelos empreendedores.

Temos que ser cuidadosos mas persistentes. É muito fácil exigir-se uma redução no prazo da obra, difícil é aumentar  $f_{ck}$  e  $E_c$  no Projeto, para atender ao prazo reduzido! Esta percepção de valores precisa ser despertada e posta a serviço do nosso Cliente por nós Engenheiros, responsáveis pela segurança, qualidade e custo das obras ♦

## A Revista **CONCRETO** garante credibilidade em sua circulação dirigida

A revista acaba de obter sua filiação ao **Instituto Verificador de Circulação (IVC)**. Este fato garante a seus anunciantes que a circulação de cada edição é controlada rigorosamente por uma instituição idônea e de credibilidade, como o IVC, conforme os princípios de transparência do Ibracon.

A filiação ao IVC representa a consolidação de um **processo de qualificação progressiva da revista Concreto**, iniciada com a reformulação de sua linha editorial e gráfica, uma marca da nova gestão do Instituto Brasileiro do Concreto.

Quem ganha são todos os agentes da cadeia produtiva do concreto, com um produto mais diversificado tematicamente e esteticamente melhor planejado.

No *relatório auditorial* feito pelo IVC na edição nº 38 consta uma tiragem líquida de **5000 exemplares** distribuídos para todo território nacional. A maior concentração da circulação da revista encontra-se no Sudeste, com 60,9%. A revista é distribuída para:

- ♦ **1.587** construtoras e empreiteiras
- ♦ **960** escritórios de engenharia e arquitetura
- ♦ **618** órgãos públicos federais, estaduais e municipais
- ♦ **491** fabricantes de cimento, de concreto, de aditivos, de materiais e equipamentos de construção
- ♦ **446** entidades de classe
- ♦ **177** universidades e instituições de ensino e pesquisa
- ♦ **408** outros ramos da cadeia produtiva do concreto

O IVC nasceu em 1961, como recomendação do I Congresso Brasileiro de Propaganda, objetivando distribuir informações sobre dados de circulação, fornecidos pelas publicações e, verificar na forma de Auditoria, a circulação líquida, a fim de que a compra e venda do espaço destinado à propaganda se assentassem sobre normas equitativas e baseadas em informações fidedignas.



# Filial da ATEX

## já está em atividade

por Carlos Conti  
Consultor de Imprensa

A filial em Guarulhos (SP) da ATEX do Brasil, líder no mercado nacional em fôrmas de polipropileno para a produção de lajes nervuradas, iniciou suas atividades em junho deste ano. Assim, devido à proximidade, a empresa facilita o transporte e diminui custos para os clientes do Estado de São Paulo e da região Sul do país. Com uma área de 10 mil m<sup>2</sup>, a filial está localizada na rua Rosa Mafei, número 399, no bairro Bonsucesso.

A necessidade da instalação de uma filial da ATEX do Brasil representa o aumento da demanda pelas fôrmas de polipropileno, uma das evoluções da construção civil. Tanto que esta empresa possui hoje mais de 250 mil fôrmas para lajes nervuradas, somente em Minas Gerais, onde se localiza sua sede, desde 1991.

Com variadas dimensões e alturas, as fôrmas de polipropileno atendem aos mais diversos projetos, dos vãos mais modernos ao de maior envergadura. Reforçadas



internamente, garantem deformações mínimas na concretagem. Além disso, o seu reduzido peso permite um fácil manuseio em obra, além da simplicidade na montagem e desmontagem, já que são apoiadas diretamente sobre o escoramento dispensando tabuado.

Esta nova tecnologia vem eliminar inertes tradicionalmente usados em lajes nervuradas, tais como concreto celular, blocos de concreto, tijolos cerâmicos e poliestireno expandido, entre outros. Desta forma, não incorpora peso à laje e resulta em um conjunto esteticamente agradável.

O trabalho da ATEX do Brasil é projetado de acordo com a demanda e especificação de cada obra, quando é feito um estudo de adequação. Pioneira na importação da tecnologia de fôrma de laje nervurada em polipropileno, após aplicação por mais de 40 anos na Europa, a empresa está sempre atenta às inovações do mercado ♦

## Confiabilidade dos Resultados de Ensaios

### Requisito Indispensável para a Melhor Decisão

Fernando Jardim Mentone  
Dir. Executivo da Concremat  
Engenharia e Tecnologia S.A.

#### Introdução

Vem ocorrendo nos últimos anos crescente preocupação das empresas com a melhoria da qualidade e da produtividade, fatores imprescindíveis quando se deseja manter a competitividade.

Verifica-se entre os consumidores, por outro lado, um crescente nível de exigência. Cada vez mais, procuram produtos adequados às suas necessidades, seguros, duráveis e de menor preço. A ampla divulgação dos direitos do consumidor pelos meios de comunicação, a ação do Procon e o respaldo legal do Código de Defesa do Consumidor tornaram a sociedade brasileira mais consciente de seus direitos e motivada a reclamar quando se sente prejudicada.

A verificação da conformidade de um serviço ou de um produto em relação a uma determinada exigência, norma técnica ou especificação é avaliada por meio de inspeções e ensaios que, medindo seu desempenho, fornecerão os subsídios necessários ao julgamento e decisão quanto à sua aceitação ou rejeição.

Os ensaios e as inspeções devem ser realizados adequadamente, para garantir a confiabilidade dos resultados, sendo fundamentais para a tomada de decisões. Houve nos últimos anos um significativo crescimento da atualização das normas técnicas já existentes na construção civil, e também da quantidade de novas normas, especificações e métodos de ensaio, abrangendo um maior número dos materiais e serviços empregados.

#### Objetivo

O presente trabalho trata do significado dos ensaios para a qualidade, da importância da confiabilidade e aplicação dos seus resultados, e apresenta os requisitos a serem cumpridos pelos laboratórios que os executam.

A decisão apoiada em valores medidos ou avaliados qualitativamente, como os resultantes de ensaios laboratoriais, requer destes um grau de confiança que não se limita apenas à padronização da metodologia empregada para sua obtenção. É preciso compreender também a capacidade e competência de quem a conduziu, sua postura ética e diretriz gerencial.



Aplicação de concreto projetado com fibras

#### Ciclo da Qualidade

A compreensão melhor do significado dos ensaios, num contexto mais abrangente, é conseguida baseando-se no ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Deming, que é um padrão gerencial utilizado para o controle de um processo e está representado graficamente na fig. 1.

As letras P, D, C e A significam respectivamente, Plan, Do, Check e Action, que representam as quatro etapas básicas do controle: Planejar, Executar, Verificar ou Controlar e Atuar Corretivamente.

Em cada uma das etapas são desenvolvidas as seguintes atividades:

- ◆ Planejamento (P) - Nesta etapa deve ser efetuado o planejamento do processo ou das ações. Devem ser definidas as metas, bem como as rotinas e procedimentos a serem utilizados para atingi-las. São definidos ainda os parâmetros necessários ao controle.
- ◆ Execução (D) - Na etapa de execução, o planeja-

mento realizado (metas, rotinas e procedimentos, etc.) é transmitido aos envolvidos nas diversas tarefas, para que eles possam colocá-lo em prática.

- Verificação (C) - A verificação consiste nas ações desenvolvidas para constatar se ocorreram ou não desvios em relação ao planejamento (P). Nessa etapa é que se analisam os resultados dos ensaios utilizados como ferramentas para embasar a verificação do processo. A simples constatação da existência de desvios não significa que as causas que os geraram estejam resolvidas e que eles não voltem a ocorrer, o que será feito na próxima etapa.
- Ações Corretivas (A) - Nesta etapa são identificadas as causas dos desvios, estudadas as soluções e implementadas as Ações Corretivas necessárias à obtenção de conformidade com o planejamento.

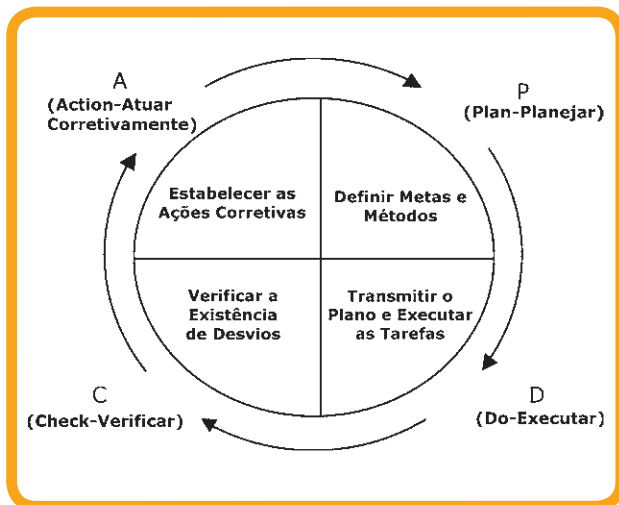


Figura 1 - Ciclo PDCA de Controle de Processos

Pode-se constatar, com base nesse ciclo, que os ensaios, embora representem um pequeno custo na cadeia da produção, exercem importante papel no julgamento do atendimento aos quesitos especificados e influenciam de forma contundente todos os demais custos, consideravelmente superiores.

As conseqüências de ensaios realizados sem o cumprimento de requisitos adequados, que conduzam a resultados falsos ou distorcidos, se refletirão nas próximas etapas, visto que o ciclo da qualidade é contínuo. Erros dessa espécie podem levar a acentuados acréscimos de custos em uma obra, tão severos quanto os custos advindos da não realização da verificação da conformidade, cujas conseqüências vemos amiúde no noticiário.

## Confiabilidade dos Resultados de Ensaios

A confiabilidade dos ensaios somente pode ser obtida quando outra condição mais ampla estiver cumprida: a Qualidade do laboratório que o executa.

Para cumprir essa condição, o laboratório deve se organizar de forma que requisitos técnicos e gerenciais reconhecidos internacionalmente como condicionantes para a confiabilidade dos resultados de seus ensaios estejam devidamente implantados e sob controle. O recurso para que isso ocorra é o desenvolvimento e implantação de Sistema da Qualidade.

O Sistema da Qualidade de um laboratório é o conjunto de medidas adotadas para garantir a qualidade requerida dos ensaios. Essas medidas devem ser sistemáticas (aplicadas de forma continuada) e documentadas (estabelecidas por escrito para que todos possam conhecê-las e aplicá-las).

Os critérios gerais a serem seguidos são aqueles estabelecidos na norma ABNT NBR-ISO/IEC-17025:2001 - Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O Sistema da Qualidade a ser desenvolvido deve abordar todas as condições que venham a interferir na Confiabilidade dos Resultados dos Ensaios. De forma simplificada, pode-se dizer que as condições específicas, ou melhor, os elementos do Sistema que devem ser enfocados podem ser representados em um Diagrama Causa e Efeito. Esse diagrama, conforme o próprio nome sugere, representa a relação entre o "efeito" (aqui considerados Qualidade e Confiabilidade) e as possibilidades de "causa" (aqui considerados os elementos do Sistema), que contribuem para esse "efeito". Os elementos (causas) podem ser agrupados sob quatro categorias conhecidas como os 4M : método, mão-de-obra, material e máquina, resultando o Diagrama da fig. 2.

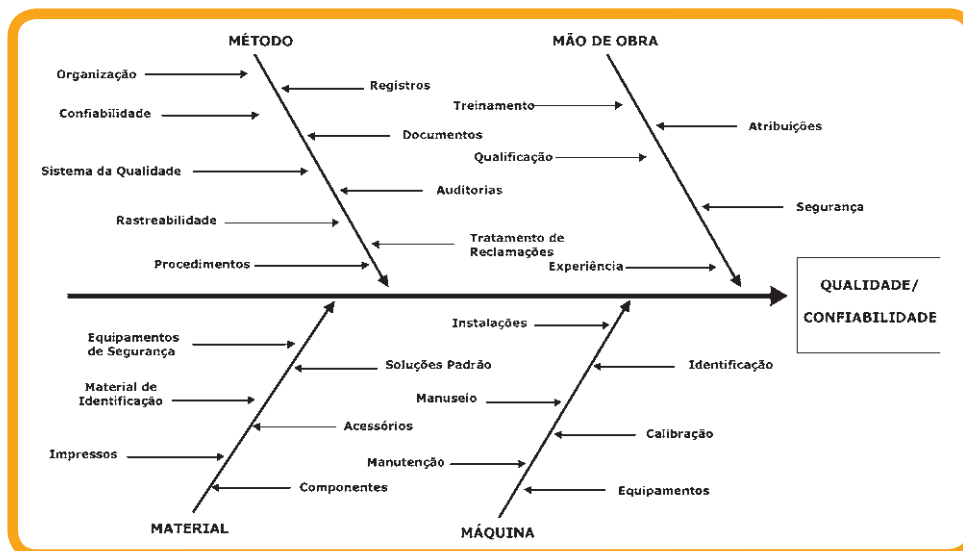


Figura 2 - Diagrama Causa e Efeito, contendo elementos do sistema da qualidade

Os elementos apresentados na fig. 2 devem ser tratados de maneira objetiva e sucinta no Manual da Qualidade do laboratório e detalhados em Procedimentos, todos de conhecimento das pessoas envolvidas com o processo. Devem ser respeitadas as particularidades de cada laboratório.

A norma ABNT NBR-ISO/IEC-17025:2001 considera como adequado o Sistema de Qualidade que descreva e mantenha adequadamente implementados, para exemplo, entre outros, os seguintes elementos:

- ❖ Definição da estrutura organizacional do laboratório e das atribuições e responsabilidades de suas equipes.
- ❖ Definição da estrutura de documentação a ser adotada (com procedimentos adequados para emissão, controle, distribuição, registro e arquivamento).
- ❖ Manutenção de pessoal técnico com qualificação e experiência necessárias, comprovadas e registradas para a realização de suas funções.
- ❖ Programas constantes de treinamento de modo que o laboratório seja capaz de rapidamente se adequar às mudanças nas diretrizes das normas técnicas.
- ❖ Manutenção dos recursos materiais tais como equipamentos, instalações devidamente climatizadas, fornecedores, insumos etc., suficientes e adequados à realização dos ensaios a que se propõe. Os equipamentos de medição utilizados pelo laboratório devem possuir um plano de manutenção e estar devidamente calibrados e com suas medições rastreáveis a padrões reconhecidos.
- ❖ Aplicação de procedimentos para verificar e assegurar a confiabilidade de seus resultados de ensaios. Os laboratórios devem participar de programas interlaboratoriais, controlar as etapas de seu processo e tomar medidas efetivas que demonstrem sua proficiência na produção de resultados. Suas medições devem considerar as incertezas que lhe são atribuídas e as manter dentro de níveis aceitáveis que não prejudiquem o julgamento da conformidade da grandeza medida.
- ❖ O laboratório deve implementar procedimentos que assegurem a confiabilidade sobre os serviços que presta, incluídas a manipulação e divulgação de dados, informações e resultados obtidos.
- ❖ Deve ser mantida em qualquer tempo a rastreabilidade dos resultados produzidos, bem como das amostras confiadas ao laboratório, que, assim como todos os dados fornecidos pelo cliente, são de sua responsabilidade, mesmo depois de processados.
- ❖ O laboratório deve manter um Serviço de Atendimento ao Cliente que acompanha e verifica o nível de atendimento às necessidades legítimas dos seus clientes.
- ❖ O laboratório deve implementar procedimentos para ação corretiva de não conformidades detectadas, quer por reclamações de clientes, auditorias internas ou externas, ou outros mecanismos de verificação de seus processos.
- ❖ Não se pode dispor de resultados cuja significância seja limitada. Para isso, o laboratório deve implementar e manter procedimentos adequados para a amostragem, assegurando a adequação das amostras analisadas, sua representatividade e, por conseguinte, confiabilidade.

Finalmente, a utilização de Relatórios de Ensaios em que os resultados dos ensaios ou série de ensaios são informados aos clientes de forma clara, objetiva e sem ambigüidades é fator preponderante de confiabilidade. A padronização de seu conteúdo, o meio em que são trans-

mitidas as informações, a segurança e a confidencialidade dos dados neles transcritos, os procedimentos para eventuais correções ou acréscimos são aspectos que devem ser considerados com rigor.

## Reconhecimento da Competência - Acreditação

O reconhecimento final da competência dos laboratórios é feito no Brasil pelo INMETRO, autarquia federal e órgão executivo do SINMETRO - Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

A avaliação é feita segundo critérios internacionalmente reconhecidos e utilizados, sendo o objetivo principal do credenciamento garantir a confiabilidade dos serviços prestados pelos laboratórios que compõem a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios - RBLE.

Os Certificados de Acreditação têm validade limitada, que pode ser estendida mediante auditorias periódicas procedidas pelo INMETRO. Dessa forma, os clientes de laboratórios de ensaios podem utilizar o Certificado de Credenciamento como requisito pré-qualificatório de seu fornecedor e proceder ao acompanhamento sistemático de sua atualização.

## Considerações Finais

Engenheiros civis freqüentemente limitam as suas ações em busca da qualidade à simples realização de ensaios em materiais. É preciso considerar o Ciclo de Deming e incluir ações para assegurar a qualidade em todas as etapas de um empreendimento.

É comum considerar a participação dos laboratórios de controle somente nas etapas executivas da estrutura, amostrando e ensaiando materiais. No entanto, a sua contribuição deve iniciar nas fases de projeto e planejamento da execução, o que pode contribuir para o incremento da durabilidade, redução dos custos originados por retrabalho de processos malsucedidos, escolha inadequada de fornecedores, processos executivos e até soluções de projeto.

Pensar na durabilidade da construção em serviço ao longo de toda a sua vida útil, com reduzidos custos de manutenção, além de ser uma prática recomendada, é a razão de ser da boa engenharia e passa necessariamente pela atuação do laboratório na avaliação do meio agressivo, requisitos de projeto e especificações, processos construtivos e qualidade dos materiais ❖



Testemunhos de perfuração em solo e rocha

# Verificação Experimental da Aderência de um Compósito Armado com Fibra de Carbono Colado à Superfície do Concreto

Regina Helena Ferreira de Souza  
Prof. Titular de Estabilidade das Construções do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense  
e-mail: reginasouza@predialnet.com.br

Júlio Antônio da Silva Appleton  
Prof. Catedrático do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico, UTL, Lisboa  
e-mail: julapple@civil.ist.utl.pt

## Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa experimental desenvolvida para estudar a aderência de compósitos armados com fibras de carbono colados à superfície do concreto através de um ensaio de arrancamento. Os modelos experimentais constituíram-se por dois prismas de concreto armado com 30 cm de comprimento e seção transversal de 20 x 20 cm unidos por duas faixas de compósito coladas em duas faces opostas. Durante o teste, fixava-se um dos prismas e tracionava-se o outro. Os deslocamentos relativos eram medidos por meio de um transdutor de deslocamentos afixado entre os dois prismas e as tensões cisalhantes por meio de extensômetros elétricos colados na superfície do compósito. Os resultados dos ensaios mostraram a eficiência do método, o bom desempenho do compósito e confirmaram as informações do fabricante.

**Palavras-chave:** compósitos de fibras de carbono; ensaio de arrancamento; reforço de concreto.

## Abstract

This paper presents the results of a recent experimental research to study the bond of carbon fiber fabrics (two-directional sheets) to the concrete. The experimental models were made of two reinforced concrete prisms 30 cm long and cross-sectional dimensions of 20 x 20 cm longitudinally tied by a composite woven glued at two opposite faces. During the test, one of these prisms was fixed and the other was tensioned. Displacements and strains were measured by means of a displacement transducer placed between these prisms and by electric gages glued along the composite. The test results showed the good performance of the composite bond and confirmed the producer information.

**Key-words:** carbon fiber composites; pull-out test; concrete strengthening.

## Introdução

A reparação e o reforço de estruturas são atividades cada vez mais requeridas no mercado da construção civil, nomeadamente devido a inadequada ou mesmo falta de manutenção, envelhecimento e adequação das estruturas a novos usos. Quando a inspeção indicar que a capacidade resistente à flexão ou ao cisalhamento dos elementos estiver baixa ou insuficiente, é necessário intervir por meio de um reforço estrutural. As características do projeto, como também as diversas técnicas de reforço devem ser consideradas, a fim de se poder definir a melhor estratégia a ser adotada. O uso de materiais compósitos armados com fibras de carbono tem recebido considerável atenção nos últimos anos. A sua utilização, quer sob a forma de laminados, mantas ou folhas flexíveis, é uma alternativa interessante, nomeadamente devido à leveza, que facilita o manuseio e aplicação e ao fato de não sofrer oxidação.

Com o objetivo de aumentar o conhecimento sobre o tema, desenvolveu-se um estudo experimental no Instituto Superior Técnico em Lisboa (IST), onde foram

testadas sete vigas de concreto armado reforçadas à flexão, com diferentes tipos de detalhamento.

Foi utilizado o sistema TFC da Freyssinet que consiste na adição, por colagem, de um tecido bidirecional de fibras de carbono impregnadas com resina epoxi (Souza, 1998; Freyssinet, 1997).

A aderência do compósito ao concreto foi avaliada através de ensaios de arrancamento de pastilhas coladas ao compósito, segundo normalização europeia (CEN 1542, 1995) e pelos ensaios descritos neste texto.

## Programa Experimental

Foram moldados quatro prismas em concreto armado com seção retangular de 20 x 20 cm e comprimento de 30 cm. Estes prismas foram bem armados, para que não sofressem qualquer tipo de dano ao serem tracionados.

No interior destes prismas e ao longo do seu comprimento foram colocados dois tubos de PVC dispostos em dois cantos opostos e um terceiro tubo no meio



do prisma com um trecho de maior diâmetro junto à face. Estes tubos foram previstos para a futura passagem de barras de aço e cabos de protensão, como mostra a Fig. 1.

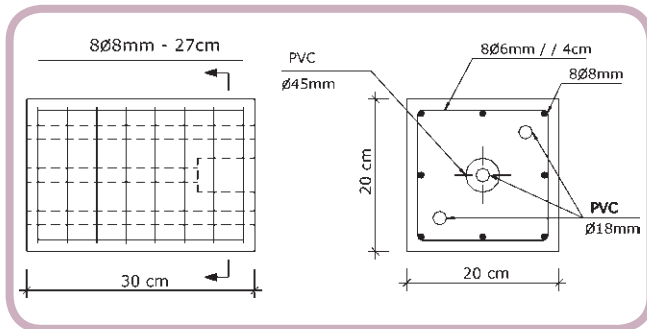


Figura 1 - Detalhamento dos prismas.

Cada modelo de ensaio era constituído pela união de dois desses prismas. A preparação dos modelos consistia em dispor-se uma barra de protensão pelo tubo central do prisma fixando-a com uma cunha que ficava embutida no orifício de maior diâmetro. Os prismas, dispostos com as faces com as cunhas frente a frente, foram unidos dois a dois, utilizando-se para isto duas barras Dywidag passantes pelos tubos de menor diâmetro e apertadas nas extremidades opostas por meio de roscas.

### Aplicação do Compósito

As tiras do compósito foram aplicadas em duas faces opostas do modelo assim constituído, pela equipe da Freyssinet Portuguesa.

Inicialmente, a superfície de concreto foi preparada com a utilização de um martelo de agulhas, de modo a retirar a nata superficial de cimento e conferir uma certa rugosidade. A sequência dos trabalhos realizados consistiu em:

- 1) limpeza do pó de toda a superfície, por meio de ar comprimido (Fig. 2).
- 2) aplicação de uma camada inicial de resina epoxi própria do sistema; (Fig. 3).
- 3) colocação do tecido de fibra de carbono sobre esta resina; (Fig. 4).
- 4) fixação do tecido de fibra de carbono com um rolo (Fig. 5).
- 5) aplicação de nova camada de resina e aperto com uma espátula de pontas arredondadas (Fig. 6). Após a colagem esperou-se pelo menos 3 dias para a realização dos ensaios. A resina epoxi foi preparada misturando-se os seus dois componentes com um misturador elétrico.



Figura 2 - Aspecto da superfície do concreto preparada e limpa.

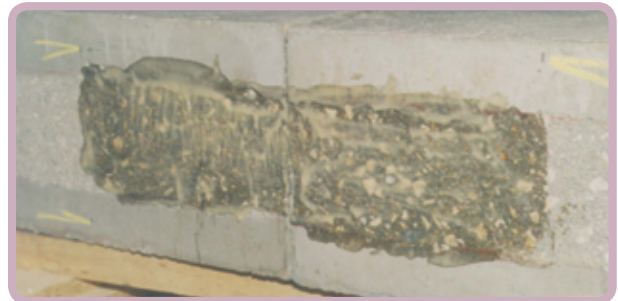


Figura 3 - Aplicação da primeira camada de resina epoxi.



Figura 4 - Aplicação do compósito de fibras de carbono.



Figura 5 - Fixação do compósito de fibras de carbono.

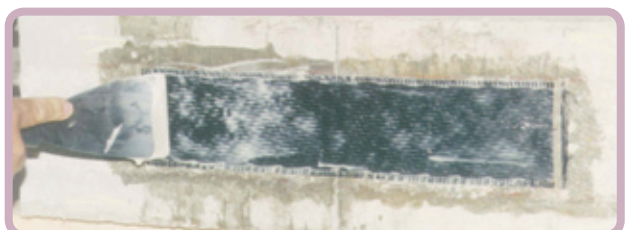


Figura 6 - Aplicação da segunda e última camada de resina epoxi e aperto com espátula.

### Definição dos Modelos

Cada modelo de ensaio foi utilizado duas vezes, com aproveitamento total das suas quatro faces, sendo estudados dois diferentes comprimentos de aderência ( $l_{ad}$ ).

Dois espécimes foram ensaiados para cada um dos dois comprimentos de aderência testados: P1 e P2 com  $l_{ad} = 20$  cm e P3 e P4 com  $l_{ad} = 15$  cm. As resistências à compressão e à tração simples do concreto no momento do ensaio eram, respectivamente, 33 MPa e 3.1 MPa.



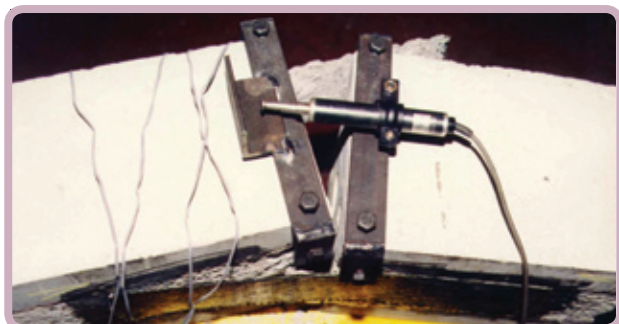


Figura 11 - Vista superior da ruptura de P1.

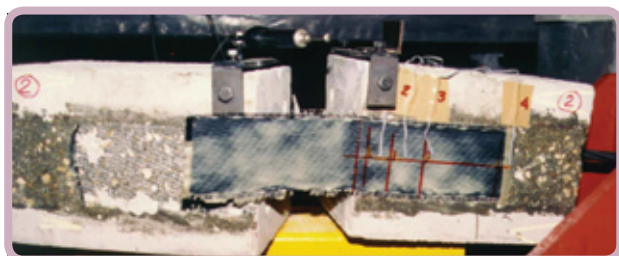


Figura 12 - Aspecto da ruptura de P2.

As Figuras 13 e 14 ilustram o modo de ruptura dos corpos-de-prova P3 e P4.

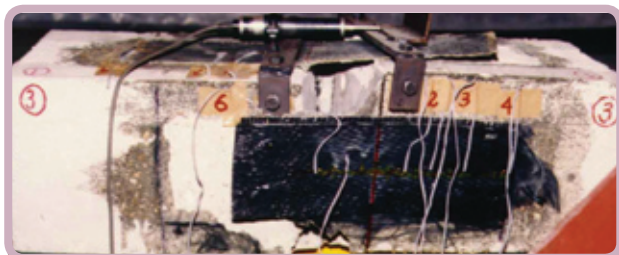


Figura 13 - Aspecto da ruptura de P3.



Figura 14 - Aspecto da ruptura de P4.

## Interpretação dos Resultados

O valor da tensão média de aderência foi estabelecido pela seguinte expressão:

$$\tau_{ad,m} = F / (2 \cdot \ell_{ad} \cdot b)$$

onde:

$\tau_{ad,m}$  = tensão média de aderência  
 $F$  = força de tração aplicada  
 $\ell_{ad}$  = comprimento de ancoragem  
 $b$  = largura efetiva do compósito

## Avaliação dos deslocamentos

No gráfico da Fig. 15 observa-se que os corpos-de-prova com o mesmo comprimento de ancoragem apresentaram comportamento semelhante.

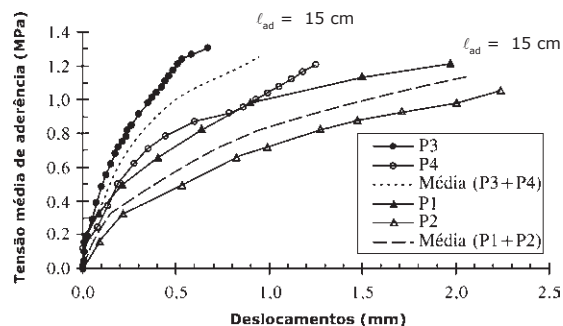
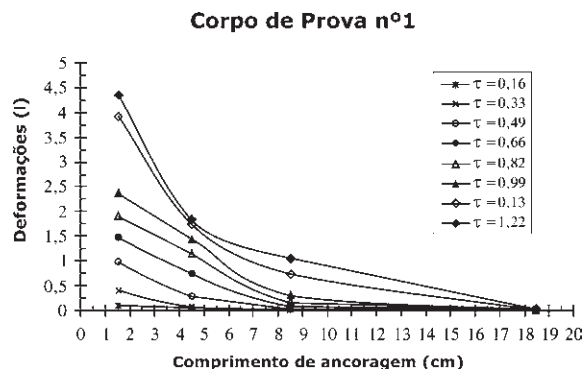


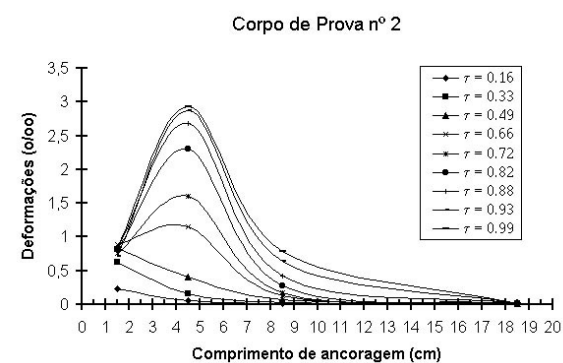
Figura 15 - Gráfico tensão média de aderência x deslocamentos.

## Avaliação das deformações de tração ao longo do comprimento do compósito

Os gráficos das Figuras 16 e 17 mostram as curvas das deformações de tração ao longo do comprimento dos compósitos.

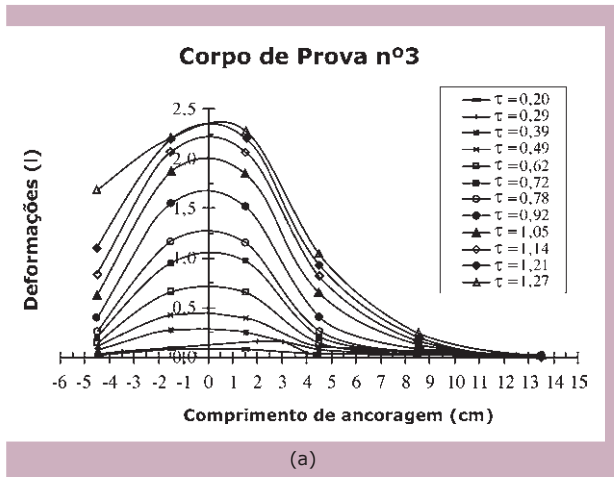


(a)

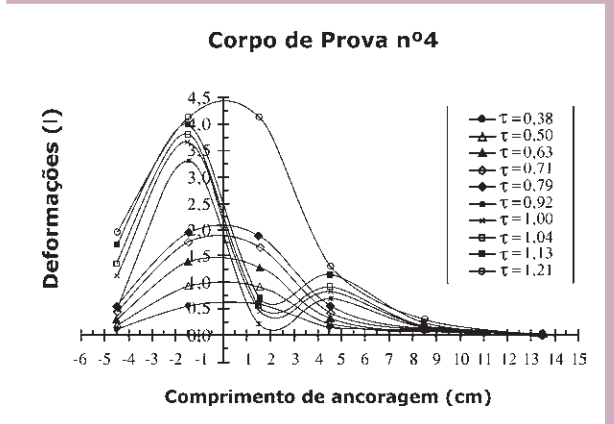


(b)

Figura 16 - Gráficos das deformações ao longo do compósito, com comprimento de ancoragem  $\ell_{ad} = 20$  cm, para valores crescentes da tensão de aderência, em MPa. (a) P1 ; (b) P2.



(a)



(b)

Figura 17 - Gráficos das deformações ao longo do compósito, com comprimento de ancoragem  $\ell_{ad} = 15$  cm, para valores crescentes da tensão de aderência, em MPa. (a) P3 ; (b) P4.

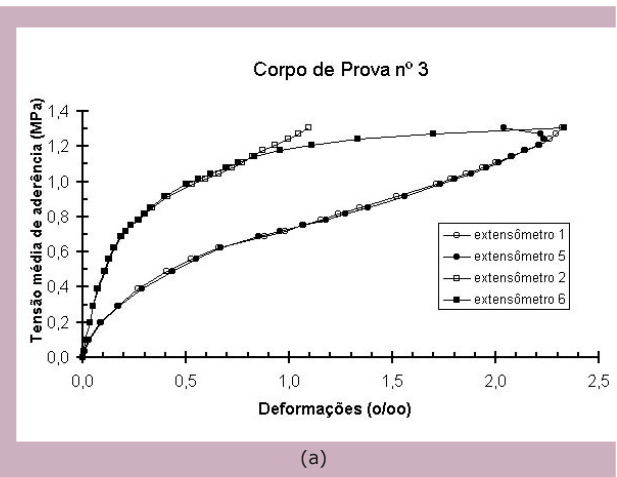
Observando os gráficos da Fig. 16a,b nota-se um pico máximo na curva das deformações de tração no compósito numa região próxima da extremidade interna, diminuindo para valores abaixo de 0.1% na região situada mais ou menos na metade do comprimento de aderência.

No gráfico da Fig. 16b, os baixos valores de deformações registrados pelo extensômetro nº1 confirmam a perda de aderência verificada visualmente neste corpo-de-prova.

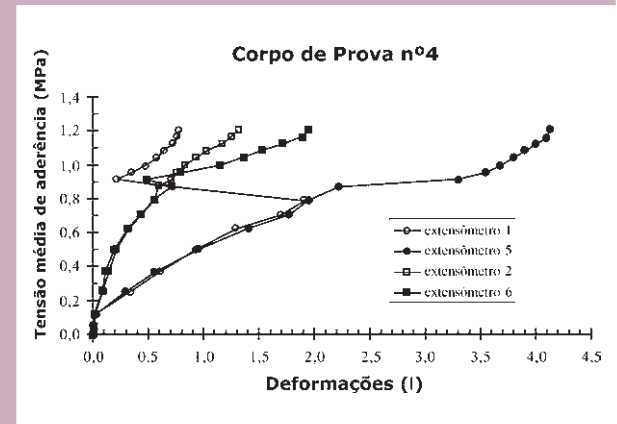
Nos gráficos da Fig. 17a,b nota-se que mais ou menos na metade do comprimento de aderência os valores das deformações já estão bem abaixo do pico máximo e são inferiores a 0.05%.

Na Fig. 17 b verifica-se uma diminuição nos valores das deformações medidas pelo extensômetro 1 a partir da tensão  $\tau_{ad} = 0.79$  MPa ( $\epsilon = 0.19\%$ ), indicando perda de aderência localizada do compósito ao substrato de concreto.

Observando-se, agora, os gráficos da Fig. 18, e com base na semelhança das curvas obtidas com os extensômetros 1 e 5 e 2 e 6, respectivamente, conclui-se que a força aplicada pelo macaco foi uniformemente distribuída ao longo da faixa de compósito colado nas faces dos dois prismas de concreto e demonstra que o esquema de ensaio atendeu aos propósitos esperados.



(a)



(b)

Figura 18 - Tensão média de aderência x deformações. (a) P3; (b) P4.

No gráfico da Fig. 18 b, observa-se novamente a alteração dos valores das deformações lidas com o extensômetro 1, em P4, indicando um provável escorregamento neste ponto. A redistribuição de tensões, entretanto, permitiu um bom comportamento do corpo-de-prova.

### Determinação da Máxima Tensão de Tração no Compósito

Com os valores das deformações máximas de tração, obtidos com as leituras dos extensômetros elétricos colados sobre o compósito e com o valor do módulo de elasticidade é possível calcular os valores das tensões normais máximas no compósito. Estes valores estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores máximos das tensões de tração no compósito

Corpos-de-prova	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\sigma_{\max}$ (o/oo)
P1 - $\ell_{ad} = 20$ cm	460	4,38
P4 - $\ell_{ad} = 15$ cm	434	4,13

## Análise global dos resultados

Analisando-se os resultados dos quatro ensaios verificou-se que o aumento do comprimento de aderência permitiu que os corpos-de-prova suportassem maiores cargas últimas, com menores tensões médias de aderência e maiores deslocamentos. Tal fato pode ser constatado na Tabela 2 e no gráfico da Fig. 15. Tais observações também foram feitas por Chajes et all. (1996) e Nsambu (1997).

Tabela 2. Valores Médios Máximos

Comprimento de Ancoragem	$F_{m\acute{a}x}$ (kN)	$\tau_{ad,m}$ (MPa)	$\Delta$ (mm)
$\ell_{ad} = 20$ cm	35	1,14	2,11
$\ell_{ad} = 15$ cm	29	1,21	1,25

No gráfico da Fig. 19, onde as curvas das leituras dos extensômetros nº1 nos corpos-de-prova P2 e P4 foram corrigidas a fim de clarificar a análise, verifica-se que a redução do comprimento de aderência implica em diminuição das deformações de tração e, conseqüentemente das tensões de tração no compósito mais rapidamente ao longo desse comprimento, sem contudo conduzir a um valor maior da deformação máxima.

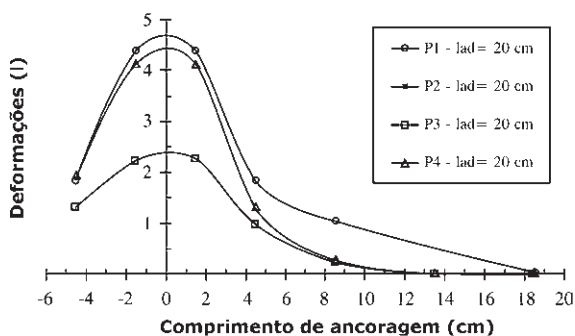


Fig. 19 - Deformações ao longo do comprimento de aderência.

## Comparação com as Instruções do Fabricante

As notas técnicas divulgadas pela Freyssinet sobre o sistema TFC (1997) referem que o comprimento de ancoragem deve ser, pelo menos, igual a 10 cm para um concreto com resistência média à compressão  $f_c \approx 30$  MPa e que no caso de concretos com valores de resistência à compressão de  $20 \text{ MPa} < f_c < 25 \text{ MPa}$ , deve-se tomar para comprimento de ancoragem o valor de 15 cm.

Essas notas técnicas dizem ainda que a tensão de cisalhamento admissível no concreto devido à aderência equivale a 1,5 MPa, o que corresponde a uma força de 1,5 kN por centímetro de colagem sobre um comprimento de aderência suficiente, de 10cm.

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios e através do gráfico de Fig. 20 verifica-se que estas recomendações são coerentes, ou seja, extrapolando-se a curva para um comprimento de 10cm, obtém-se para a tensão de aderência um valor de 1,4 MPa.

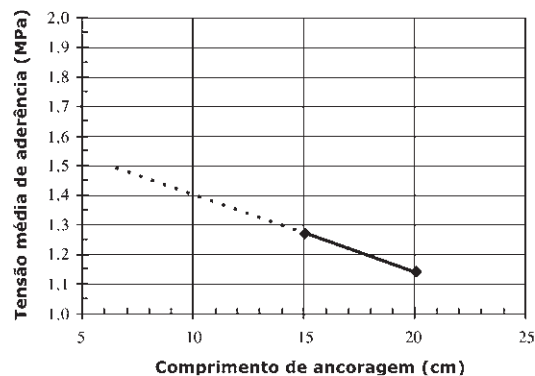


Figura 20 - Gráfico tensão média de aderência x comprimento de aderência.

## Conclusões

Os ensaios realizados mostraram que o aumento do comprimento de aderência refletiu-se em cargas últimas mais elevadas, menores tensões médias de aderência e maiores deslocamentos na ruptura.

A redução do comprimento de aderência permite que as tensões de tração no compósito diminuam mais rapidamente ao longo desse comprimento, sem contudo conduzir a maiores valores da deformação máxima.

No que se refere a este tema, as informações técnicas do fabricante parecem atender ao exigido para a aplicação deste compósito às estruturas de concreto.

Os ensaios realizados permitiram uma avaliação satisfatória da aderência do compósito ao concreto. Contudo, a realização de novos estudos experimentais, considerando outros valores do comprimento de aderência é bem vinda, no sentido de ampliar o conhecimento obtido ♦

## Agradecimentos

Esta pesquisa foi desenvolvida no Instituto Superior Técnico (Lisboa) e na Universidade Federal Fluminense (Niterói), com apoio do IC, CAPES, CNPq e Freyssinet Portuguesa a quem muito se agradece.

## Bibliografia

- CEN 1542. Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Pull-off test. Bruxelas. Comitê Europeu de Normalização, 1995.
- CHAJES, M. et all. Bond and Force transfer of composite material plates bonded to concrete. ACI Structural Journal, Detroit, Mar/Abr 1996, p 208-217.
- FREYSSINET. Cahier des clauses techniques - Renforcement du beton par collage de tissu de fibres de carbone procede TFC. Paris, 1997, 85-107.
- NSAMBU, Resende. Reforço à flexão de vigas de betão armado com laminado de fibras de carbono. Dissertação (Mestrado), Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1997.
- SOUZA, R. H. F.; APPLETON, J. A. S.; RIPPER, T. C. Avaliação do Desempenho de Compósitos Armados com Tecido de Fibras de Carbono como Elemento de Reforço de Vigas de Betão Armado. In: Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Anais ... Lisboa: LNEC, 1998, p 479-488.

# Resposta Térmica Dinâmica do Concreto

Ariovaldo Denis Granja  
Dep. de Arquitetura e Construção,  
Faculdade de Eng. Civil,  
Arquitetura e Urbanismo, Unicamp

Lucila Chebel Labaki  
Profª Titular, Depto. de Arquitetura  
e Urbanismo, Unicamp

## Resumo

O objetivo desta pesquisa é analisar a resposta térmica em regime dinâmico de uma placa horizontal de concreto, submetida a variações na sua espessura. A inércia térmica do sistema foi investigada através da equação unidimensional de condução de calor de Fourier, por um período de 24 h, para o dia típico de verão de Campinas, SP. Mostra-se quantitativamente a influência da inércia térmica na atenuação dos picos da onda de calor. Estas relações podem servir de referência na concepção de fechamentos de concreto térmica e energeticamente mais eficientes, diminuindo a demanda de energia por equipamentos de condicionamento térmico.

**Palavras-chave:** inércia térmica, lajes de concreto, transmissão de calor, massa.

## Abstract

This paper aims to examine methodically the dynamic thermal response of a flat concrete slab, by varying its thickness. Thermal inertia has been addressed using periodic solutions of the equation of heat conduction proposed by Fourier, by means of harmonic analysis, over a period of twenty-four hours. A summer design day for Campinas/SP, Brazil is provided. The influence of the thermal inertia effect on the thermal load leveling is quantitatively shown. Results can be used as guidelines for the conception of thermal and energy-efficient concrete envelopes, reducing energy demands for artificial cooling.

**Key-words:** thermal inertia, concrete slabs, heat transfer, mass.

## Introdução

O cálculo da transmissão de calor em regime permanente pressupõe condições que raramente ocorrem na prática, uma vez que, nestas condições, a capacidade de armazenamento de calor dos fechamentos opacos não é considerada. A análise em regime periódico da propagação de calor através destes fechamentos possibilita o cálculo do amortecimento e do atraso da onda de calor, quantificando-se o fenômeno da inércia térmica. O uso racional da inércia, contemplado já na fase de concepção de projeto, proporciona reduzir a demanda de energia consumida por equipamentos de condicionamento térmico, uma vez que se torna possível dimensionar o fechamento para que os picos de carga térmica sejam atenuados e atrasados.

Trabalhos recentes (PAPST, 1999, PAPST; LAMBERTS, 1999, SZOKOLAY, 2003; DORNELLES; RORIZ, 2003; OGOLI, 2003) investigaram o uso da inércia térmica como estratégia de conforto térmico e de eficiência energética de sistemas de coberturas e paredes, inclusive no tópicio úmido. Trabalhos que investigaram a influência da cor das superfícies externas, bem como da emissividade à radiação solar de onda longa, foram realizados por Bansal, Garg e Kothari (1992) e por Deshmukh et al. (1991). Estudos adicionais neste tema demonstraram que o efeito da cor da superfície externa de sistemas de coberturas e paredes no desempenho térmico e energético destes fechamentos é influenciado pela massa térmica dos cômodos (CHENG; NG; GIVONI, 2003) e também pela

inércia térmica do fechamento quando analisado isoladamente (GRANJA; LABAKI, 2003).

Nesta pesquisa, analisa-se quantitativamente a influência da variação de espessura no comportamento térmico dinâmico de uma placa horizontal de concreto, utilizando-se a teoria da transmissão de calor em regime periódico. Utilizou-se como referencial teórico os trabalhos clássicos de Alford et al. (1939) e Mackey e Wright (1944) com base na equação de condução de calor proposta por Fourier, implementando-se algumas adaptações. O estudo é conduzido para a cidade de Campinas, SP.

## Suposições Assumidas

As principais suposições deste trabalho, visando reproduzir analiticamente o fenômeno da inércia térmica em fechamentos opacos são as seguintes:

- ◆ Os coeficientes de transferência de calor internos e externos são considerados constantes;
- ◆ As variações de temperatura não alteram as propriedades termo-físicas dos materiais;
- ◆ A análise considera um dia típico de verão claro, e a temperatura interna do cômodo é mantida constante;
- ◆ A absorvância à radiação solar  $\alpha$  da superfície externa independe do ângulo de incidência dos raios solares;
- ◆ As paredes possuem altura e comprimento infinitos, porém espessura finita. Desta forma despreza-se os efeitos nas extremidades. Supõe-se o fluxo térmico como sendo unidirecional, suficientemente preciso para fins de engenharia;

- As paredes são constituídas de material homogêneo, e não são considerados os efeitos da umidade, principalmente os de condensação e evaporação, nas superfícies livres da parede. Soluções analíticas para o transporte simultâneo de calor e massa em elementos porosos podem ser encontradas nos trabalhos de Silveira Neto (1985) e Stopp et al. (2003). Simulações considerando o efeito acoplado de calor e massa podem ser conduzidas, entre outros, através dos programas de simulação Moist 2.1 e Umidus 2.0 (MENDES; CELINSKI, 2001).

## Fundamentos Teóricos

A transmissão da onda de calor através da placa horizontal de concreto é analisada utilizando-se a equação de condução de calor de Fourier. A placa é confinada pelos planos  $0 < x < d$ , onde  $d$  é a espessura da placa. O plano  $x = 0$  está exposto à radiação solar, e à temperatura ambiente. Já o plano  $x = d$  está voltado para o interior do cômodo, mantido a temperatura constante  $t_i$ . Em qualquer ponto na placa, vale a equação (ALFORD et al., 1939):

$$\left(\frac{\lambda}{\rho c}\right)\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}\right) = \frac{\partial t}{\partial \theta} \quad (1)$$

A solução da equação (1) é submetida às seguintes condições de contorno:

Na superfície externa da placa:

$$q_e = -\lambda\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x=0} = h_e(t_{sa} - t_{s,e}) \quad (2)$$

onde,

$$t_{sa} = t_{e,m} + \frac{\alpha I}{h_e} - \frac{\varepsilon \delta r}{h_e} \quad (3)$$

é a equação periódica da temperatura sol-ar. A temperatura sol-ar pode ser expandida através de séries de Fourier, com período de 24 h, podendo ser expressa como:

$$t_{sa} = t_{sa,m} + \sum_{n=1}^{\infty} t_{sa,n} \cos(\omega n \theta - \psi_n) \quad (4)$$

Na superfície interna da placa:

$$q_i = -\lambda\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x=d} = h_i(t_{s,i} - t_i) \quad (5)$$

Resolvendo-se a equação (1), submetida às condições de contorno (2) e (5), obtém-se as expressões para a temperatura na superfície interna  $t_{s,i}$ , bem como para a densidade de fluxo de calor através da placa  $q_i$  (THRELKELD, 1970):

$$t_{s,i} = t_i + \frac{1}{h_i} \left[ U(t_{sa,m} - t_i) + \sum_{n=1}^{\infty} V_n t_{sa,n} \cos(\omega n \theta - \psi_n - \varphi_n) \right] \quad (6)$$

$$q_i = U \left[ (t_{sa,m} - t_i) + \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n t_{sa,n} \cos(\omega n \theta - \psi_n - \varphi_n) \right] \quad (7)$$

onde, o coeficiente global de transmitância térmica é obtido pela equação:

$$U = \left( \frac{1}{h_e} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (8)$$

Os demais parâmetros necessários para cálculo de  $t_{s,i}$  e  $q_i$  são:

$$V_n = \frac{h_e h_i}{\sigma_n \lambda \sqrt{Y_n^2 + Z_n^2}} \quad (9)$$

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\omega n}{2\alpha d}} \quad (10)$$

$$\alpha d = \frac{\lambda}{\rho c} \quad (11)$$

$$Y_n = \left( \frac{h_e h_i}{2\sigma_n \lambda} + 1 \right) \cos \sigma_n d \sinh \sigma_n d + \left( \frac{h_e h_i}{2\sigma_n \lambda} - 1 \right) \sin \sigma_n d \cosh \sigma_n d + \left( \frac{h_e + h_i}{\sigma_n \lambda} \right) \cos \sigma_n d \cosh \sigma_n d \quad (12)$$

$$Z_n = \left( \frac{h_e h_i}{2\sigma_n \lambda} + 1 \right) \sin \sigma_n d \cosh \sigma_n d - \left( \frac{h_e h_i}{2\sigma_n \lambda} - 1 \right) \cos \sigma_n d \sinh \sigma_n d + \left( \frac{h_e + h_i}{\sigma_n \lambda} \right) \sin \sigma_n d \sinh \sigma_n d \quad (13)$$

$$\varphi_n = \arctan\left(\frac{Z_n}{Y_n}\right) \quad (14)$$

$$\mu_n = \frac{V_n}{U} \quad (15)$$

## Resultados Numéricos e Discussão

A análise da resposta térmica da placa de concreto foi realizada para o dia típico de verão, para Campinas, SP, cujos dados são os seguintes (GRANJA, 2002):

$h_i = 6,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ,  $h_e = 21,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ,  $t_i = 26^\circ\text{C}$ ,  $\delta r = 63 \text{ W/m}^2$

As propriedades termofísicas adotadas para o concreto foram (ABNT, 1998):

$\rho = 2.200 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 1,75 \text{ W/m K}$ ,  $c = 1 \text{ kJ/kg K}$

Além disso, considerou-se uma absorvância à radiação solar  $\alpha = 0,65$  (cinza) e emissividade  $\varepsilon = 0,9$ .

Para a determinação do dia típico de verão, utilizaram-se dados de temperatura e radiação solar para o período de 1996 a 2000 (GRANJA, 2002). Empregando-se dados horários de radiação solar incidente em superfície

horizontal e valores horários da temperatura do ar para o dia típico de verão, expandiu-se a temperatura sol-ar através de séries de Fourier, para um período de 24 h, seguindo a forma da equação (4). Uma boa convergência de resultados com a curva natural ocorreu utilizando-se dois harmônicos. Para o cálculo dos coeficientes necessários à composição das diversas equações, criou-se a planilha de cálculo TRANSCALOR (GRANJA, 2002). Os parâmetros resultantes para a temperatura sol-ar, para o dia típico de verão (29 de janeiro de 1986), válidos para Campinas, SP, são os seguintes:

Tabela 1 - Análise de Fourier para uma superfície horizontal no dia típico de verão de Campinas (29/01/1986).

n	0	1	2
tsa,m (°C)	36,7		
tsa,n (°C)		22,2	8,6
ψn (rad)		3,368	0,034

Utilizando-se os parâmetros já obtidos, obteve-se os demais coeficientes para o cálculo da temperatura na superfície interna ts,i e da densidade de fluxo de calor qi através da placa de concreto qi. Utilizando-se a forma da equação (6), obteve-se a variação periódica de ts,i na superfície interna da placa de concreto, em função da variação de espessura (TABELA 2 e FIGURA 1).

Tabela 2 - Valores horários em tempo solar da temperatura na superfície interna da placa horizontal de concreto, para as espessuras selecionadas (Dia típico de verão).

ts,i (°C)				
tsolar	d=5cm	d=15cm	d=25cm	d=35cm
0	25,1	29,7	31,7	31,4
1	24,5	28,7	31	31,1
2	23,5	27,8	30,4	30,8
3	22,3	26,9	29,8	30,5
4	21,3	26	29,2	30,1
5	20,8	25,1	28,5	29,8
6	21,5	24,4	27,9	29,4
7	23,7	24,2	27,3	29
8	27,5	24,5	26,9	28,6
9	32,4	25,6	26,7	28,3
10	38	27,4	26,8	28
11	43,3	29,8	27,3	27,9
12	47,6	32,5	28,2	28
13	50,1	35,2	29,2	28,2
14	50,6	37,5	30,5	28,5
15	49	39,2	31,8	29
16	45,6	39,9	32,9	29,6
17	41,3	39,8	33,8	30,2
18	36,7	38,9	34,3	30,8
19	32,5	37,5	34,4	31,2
20	29,3	35,7	34,2	31,5
21	27,2	33,9	33,7	31,7
22	26	32,2	33,1	31,7
23	25,5	30,8	32,4	31,6

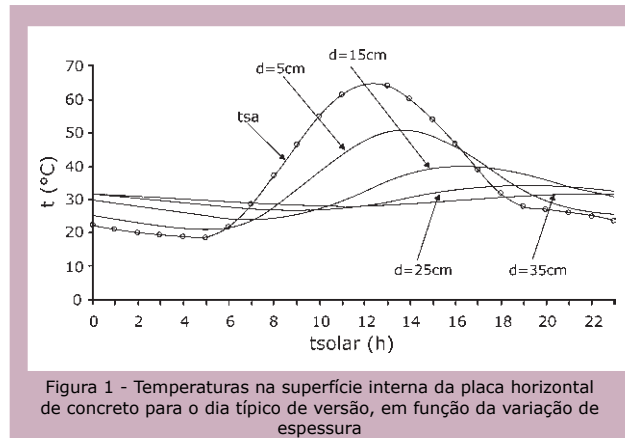


Figura 1 - Temperaturas na superfície interna da placa horizontal de concreto para o dia típico de verão, em função da variação de espessura

De maneira semelhante, obteve-se a variação temporal de qi através da placa de concreto, também em função da variação de espessura da placa (TABELA 3 e FIGURA 2).

Tabela 3: Valores horários em tempo solar da densidade de fluxo de calor através da placa horizontal de concreto, para as espessuras selecionadas (Dia típico de verão).

qi (W/m²)				
tsolar	d=5cm	d=15cm	d=25cm	d=35cm
0	-5,9	23,3	36	33,8
1	-9,7	17,2	31,8	32,1
2	-15,7	11,6	27,8	30,2
3	-23,2	5,8	23,9	28,1
4	-29,9	-0,1	19,9	26
5	-32,6	-5,6	15,9	23,7
6	-28,1	-9,8	11,9	21,3
7	-14,3	-11,4	8,4	18,9
8	9,1	-9,2	5,7	16,5
9	40,3	-2,5	4,5	14,5
10	75,3	8,9	5,3	12,9
11	109	23,9	8,4	12,1
12	136	40,9	13,6	12,3
13	152,1	57,9	20,5	13,6
14	155	72,5	28,4	16
15	144,7	82,9	36,4	19,1
16	123,7	87,9	43,4	22,8
17	96,3	87,2	48,8	26,6
18	67,3	81,5	52	30,1
19	41,2	72,2	52,9	32,9
20	20,8	61,1	51,7	34,8
21	7,4	49,7	48,8	35,8
22	0,1	39,3	44,9	35,8
23	-3,4	30,5	40,5	35,1

A integração das curvas de qi na FIGURA 2 possibilita a obtenção do fluxo total de calor através do fechamento, num período de 24 h, qi24h. Os valores do amortecimento μ e do atraso φ da onda de calor em função da espessura, valores máximos e mínimos de qi e ts,i e respectivas amplitudes Δqi e Δts,i, são apresentados na TABELA 4.



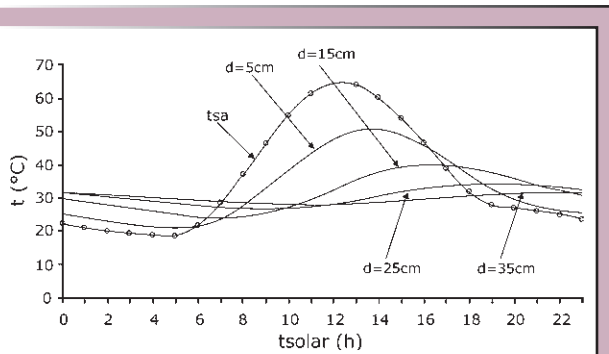


Figura 2 - Densidade de fluxo de calor através da placa horizontal de concreto para o dia típico de verão, em função da variação de espessura.

Tabela 4 - Parâmetros de desempenho térmico para a placa horizontal de concreto, para as espessuras selecionadas (Dia típico de verão).

	d=5cm	d=15cm	d=25cm	d=35cm
$\mu$	0,94	0,67	0,48	0,38
$\varphi$ (h)	1,3	4,3	7	9,6
$q_{i,máx}$ (W/m <sup>2</sup> )	155	87,9	52,9	35,8
$q_{i,mín}$ (W/m <sup>2</sup> )	-32,6	-11,4	4,5	12,1
$q_{i,24h}$ (Wh/m <sup>2</sup> )	1.015,50	815,7	681,4	585
$t_{s,i,máx}$ (°C)	50,6	39,9	34,4	31,7
$t_{s,i,mín}$ (°C)	20,8	24,2	26,7	27,9
$\Delta q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	187,6	99,3	48,4	23,7
$\Delta t_{s,i}$ (°C)	29,8	15,7	7,7	3,8

Nota-se pela TABELA 4 que o aumento de espessura ocasiona uma tendência ao nivelamento das curvas de  $t_{s,i}$  e  $q_i$ , através da diminuição de seus picos máximos e mínimos (diminuição da amplitude).

## Conclusões

Diversos parâmetros de projeto influem na resposta térmica dinâmica de fechamentos opacos. Neste trabalho limitou-se a análise à espessura de uma placa horizontal de concreto. Utilizando-se a teoria da transmissão de calor em regime periódico, relações quantitativas da influência da espessura sobre a densidade de fluxo de calor em uma placa horizontal de concreto foram obtidas, bem como as temperaturas em sua superfície interna. Observou-se a atenuação dos picos de carga térmica, e consequentemente a tendência ao nivelamento da curva de densidade de fluxo de calor, conforme se aumentou a espessura da placa. Os dados referentes ao amortecimento e atraso da onda de calor, que caracterizam o fenômeno da inércia térmica do fechamento, podem servir de referência para que fechamentos de concreto sejam concebidos aproveitando-se racionalmente suas características de resposta térmica dinâmica. A utilização racional da inércia térmica, já na fase de projeto, pode conduzir a fechamentos de concreto térmica e energeticamente mais eficientes, diminuindo-se a demanda por energia de aparelhos de condicionamento de ar. Estudos adicionais são necessários para que a influência na magnitude e na mobilidade da onda térmica de outros parâmetros que estão sob controle do projetista, tais como, a concepção da cor da superfície externa, a massa específica aparente, a condutividade térmica, entre outros, seja analisada em condições dinâmicas ♦

## Nomenclatura

- c calor específico do concreto (kJ/kg K)
- d espessura da placa horizontal de concreto (m)
- $h_e$  coeficiente de transmissão de calor da superfície externa (W/m<sup>2</sup> K)
- $h_i$  coeficiente de transmissão de calor da superfície interna (W/m<sup>2</sup> K)
- I radiação solar total incidente sobre a superfície externa da placa (W/m<sup>2</sup>)
- $q_e$  densidade de fluxo de calor do ambiente à superfície externa da placa (W/m<sup>2</sup>)
- $q_i$  densidade de fluxo de calor da superfície interna da placa ao interior da edificação (W/m<sup>2</sup>)
- $q_{i,max}$  densidade máxima de fluxo de calor da superfície interna da placa ao interior da edificação (W/m<sup>2</sup>)
- $q_{i,min}$  densidade mínima de fluxo de calor da superfície interna da placa ao interior da edificação (W/m<sup>2</sup>)
- $q_{i,24h}$  densidade de fluxo de calor total em 24 h da superfície interna da placa ao interior da edificação (Wh/m<sup>2</sup>)
- t temperatura da placa (°C)
- $t_e$  temperatura do ar externo para o dia típico de verão (°C)
- $t_i$  temperatura do interior da edificação, mantida constante (°C)
- $t_{s,e}$  temperatura da superfície externa da placa (°C)
- $t_{s,i}$  temperatura da superfície interna da placa (°C)
- $t_{sa}$  temperatura sol-ar (°C)
- $t_{sa,m}$  temperatura sol-ar média para um período de 24 h (°C)
- $t_{sa,n}$  coeficiente harmônico (°C)
- U coeficiente global de transmissão térmica (transmitância térmica) (W/m<sup>2</sup> K)
- $Y_n$  fator dado pela equação (12) (adimensional)
- $Z_n$  fator dado pela equação (13) (adimensional)
- $\alpha$  absorvância à radiação solar (adimensional)
- $\alpha_d$  difusividade térmica (m<sup>2</sup>/h)
- $\delta_r$  diferença entre a radiação de onda longa incidente na superfície através da abóbada celeste e entorno, e a radiação emitida por um corpo negro submetido à temperatura atmosférica (W/m<sup>2</sup>)
- $\epsilon$  emissividade de radiação de onda longa (adimensional)
- $\varphi_n$  ângulo de defasagem ou de atraso - equação (14) (h)
- $\lambda$  condutividade térmica do concreto (W/m K)
- $\mu_n$  fator de amortecimento para a amplitude da onda - equação (15) (adimensional)
- $\theta$  tempo solar (h)
- $\rho$  massa específica aparente do concreto (kg/m<sup>3</sup>)
- $\omega_n = 2\pi/24h$  = frequência angular da onda térmica (radianos/h)
- $\psi_n$  ângulo de fase para a temperatura sol-ar (radianos)

## Bibliografia

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de norma 02: 135.07.002. Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações, 1998.
- ALFORD, J. S., RYAN, J. E., URBAN, F. O. Effect of heat storage and variation in outdoor temperature and solar intensity on heat transfer through walls. American Society of Heating and Ventilating Engineers, v. 45, p. 369-396, 1939.
- BANSAL, N.K.; GARG, S.N.; KOTHARI, S. Effect of exterior surface colour on the thermal performance of buildings. Building and Environment, Great Britain, v. 27, n. 1, p. 31-37, 1992.
- CHENG, V.; NG, E.; GIVONI, B. Sensivity of envelope colour: effect of thermal mass, windows, and natural ventilation on high rise buildings in hot humid Hong Kong. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE (PLEA), 20., 2003, Santiago, Chile. Proceedings.... Santiago: [S.n.].p. 1-6. CD-ROM.
- DORNELLES, K.A.; RORIZ, M. Inércia térmica, conforto e consumo de energia em edificações na cidade de São Carlos, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. Anais.... Curitiba: [S.n.].p. 369-376. CD-ROM.
- GRANJA, A. D. Transmissão de calor em regime periódico: efeito da inércia térmica em fechamentos opacos. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Campinas, 2002, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2002
- GRANJA, A.D.; LABAKI, L.C. Influence of external surface colour on the periodic heat flow through a flat solid roof with variable thermal resistance. International Journal of Energy Research, Indianapolis, USA, v. 27, n. 8, p. 771-779, June 2003.
- MACKAY, C.O.; WRIGHT, L.T. Periodic heat flow - homogeneous walls or roofs. American Society of Heating and Ventilating Engineers, Atlanta, GA, USA, v. 50, p. 293-312, 1944.
- MENDES, N.; CELINSKI, F. Análise comparativa entre programas de previsão de transferência de calor e de umidade. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VI., 2001, São Pedro, SP. Anais.... [S.l.]: [S.n.], 2001. p. 1-8.
- OGOLI, D.M. Predicting indoor temperatures in closed buildings with high thermal mass. Energy and Buildings, v. 35, p. 851-862, 2003.
- PAPST, A.L. Uso da inércia térmica no clima subtropical - estudo de caso em Florianópolis - SC. Florianópolis, SC, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- PAPST, A.L.; LAMBERTS, R. Desempenho térmico de 3 edificações residenciais em Florianópolis - SC. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, V., 1999, Fortaleza, CE. Anais.... Fortaleza, CE, 1999. p. 1-8.
- SILVEIRA NETO, A. Soluções exatas para o problema de transporte simultâneo de calor e massa em elementos porosos unidimensionais. Florianópolis, SC, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- STOPP, H.; STRANGFELD, P.; MENDES, N. Energy saving and the hygrothermal performance of envelope parts of buildings. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VII., 2003, Curitiba, PR. Anais.... Curitiba: [S.n.], 2003. p. 43-71.
- SZOKOLAY, S.V. The role of thermal mass in warm-humid climate housing. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 20., 2003, Santiago, Chile. Proceedings.... [S.l.]: [S.n.].p. 1-7. CD-ROM.
- THRELKELD, J. L. Thermal environmental engineering. 2.ed. Prentice-Hall: New Jersey, 1970
- time dependent behavior of concrete.** London: Chameleon Press, 1990. (Bulletin d'Information, 199).
- ISAIA, G. C. **Efeitos de misturas binárias e ternárias de pozolanas em concreto de elevado desempenho: em estudo de durabilidade com vistas à corrosão da armadura.** São Paulo, 1995. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.
- MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - estrutura, propriedades e materiais.** PINI, São Paulo, 1994.
- MORAES, M. F. **Algumas propriedades mecânicas do concreto com microssilica.** São Paulo, 1990. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.
- NEVILLE, A. M. **Creep of concrete: plain, reinforced and prestressed.** North Holland Publishing Co.. Amsterdam, 1970.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** São Paulo, PINI, 1997.



BRASIL  
**atex**  
A FÔRMA DA LAJE NERVURADA

Rua Olympio de Carvalho, 83 - Centro  
Lagoa Santa - MG - Cep: 33400-000  
DDG: 0800 - 99 - 3611  
Fax: (31) 3681-3622  
E-mail: [atex@atex.com.br](mailto:atex@atex.com.br)  
Site: [www.atex.com.br](http://www.atex.com.br)



Obra da Conexão Plus na av. Baruel em São Paulo/SP

## Petronas Tower:

### A Conjugação da Beleza com a Durabilidade

Petronas Tower é um conjunto de arranha-céus, com 452 m (o segundo maior do mundo). Edificado na cidade de Kuala Lumpur, na Malásia, foi concluído em 1998 com 88 andares.

Construído essencialmente com concreto de alta resistência, as torres são formadas por 16 colunas principais com resistência de 69 MPa e por vigas circulares de 8,2 a 9,8 m de comprimento, que associadas aos andaimes de aço, permitiram a construção econômica, rápida e adaptável para obras futuras. Foram desenhadas pelo arquiteto Cesar Pelli, baseadas em motivos da arte islâmica: sua geometria simboliza unidade, harmonia, estabilidade e racionalidade.

Uma ponte a 193 m de altura, com 58 m, liga as torres nos andares 41 e 42.

O empreendimento só foi possível devido ao uso do concreto de alta resistência, material que utiliza a sílica ativa e os superplastificantes, exigindo um intenso e estrito controle de qualidade. Este material permite diminuir a largura das colunas, tornando a estrutura economicamente atrativa.



As torres estreitas conjugadas com os elementos do projeto requereram a atenção para o comportamento do vento e da umidade sobre a estrutura. Uma prova de resistência foi obtida numa simulação de incêndio: a estrutura suportou 15000 batidas de pés, durante a passagem dos bombeiros de uma torre a outra ■

#### Dados Técnicos

**Área construída:** 342 m<sup>2</sup>

**Volume de concreto:** 160.000 m<sup>3</sup>

**Fundações:** 13200 m<sup>3</sup>

**Engenharia estrutural:** Ranhill Bersekutu Sdn. Bhd.  
Thornton-Tomasetti Engineers

**Construtoras:** Hazama Corporation  
Solétanche Bachy

**Fôrmas:** Peri

**Protensão:** VSL

# Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes: Referência para a Engenharia Nacional

O mais importante e complexo projeto de engenharia rodoviária brasileira realizado neste início de século foi inaugurado em 17 de dezembro de 2002.

O novo trecho é o prolongamento da Rodovia dos Imigrantes, inaugurada em 1976. Seu marco inicial está no km 41 da rodovia, na região de planalto.

**Tecnologia** – O sistema escolhido para a construção dos túneis foi o NATM (New Austrian Tunneling Method). Quatro equipamentos de perfuração computadorizados – os jumbos – trabalharam especialmente para a obra. As perfurações efetuadas pelo jumbo, para um avanço médio de 4,5 metros por ciclo, baseavam-se no “plano de fogo”, um mapeamento prévio feito pelos técnicos, gravado em disquete e inserido no computador instalado na cabine de comando do equipamento. A cada ciclo de escavação eram retirados 480 m<sup>3</sup> de rocha, com o emprego de 1000 quilos de explosivos.

**Logística ecológica** – A Pista Descendente tem 5,19 quilômetros de viadutos, 6 deles no trecho de serra e 5 na baixada. O planejamento logístico teve por objetivo reduzir ao mínimo a necessidade de abertura de trilhas e clareiras na mata. Equipamentos e materiais eram transportados por guindastes (gruas) até o local onde seriam construídas as fundações dos pilares. Três tecnologias distintas foram escolhidas para execução dos viadutos. A dos “balanços sucessivos”, que consiste em fechar os vãos a partir dos pilares, em etapas. A cada trecho concretado, as formas são reposicionadas mais à frente até que se unam no centro do vão, completando o tabuleiro (piso) do viaduto. Ao usar a técnica dos balanços sucessivos, foi possível construir vãos bem mais amplos, chegando a 90 metros de distância entre pilares, alguns desses pilares com mais de 70 metros de altura.

Nos viadutos 8 e 10, usou-se a tecnologia de “ponte empurrada” em linha reta, e pela primeira vez usada no Brasil, no viaduto 10, em curva. Os tabuleiros desses viadutos eram concretados em formas especiais, em peças com 25 metros de comprimento e 600 toneladas de peso, aproximadamente. As peças eram “deslizadas” sobre os pilares com o auxílio de “macacos” hidráulicos, uma após outra, até que todo o viaduto se completasse.

A terceira tecnologia utilizada na execução dos viadutos foi a de “vigas lançadas”, a mais conhecida e usada em obras desta natureza, onde as vigas pré-moldadas são produzidas próximo ao local e posicionadas com o auxílio de guindastes.

**Pavimento** – Em toda a nova rodovia usou-se o pavimento rígido de concreto, de maior resistência ao desgaste e maior durabilidade em relação ao pavimento flexível asfáltico



### Números da Pista Descendente

**Extensão Total:** 23,23 km: Planalto 4,99 km; Serra 11,48 km; Baixada 5,11 km; Alças 1,65 km

**Túneis:** 8,23 km: TD 1 3.146 m; TD 2 2.080 m; TD 3 3.005 m.

**Viadutos:** 5,19 km: VD 1 263,0 m; VD 2 191,0 m; VD 3 602,0 m; VD 4 211,0 m; VD 5 74,0 m; VD 7 1.255,0 m; VD 8 724,0 m; VD 9 390,0 m; VD 10 565,0 m; Viaduto Estaiado 390,5 m; Ponte Rio Laranjeiras 532,0 m.

**Materiais:** Concreto: 420.000 m<sup>3</sup> (nove Estádios do Morumbi); Aço: 25.000 t (quatro Torres Eiffel); Fôrmas: 600.000 m<sup>2</sup>; Escavação em terra: 800.000 m<sup>3</sup>; Escavação em rocha: 1200.000 m<sup>3</sup>.

#### Participantes:

Construtor: Consórcio Imigrantes, formado pela C.R. Almeida e Impregilo  
Projetistas: Figueiredo Ferraz, In.Co e Geodata  
Controle Tecnológico: Concremat Engenharia e Tecnologia S.A. e L. A. Falcão Bauer  
Consultores tecnologia do concreto: Paulo Helene; Francisco Andriolo e Francisco Holanda



**Somos como  
nossos clientes:  
só usamos  
a melhor matéria-prima.**



**Engemix, o concreto que usa como matéria-prima  
o cimento da Votorantim Cimentos.**

Reconhecida por sua tecnologia, a Engemix é a fabricante de concreto líder em desenvolvimento de projetos sob medida, sejam eles simples ou de concretagens complexas. E conta ainda com outra vantagem para suas obras: a marca Votorantim Cimentos em sua matéria-prima. Pioneira na internacionalização do Grupo Votorantim, a Votorantim Cimentos oferece agora toda a sua qualidade também para o Canadá e Estados Unidos. É o cimento líder de mercado presente no concreto Engemix e no mundo. Conheça melhor as vantagens de ser cliente Engemix: [www.engemix.com.br](http://www.engemix.com.br) ou ligue para a Central Engemix: (11) 2184 7200.

  
**ENGEMIX**  
Votorantim Cimentos

# Para as maiores obras do Brasil, só podiam ter confiado no melhor.

A Vedacit/Otto Baumgart conta com 70 anos de experiência no aprimoramento de tecnologia e no desenvolvimento de produtos de impermeabilização, recuperação estrutural e aditivos para concreto e argamassa. A Vedacit/ Otto Baumgart se orgulha de participar das maiores e mais importantes obras do País.



Rodovia dos Imigrantes - São Paulo



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



Tel.:11-6902-5522 São Paulo-SP - Tel.:71-3432-8900 Salvador-BA  
[www.vedacit.com.br](http://www.vedacit.com.br)