

# CONCRETO

A REVISTA OFICIAL DO



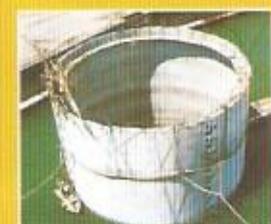
**IBRACON**

Instituto Brasileiro do Concreto

ISSN 1806-9673

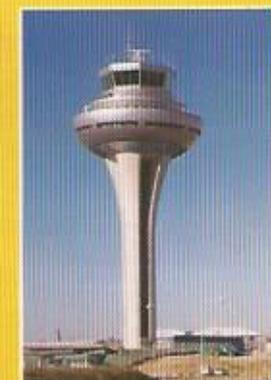
ANO XI - JUNHO DE 2004 - Nº 35 - R\$ 12,00

 **Conceptus** EDITORA



## ESTRUTURAS

Fôrmas para  
concreto - desafio  
de modernização



## PRÉ-MOLDADOS

Torres de aeroporto  
projetadas em  
concreto pré-moldado



*Congresso Brasileiro  
do Concreto*

*Florianópolis - SC - 1 a 8 de junho de 2004*

## OBRAS

# SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE TÚNEIS

**"CONSTRUINDO A INFRAESTRUTURA NACIONAL"**

## Diretoria do IBRACON

Biênio 2004/2005



IBRACON

Diretor Presidente Paulo Helene paulo.helene@poli.usp.br	Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento Túlio Nogueira Bittencourt tulio.bittencourt@poli.usp.br
Diretor 1º Vice-Presidente Cláudio Sbrighi Neto csbrighi@yahoo.com	Diretor de Publicações e Divulgação Técnica João Luiz Calmon Nogueira da Gama calmont@npd.ufes.br
Diretor 2º Vice-Presidente Eduardo Antonio Serrano serrano@ept.com.br	Diretor de Marketing Wagner Roberto Lopes wlopes@abesc.org.br
Diretor 3º Vice-Presidente Mário William Esper mario.william@abcp.org.br	Diretor de Eventos Paulo Roberto Amaro pramaro@eletrobras.com
Diretor 1º Secretário Eduardo Figueiredo Horta efhorta@ipt.br	Diretor de Cursos Juan Fernando Matias Martin fernando.matias@degussa.com
Diretor 2º Secretário Paulo Fernando Araújo da Silva paulo.fernando@concremat.com.br	Diretor de Informática José Roberto Braguim jrbraguim@osmb.com.br
Diretor Técnico Rubens Machado Bittencourt rbitten@furnas.com.br	Assessor da Presidência Augusto Carlos de Vasconcelos acvasco1@uol.com.br
Diretor de Relações Institucionais Luiz Rodolfo Moraes Rego luiz.rego@gerdau.com.br	Assessor da Presidência Jorge Batiouni Neto jbn@tecnum.com.br

REVISTA  
**CONCRETO**

JUNHO - 2004

ISSN 1806 - 9673

A Revista Concreto é uma publicação bimestral editada pela Conceptus Editora Ltda.

**Diretor**  
Ubiratan Sennes  
ubiratan@conceptus.com.br

**Editor**  
Juliano M. Polimeno MTB 37.564  
juliano@conceptus.com.br

**Redator**  
Alexandre Bezerra  
alebezerra@conceptus.com.br

**Arte e Projeto Gráfico**  
Fernando Moreira Albuquerque

**Direção de Arte e Editoração Gráfica**  
André Luiz de A. M. Correa  
andre@conceptus.com.br

**Fotos**  
Juliana Gallo

**Publicidade e Promoção**  
anuncie@conceptus.com.br  
Tel.: (11) 3021-3775

**Assinaturas**  
tel: (11) 3021-3775  
assine@conceptus.com.br

Para publicação, os artigos devem ser enviados à Conceptus Editora Ltda, aos cuidados do Editor, para apreciação e análise.

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

**Conceptus EDITORA**

Conceptus Editora Ltda.  
Rua Acon. 27 - W. Madalena  
05453-020 - São Paulo - SP  
Tel.: (11) 3021-3775  
www.conceptus.com.br

**Editora Associada:**

**ANATEC**

Esta revista e reprodução total ou parcial dos artigos e fotos desta publicação sem autorização prévia.

www.revistaconcreto.com.br

## Para que IBRACON?

Em meados de julho as inscrições efetivadas antecipadamente para participação no 46º Congresso Brasileiro de Concreto, a realizar-se de 14 a 18 de Agosto de 2004 em Florianópolis, já superavam a impressionante marca das 500, fato inédito na história do Instituto.

Considerando este fato positivo e o fim da crise no setor, pode-se prever nesse Congresso uma presença maciça de arquitetos e engenheiros fiscais, acadêmicos, arquitetos projetistas, professores, profissionais da área privada e pública, pesquisadores, projetistas estruturais, políticos, alunos de graduação e de pós-graduação, fornecedores de materiais e componentes, tecnólogos, enfim de todos os representantes da cadeia produtiva e consumidora de estruturas de concreto simples, armado e protendido, inclusive muitos estrangeiros.

Todos os anos vários sócios, diretores, representantes de coletivos e de mantenedores, e até colaboradores doam incontáveis horas de seu precioso tempo para o fortalecimento do IBRACON. Muitos desses ainda investem significativas quantias financeiras para fomentar atividades.

Por que fazem isso? Por que há interesse de tantas empresas, engenheiros e arquitetos em participar, em associar-se, em renovar a anuidade do IBRACON? Por que outras Entidades afins se interessam em juntar-se ao IBRACON a cada ano?

As respostas podem ser variadas; alguns porque desejam entrar numa cadeia forte de negócios; outros porque obtêm publicações técnicas de interesse profissional; outros porque publicam e divulgam suas pesquisas diretamente a consumidores em potencial; outros pela credibilidade do Instituto, conquistada em 32 anos de bons serviços prestados à sociedade; outros porque aprendem com cursos e com troca de idéias e desejam estar esclarecidos e atualizados com as novas tendências. Cada um tem uma ou várias razões para justificar seu interesse pelo Instituto.

O IBRACON tem uma característica ímpar de ser o melhor fórum agregador do setor onde todos os segmentos têm voz e voto, constituindo uma das mais tradicionais, confiáveis e fortes comunidades de sadio relacionamento profissional dessa importante área industrial do país.

Sua nobre missão de "divulgar a tecnologia do concreto e de desenvolver o seu mercado, articulando seus agentes, em benefício dos consumidores e da sociedade em geral, em harmonia com o meio ambiente", também agrega valor à Instituição pois é uma proposta integradora, abrangente e construtiva.

Desde de sua fundação é conduzido por voluntários idealistas e abnegados que se enquadram no artigo 3º dos Estatutos: "... o IBRACON é uma Entidade sem finalidade lucrativa e sem distribuição, sob nenhuma



Paulo Helene  
Presidente

*forma ou pretexto, de lucros, de bonificações ou de quaisquer outras vantagens econômicas a diretores, colaboradores, mantenedores ou associados ...".*

Como acontece historicamente nos sindicatos e associações de classe, as pessoas se reúnem em torno da defesa de interesses e de ideais comuns. No caso dos sindicatos e associações, trata-se de defender os interesses políticos e salariais da classe. No caso de Institutos como o Brasileiro do Concreto, os profissionais se reúnem para promover a boa arquitetura e engenharia, para a utilização ótima do cimento e do concreto; para satisfazer as necessidades do mercado com qualidade contribuindo para melhorar o desempenho profissional de cada interveniente; para o desenvolvimento e o benefício econômico da indústria; para a melhoria e a evolução do ensino e da pesquisa, ou seja, atividades em prol do progresso e do bem estar da sociedade.

Além de se reunirem em torno de interesses ou ideais específicos, esses profissionais partilham da certeza de que tanto mais atendidos serão seus ideais, anseios e interesses comuns, quanto mais forte for a Instituição correspondente.

Fica claro que essa maior força só pode vir do número de empresas e profissionais que se associem e participem do Instituto, uma vez que essa opção é voluntária e que quanto maior o quadro social, mais representativo desse segmento industrial ele será.

Ninguém entra no Instituto para fazer carreira, ou para obter privilégios e vantagens pessoais, mas sim porque acredita que pode contribuir para o aumento da força da Instituição na defesa dos interesses e dos ideais coletivos do setor.

Para exemplificar bem essa visão vale recordar as palavras de John Kennedy em seu discurso proferido na posse em 1961 no qual considerava os cidadãos americanos como sócios de uma grande nação: "My fellow Americans, ask not what your Country can do for you: — Ask what you can do for your Country".

A postura do associado e colaborador deve ser a de manter, defender e valorizar os princípios básicos que sempre nortearam as atividades do IBRACON desde sua fundação, que são o da promoção ética do conhecimento sobre concreto para benefício de todos.

Junte-se a nós,

paulo.helene@poli.usp.br

# ÍNDICE

**8** 46º Congresso Brasileiro de Concreto

**16** Fôrmas

## E MAIS...

**5** Editorial

**10** Especial - 100 anos do ACI

**24** Mercado Internacional

**26** Workshop

**38** Pavimentos

**58** Entrevista

**62** Assuntos Internacionais

**68** Acontece

**70** Carbonatación

**78** Concreto de Alto Desempenho

**90** Agenda

**28** Obras

**48** Pré-moldado

# 46° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

## “CONSTRUINDO A INFRAESTRUTURA NACIONAL”



Centro de Convenções de Florianópolis  
Av. Governador Gustavo Richard, Baía Sul - Centro

de 14 a 18 de agosto 2004  
FLORIANÓPOLIS-SC

Coordenação Geral: Prof. Ivo Padaratz  
Paulo Roberto Amaro

### Palestras Internacionais

Mohan Malhotra - CANMET  
Nicholas Carino - NIST  
James McDonald - ERDC  
R. N. Swamy - Sheffield University  
Carmen Andrade - IETcc -CYTED  
Terence Holland - ACI  
Oladis de Rincón - CYTED DURACON  
Pedro Castro - ALCONPAT-CINVESTAV  
Bruno Contarini - IBRACON  
Paulo Monteiro - University of Berkley  
Coordenação: Prof. Enio Pazini Figueiredo

## INSCRIÇÕES

VALORES DAS INSCRIÇÕES PARA O 46° CONGRESSO		
	Até 16/07/2004	Após 16/07/2004
SÓCIOS	R\$ 500,00	R\$ 550,00
NÃO SÓCIOS	R\$ 650,00	R\$ 700,00
SÓCIOS ESTUDANTES	R\$ 200,00	R\$ 250,00
NÃO SÓCIOS ESTUDANTES	R\$ 300,00	R\$ 350,00

### Workshop de Pesquisa e Desenvolvimento em Concreto

Apresentação do funcionamento do Comitê de Pesquisa & Desenvolvimento  
Apresentação de relatório sobre projetos cadastrados no CONCRETO BRASIL 2004  
Discussão de propostas para ações do Comitê de Pesquisa & Desenvolvimento  
Coordenação Prof. Túlio Nogueira Bittencourt

### Workshop sobre Industrialização da Construção Civil

Apresentação dos sistemas construtivos, aproximando o mercado da construção industrializada aos trabalhos técnicos e científicos da tecnologia do concreto  
Coordenação: Laércio Gil

### Workshop de Pavimentos Rígidos de Concreto

Apresentação de modelagem numérica e empírico-mecanicista de pavimentos  
Apresentação das modernas tecnologias de construção em concretagem de grande escala  
Coordenação: Prof. José Tadeu Balbo

### Temas Controversos:

#### Fissuração

Abordará a abertura tolerável de uma fissura, a necessidade do preenchimento das fissuras, sua importância nas estruturas de concreto e sua influência nas flechas.

Coordenação: Renato Landman, Paulo Fernando e Jorge Boutlouni

#### Fluência

Abordará a avaliação do seu efeito (negativo ou positivo) numa estrutura de concreto, o cálculo da sua magnitude, o efeito do tipo de cimento e dosagem do concreto e as alternativas para minimizar seu efeito em peças estruturais.

Coordenação: Fernando Sabattini, L. Henrique Ceotto e Ricardo França

## OUTROS TEMAS DO CONGRESSO

- Barragem de Concreto
- Obras em Concreto de Saneamento
- Projeto Estrutural de Concreto
- Construções em Concreto

AGÊNCIA DE VIAGEM



ASSESSORA



Para maiores informações acesse o site:  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) ou  
nos telefones: 11-3714-2149 - 11-3765-0122  
e-mail: [ana@ibracon.org.br](mailto:ana@ibracon.org.br)

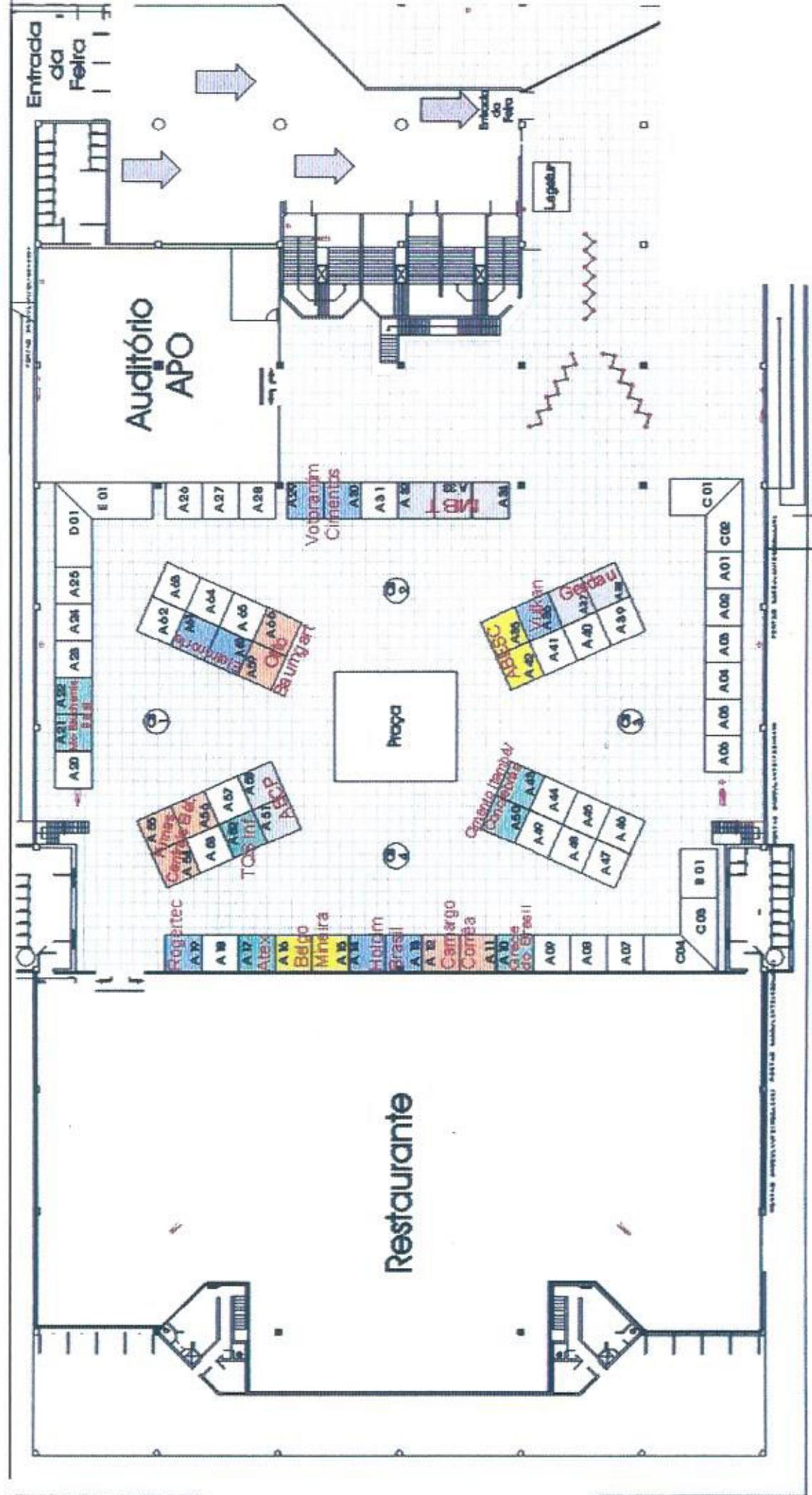


AGENDA IBRACON 2004  
Centro de Convenções - Florianópolis (SC), 14 a 18 de agosto

SABADO (14/08)	DOMINGO (15/08)	SEGUNDA-FEIRA (16/08)	TERÇA-FEIRA (17/08)	QUARTA-FEIRA (18/08)
9:00 - 10:00 Plenária	9:00 - 10:30 1º Workshop sobre Pavimentos de Concreto	8:30 - 9:30 Plenária	8:30 - 9:30 Plenária	8:30 - 9:30 Plenária
10:00 - 10:30 / Debates	10:30 - 11:00 / Café	9:30 - 10:00 / Debates	9:30 - 10:00 / Debates	9:30 - 10:00 / Debates
10:30 - 12:00 Plenária	11:00 - 12:30 1º Workshop sobre Pavimentos de Concreto	10:00 - 10:30 / Café	10:00 - 10:30 / Café	10:00 - 10:30 / Café
12:00 - 12:30 / Debates	12:30 - 14:00 Almoço	10:30 - 12:00 Plenária	10:30 - 12:00 Plenária	10:30 - 12:30 Palestras Internacionais
12:30 - 14:00 Almoço	14:00 - 15:00 Plenária	12:00 - 12:30 / Debates	12:00 - 12:30 / Debates	12:30 - 13:00 Debates
14:00 - 15:00 Plenária	15:00 - 15:30 / Debates	12:30 - 14:00 Almoço	12:30 - 14:00 Almoço	13:00 - 14:30 Almoço
15:00 - 15:30 / Debates	15:30 - 16:30 Plenária	14:00 - 15:00 Plenária	14:00 - 15:00 Plenária	14:30 - 16:30
16:00 - 18:00 Inscrição dos participantes	16:30 - 17:00 / Debates	15:00 - 15:30 / Debates	15:00 - 15:30 / Debates	15:30 - 16:30 Palestras Internacionais
18:00 - 20:00 Solenidade de Abertura	17:00 - 17:30 / Café	15:30 - 16:30 Plenária	15:30 - 16:30 Plenária	17:00 - 17:30 / Debates
20:00 - 20:30 Palestra Inaugural	17:30 - 18:30 Plenária	16:30 - 17:00 / Debates	16:30 - 17:00 / Debates	17:30 - 18:30 / Encerramento
20:30 - 23:00 Coquetel de Abertura (Área de Exposição)	18:30 - 19:00 / Debates	17:00 - 17:30 / Café	17:00 - 17:30 / Café	20:30h Jantar de confraternização e Encerramento
	19:00 - 20:00 / Palestra Técnico-Comercial da Cia Siderúrgica BELGO MINEIRA S/A	17:30 - 19:00 Temas Controversos I: Fissuração	17:30 - 19:00 Temas Controversos II: Fluência	
	20:00 - Coquetel oferecido pela Cia Siderúrgica BELGO MINEIRA S/A	19:00 - 20:30 Sessão Pôster	19:00 - 20:30 Sessão Pôster	
		19:00 - 20:30 Sessão Pôster	19:00 - 20:30 Sessão Pôster	
		19:00 - 20:30 Sessão Pôster	19:00 - 20:30 Sessão Pôster	

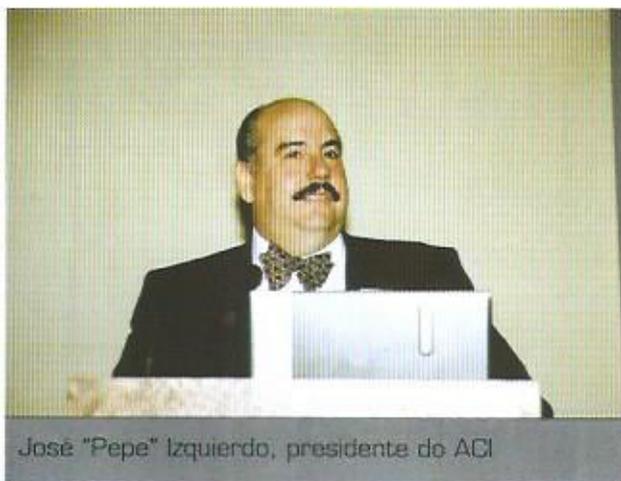
Total de plenárias: 21 sessões de 1 hora + 2 sessões de 1,5 horas: 96 apresentações  
5 sessões pôster de 2:30 horas - 150 pôsteres

# MAPA DO CONGRESSO



# CONFERÊNCIA INTERNACIONAL 100 ANOS DO ACI

O evento contou com a participação de especialistas nacionais e internacionais e proporcionou interessantes discussões sobre a tecnologia do concreto.



José "Pepe" Izquierdo, presidente do ACI

nos dias 25, 26 e 27 de abril, o Instituto Brasileiro do Concreto (Ibracon) homenageou o American Concrete Institute (ACI) durante a Conferência Internacional 100 anos de ACI - "Construção em Concreto como Fator de Integração das Américas" no Novotel Center Norte. A Conferência representou um autêntico fórum de debates sobre os temas mais pertinentes para o avanço da tecnologia do concreto no mundo. "O evento traz para junto de nós profissionais de altíssimo gabarito e, por outro lado, eles aprendem conosco, pois a engenharia brasileira situa-se entre as mais desenvolvidas do mundo", declarou o eng. Mário Franco.

José 'Pepe' Izquierdo, presidente do ACI, destacou a importância dos comitês técnicos das entidades representativas do concreto, assim como as conferências e workshops internacionais, como fatores necessários para o contínuo avanço do uso do concreto no mundo. "Diferentemente das democracias, onde vence a opinião da maioria, no âmbito dos comitês técnicos vence a melhor idéia, mesmo que esta seja de uma única pessoa", destacou Izquierdo.

Um dos temas que despertou mais interesse a

diversos palestrantes foi o da durabilidade das estruturas de concreto. Para José Lozano, diretor do Instituto Mexicano de Cimento e Concreto (IMCYC), o problema da durabilidade é decorrente da carência de regulamentações, especificações e treinamentos que atentem para esse critério. Raúl Husni, presidente do Capítulo Argentino do ACI e da Asociación Argentina de Ingenieros Estructurales (AIE), trouxe para a

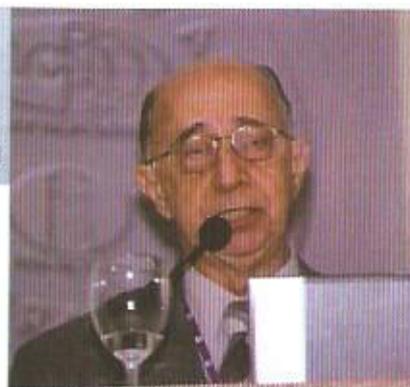


Ao lado, José Lozano Ruy Sanches, diretor do Instituto Mexicano de Cimento e Concreto (IMCYC). Abaixo, Raúl Husni, presidente do Capítulo Argentino do ACI e da Asociación de Ingenieros Estructurales, (AIE).

Conferência dados de uma pesquisa realizada em seu país que mostram a origem dos problemas de durabilidade: erros do projeto são responsáveis por 50% do problema; falhas construtivas, 30%; e a baixa qualidade dos materiais responde por 15%.

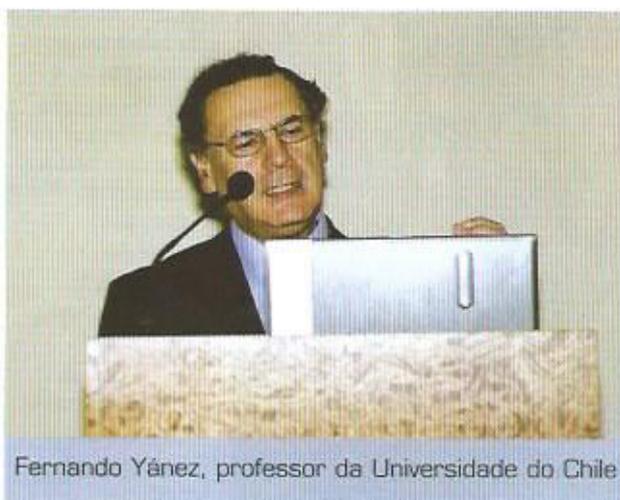
A durabilidade das estruturas de concreto versus o custo das construções foi um tema especialmente discutido durante o Fórum de Durabilidade. Dr. Pedro Castro, do Centro Mexicano de Investigação e Estudos Avançados do IPN (Cinvestav), destacou que o aumento da proporção de cimento no concreto não implica necessariamente em maior durabilidade das construções. Ele ressaltou que o problema da cura é de fundamental importância na definição da durabilidade. Já Rubens Bittencourt, coordenador do painel e diretor técnico do Ibracon, e Bruno Contarini, do Rio de Janeiro, concluíram que custo e durabilidade não são fatores concorrentes, tendo em vista que uma maior durabilidade implica em um custo final (custo da obra + custo de manutenção) menor. Prosseguindo o debate, o dr. Antonio Carlos Reis Laranjeiras, da ACR Laranjeiras de Salvador (BA), expôs que estruturas menos duráveis, tais como as construídas na segunda metade do século XX, ameaçam a credibilidade do concreto, inviabilizam o orçamento público e colocam-se contra o

Dr. Antonio Carlos Reis Laranjeiras, da ACR Laranjeiras de Salvador (BA)



desenvolvimento sustentável. Dr. Ênio Pazzini, professor da Universidade Federal de Goiânia, indicou a perspectiva das construções de concreto brasileiras ao comentar que a nova NB-1 privilegia a durabilidade das estruturas de concreto.

Outro tema tratado em profundidade foi o da tentativa de convergência das normas nacionais ao código ACI-318. Fernando Yáñez, professor da Universidade do Chile, argumentou que toda a costa do Pacífico é uma região caracterizada pela alta incidência de terremotos, o que possibilitou a fácil assimilação do uso da norma norte-americana em seu país. Paulo Helene, presidente do Ibracon, contrapôs-se ao professor chileno, argumentando que em outros campos existem muitas diferenças conceituais entre a norma brasileira e a norte-americana, demonstrando que em muitos aspectos a NBR 6118/2003 é superior à sua correlata ACI-318. "Quanto aos mecanismos de envelhecimento, a norma brasileira descreve três relativos ao concreto e dois relativos às armaduras, enquanto a norma americana contempla apenas dois mecanismos relativos ao concreto – sulfatos e ação de congelamento – e apenas um relativo à armadura", exemplificou Helene. James Cagley,



Fernando Yáñez, professor da Universidade do Chile



Rubens Bittencourt, H.S. Lew, Paulo Helene, José 'Pepe' Izquierdo, Selmo Chapira e James Cagley, futuro presidente do ACI

futuro presidente do ACI, apresentou uma posição mediadora, afirmando que fóruns como essa Conferência Internacional e os workshops organizados pelo American Concrete Institute servem, justamente, para buscar consensos, pois problemas e soluções em relação às estruturas de concreto são similares em todos países.

Diversos engenheiros discutiram com os participantes suas experiências no projeto e execução de grandes obras de concreto, tais como: o Cassino Borgata, nos EUA; a pista ascendente da Rodovia dos Imigrantes; a Usina Hidrelétrica de Tucuruí; e a Ponte Rio Niterói. O engo. Mário Franco destacou os processos construtivos e os projetos de diversos edifícios altos brasileiros, percorrendo todo o século XX. "Um dos pontos altos dessa



Engenheiro Mário Franco e José Zamarion F. Diniz

Conferência foi a palestra do engenheiro Mário Franco, onde foi apontado que o Brasil está paripasso com a tecnologia de construção no mundo, tendo alcançado diversos recordes mundiais", opinou Carlos Campos, geólogo da Carlos Campos Consultoria e Construções, de Goiânia.

Um dos temas mais interessantes, por sua atualidade, foi o do colapso progressivo em estruturas de concreto, que tem como uma de suas causas os ataques terroristas. O engo. americano H.S. Lew do National Institute (Nist), apresentou os parâmetros que estão sendo adotados em todo mundo para tentar evitar o colapso progressivo de edificações, demonstrando a versatilidade e a resistência do concreto frente a essas situações.

Fechando o ciclo de palestra, o arquiteto Ruy Ohtake demonstrou a flexibilidade plástica do concreto em suas obras e de outros arquitetos brasileiros. "O concreto é um material muito funcional para arquitetura, devido às suas texturas, formatos e cores. Pode ser utilizado com arrojo e criatividade e causar surpresa e inovação, ao participar da vida da cidade", declarou Ohtake.



O arquiteto Ruy Ohtake, encerrou o ciclo de palestras

A Conferência Internacional contou ainda com um workshop sobre pesquisa e desenvolvimento do concreto nas Américas, coordenado pelo prof. Túlio Bittencourt da Escola Politécnica da USP, onde foi destacada a importância na formação de um banco de dados com informações de todos os projetos de pesquisa sobre o concreto, para potencializar a divulgação de trabalhos relevantes e para promover os estudos sobre concreto junto aos organismos financiadores. Foi apresentada, ainda, a demonstração do Concrebol, nova competição de estudantes a ser inaugurada no próximo Congresso Brasileiro do Concreto. "A Conferência Internacional é uma honra e um prestígio para nosso país: um marco na área do concreto e um incentivo para os pesquisadores brasileiros", resumiu o engo. civil Waldomiro Almeida Júnior, da MC-Bauchemie Brasil. ♦

## Entrevista com Jim Cagley - futuro presidente do ACI



Revista Concreto: Como o sr. avalia a Conferência Internacional ocorrida em São Paulo no mês passado?

Jim Cagley: In my opinion the International Conference in Sao Paulo was an excellent opportunity for structural engineers, architects, researchers and contractors to broaden their knowledge base through the experiences of others. We had presentations from Brazil, Argentina, Chile, Mexico, the US and discussions involving participants from other countries. I thought that the conference was a huge success. I personally learned a lot.

It was also a wonderful opportunity for me to meet with many friends from our previous visit to the Ibracon conference two years ago and to see our friends from Brazil who have come to recent ACI conventions.

Revista Concreto: Durante a Conferência Internacional em São Paulo, uma questão importante foi a comparação dos códigos dos países da América Latina com os do ACI. Percebeu-se que tais diferenças e confluências entre esses códigos existem, mas também que a ACI ainda não possui conhecimento o suficiente da especificidade de cada país para a formulação de um código internacional efetivo. O que o sr. pensa sobre essa questão?

Jim Cagley: ACI has held two workshops "Structural Concrete in the Americas". Both of these workshops dealt with countries that use ACI 318 as a standard or at least as the basis of their standard and several countries that use standards based on other documents such as the Eurocodes.

A number of countries in the Americas already use ACI 318 with some amendments or annexes. At the workshop we discussed the possibility using the Official Spanish translation of ACI-318, which is being finalized, as a base standard and letting each country make whatever amendments that they felt were necessary. The proposal was then that ACI would collect all of the amendments and publish them so that each country could see what the others were doing. It is quite possible that over a period of time many of these issues (amendments or annexes) will be dealt with in 318 and possibly results in changes to that document.

At this time there are representatives from a number of Latin American countries on ACI 318. There will undoubtedly be more in the future. Fernando Stucchi and Paulo Helene of Brazil are members the ACI.

Revista Concreto: Como é a relação entre o Ibracon e o ACI?

Jim Cagley: It is my opinion that IBRACON and ACI have an excellent working relationship that has

never been stronger. ACI and Ibracon signed one of the first International Partnering Agreements which outlines cooperative efforts between IBRACON and ACI.

Revista Concreto: Qual é a opinião do sr. sobre o Ibracon e a engenharia de concreto no Brasil?

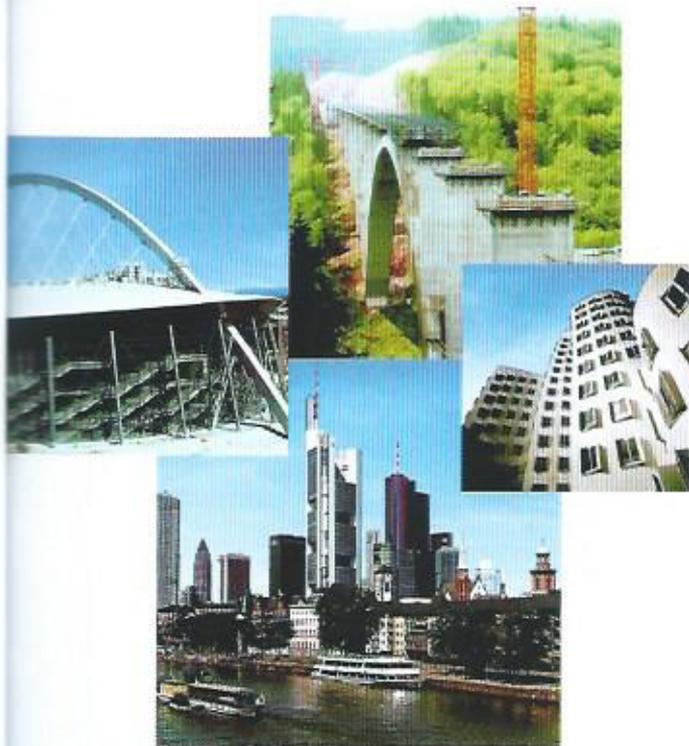
Jim Cagley: It is my opinion that Ibracon provides a forum for the entire concrete industry in Brazil to exchange ideas and to keep abreast of technology changes both in Brazil and outside Brazil.

Concrete Engineering in Brazil is superb. The Brazilian engineers have done many exciting things. Brazil has a situation which allows many imaginative ideas to prosper. In the São Paulo area there is no snow, no earthquakes and no strong winds. That set of criteria along with the imagination of the Brazilian engineers allows many great and exiting structures to be designed and constructed.

Revista Concreto: Quais são os principais desenvolvimentos tecnológicos do concreto no E.U.A.?

Jim Cagley: I'm sure that the answer to this particular question will depend entirely on who is responding. In my opinion we have substantial development occurring at this time as it relates to the durability of concrete structures. My practice involves the design of a large number of parking structures. The primary issue with these structures is durability. There is also some research being done to verify and justify the use of "strut and tie". Our approach is similar to the European approach but is not exactly the same.

## PRODUTOS QUÍMICOS PARA CONSTRUÇÃO



- Aditivos para concreto e argamassa
- Reparo e proteção de estruturas
- Sistemas de impermeabilização
- Tecnologias de injeção
- Desmoldantes e agentes de cura

**MC**  
MC-Bauchemie Brasil

Av. Laurita Ortega Mari, 531 - Taboão da Serra - SP - CEP. 06766-360  
Tel. (55) (11) 4787-4307 - Fax (55) (11) 4787-3185  
www.mc-bauchemie.com.br - E-mail: info@mc-bauchemie.com.br

FÔRMAS

# AS FÔRMAS PARA CONCRETO NO DESAFIO DE MODERNIZAÇÃO DO BRASIL



O concreto é moldável, por isso é preciso prever a montagem das fôrmas, planejar os travamentos, escoramentos e a desforma. Além disso, é preciso analisar com atenção o mercado nacional de fôrmas, que ao longo dos últimos 15 anos vem diversificando a oferta de soluções para construções de concreto.



Em uma obra de concreto a determinação de fôrmas adequadas são essenciais para um resultado final satisfatório em termos técnicos e econômicos. Por isso, é preciso ter uma atenção especial sobre as fôrmas corretas a serem utilizadas, segundo as peculiaridades de cada estrutura de concreto. É preciso prever minuciosamente o material das fôrmas, a montagem, os travamentos, os escoramentos e até mesmo a composição do concreto para que a estrutura tenha boa qualidade e não ocorram deformações nem fissuras. Qualquer defeito que venha a acontecer durante esses processos significa um grande prejuízo financeiro, já que as fôrmas representam, em média, aproximadamente 40% dos custos de uma estrutura de concreto, e quanto menor o reaproveitamento das fôrmas, maior o custo. Além disso, a tentativa de consertar eventuais diferenças de nível da estrutura, devido a um planejamento mal feito, pode comprometer seriamente o acabamento final da obra.

Podemos dividir os tipos de fôrmas pelos elementos estruturais que compõem uma obra de concreto e pelo sistema construtivo. Em linhas gerais, os elementos estruturais se dividem em pilares, vigas e lajes. Além desses elementos estruturais que compõem a superestrutura, existem algumas estruturas específicas como blocos e vigas baldrame (fundações), lajes nervuradas, paredes auto-portantes em bloco ou em concreto, cortinas entre outros.

Quanto aos tipos de sistemas construtivos, há a possibilidade de se utilizar de estruturas de concreto pré-fabricadas ou moldadas no local da obra, com fôrmas convencionais de madeira ou industrializadas. A escolha do sistema de fôrmas a ser utilizado para estruturas moldadas no local, também depende das soluções estruturais apresentadas pelas obras, que por sua vez, depende do projeto arquitetônico.

#### Procedimentos de montagem, concretagem, desforma e manutenção

A montagem das fôrmas requer atenção no sentido de garantir as dimensões de todos os elementos estruturais. Prumos, travamentos, alinhamentos e nivelamentos deverão ser cuidadosamente executados, evitando deformações durante o lançamento do concreto. O dimensionamento deverá ser executado pela empresa responsável pelo fornecimento das fôrmas e/ou dos materiais de escoramento. Os escoramentos de vigas e lajes deverão ser mantidos (total ou parcialmente) pelo tempo determinado pelo engenheiro responsável segundo o cálculo estrutural.



A escolha dos materiais a serem empregados para o escoramento (madeira ou equipamento metálico) também depende da análise de vários fatores como tipo de estrutura, cargas, alturas e tempo de execução. No entanto, o cimbramento metálico vem sendo bastante utilizado em todos os diferentes sistemas - tanto para fôrmas mais convencionais como para fôrmas industrializadas.

Depois dos escoramentos, começa a fase de concretagem, que normalmente deve ser feita no máximo uma hora após a mistura do concreto ficar pronta. Durante a fase de secagem do concreto, a cura, o concreto deve ser mantido úmido por uma semana em média. Isso pode ser feito regando o concreto pelo menos uma vez por dia ou cobrindo a sua superfície com sacaria ou capim molhados.

O próximo passo é a desforma, ou desmolde. O tempo de manutenção das fôrmas varia muito, no caso das paredes em concreto auto-portantes, por exemplo, a desforma pode ser feita depois de 12



Sessão da obra em fase de desforma

horas. A opção do uso de um desmoldante para a retirada das fôrmas também é importante para racionalizar o custo da obra, pois garante uma longa vida útil das fôrmas. A solução mais utilizada de desmoldante é a base de um óleo solúvel em água e a quantidade a ser utilizada também depende muito do tempo de uso da fôrma. Uma chapa plastificada nova será facilmente destacada do concreto, necessitando de muito pouco desmoldante. Nesses casos, o desmoldante é usado mais por razões estéticas do que por uma razão funcional, já que essas soluções dão uma aparência mais bonita ao acabamento final da estrutura de concreto. Mas à medida que uma chapa é reaproveitada muitas vezes, o desmoldante se torna indispensável não só no processo de desforma como também na conservação do material, sendo utilizado também na estocagem das peças.

### Sistemas construtivos e sistemas de fôrmas

Além dos elementos estruturais que compõem uma obra, podemos também dividir em duas alternativas os modos de se erguer uma estrutura de concreto:

**Com estruturas pré-fabricadas.** Uma opção é encomendar as lajes, vigas e pilares que constituirão a obra de concreto, nas indústrias que trabalham com pré-fabricação das estruturas. A partir de um catálogo dessas indústrias, são feitas escolhas das estruturas que melhor se adaptam a determinado projeto e encomenda-se a quantidade necessária para a obra. Eventualmente podem ser feitas até algumas modificações no projeto para os padrões que a indústria de estruturas pré-fabricadas trabalha. Essa solução pode ser interessante no caso de obras que sejam de pequeno ou médio porte e que não sejam muito distantes das indústrias de estruturas pré-fabricadas. O transporte de vigas, lajes e pilares ou paredes de concreto a grandes distâncias elevaria demais o custo da obra. Mas a agilidade na construção de uma obra com estruturas de concreto pré-fabricadas é interessante para quem não dispõe

de um longo prazo para o serviço. Por isso mesmo, esse sistema vem sendo cada vez mais utilizado, principalmente em obras que apresentam uma grande repetição estrutural dos pavimentos, como shoppings ou hipermercados.

**Com estruturas moldadas *in loco*,** na qual o processo de concretagem das estruturas ocorre no local da obra. Essas estruturas podem ser moldadas por fôrmas industrializadas ou convencionais.

**Fôrmas industrializadas (pré-fabricadas):** Existe também a possibilidade de alugar, ou até mesmo comprar em casos mais específicos, as fôrmas para concreto industrializadas, para que as estruturas sejam moldadas *in loco*. As fôrmas industrializadas são muito versáteis e práticas, constituídas de diferentes materiais, desde painéis modulares de metal com chapas de madeira até sistemas de fôrmas em alumínio para estruturas monolíticas. Essas fôrmas industrializadas podem agilizar em muito a construção, são utilizadas em larga escala em países desenvolvidos e começa a ter maior participação no mercado de fôrmas da América Latina.

Com o desenvolvimento desses sistemas e adaptação às exigências do mercado brasileiro, as fôrmas industrializadas estão ficando cada vez mais simples e já existem opções desse serviço que não necessitam de mão-de-obra especializada. Por exemplo, os painéis modulares de chapas de madeira compensada ou as fôrmas em alumínio são leves e de fácil montagem, sendo possível operá-los sem a utilização de máquinas de transporte como guias, o que costuma inviabilizar algumas obras de baixa disponibilidade de recursos. Embora a opção pelo método de fôrmas industrializadas em obras prediais ainda está longe de ser a maioria no Brasil, vem se tornando cada vez mais popular, porque as vantagens quanto à rapidez de construção e qualidade são evidentes.



Sistema industrializado de fôrmas de alumínio

Um sistema industrializado diferenciado é o sistema de fôrmas com painéis portáteis em alumínio. Esse sistema funciona bem com diferentes projetos

arquitetônicos horizontais ou verticais, mas é mais utilizado para a concretagem monolítica de paredes auto-portantes e lajes. As fôrmas são montadas manualmente no local da obra e a concretagem é em uma só etapa. A desforma se faz depois de apenas 12 horas, permitindo fazer uma habitação por dia. O sistema também inclui fôrmas para pilares e vigas no caso de construções mistas, e fôrmas para escadas e caixa de elevadores e escadas para prédios.

Como o reaproveitamento de uma fôrma de alumínio pode chegar em até 1.200 vezes, esse sistema é um dos mais eficientes para a construção industrializada e a escala de habitações, ideal para casas populares, por exemplo.

Além disso, os sistemas de fôrmas em alumínio não utilizam madeira, contribuindo para a preservação do meio ambiente. Embora as fôrmas industrializadas em geral, mesmo as que usam madeira, não agredem o meio ambiente por utilizar matéria-prima proveniente de reflorestamento para fins específicos (chapas de madeira e vigas industrializadas de madeira).

**Fôrmas de madeira (convencionais)** Uma terceira alternativa de se erguer estruturas de concreto, o sistema de fôrmas totalmente em madeira, é o mais popular e mais antigo método de se moldar o concreto. Basicamente, esse método se baseia no projeto estrutural para comprar as chapas de madeira compensada suficientes para que as estruturas sejam moldadas *in loco*.

Existem também empresas que fabricam sob medida as

fôrmas convencionais de chapas de madeira compensada, seguindo o projeto estrutural particular da obra. A vantagem principal de trabalhar com as indústrias de fôrmas pré-fabricadas com chapas de madeira compensada (foto ao lado) é a de que a obra já é iniciada com um orçamento do custo total e um prazo determinado,



como funciona também na utilização das fôrmas industrializadas.

### Fôrmas convencionais X industrializadas

Nas estruturas de concreto moldadas *in loco*, pode-se fazer a opção pelas fôrmas convencionais - de madeira, feitas na obra ou compradas de uma empresa que pré-fabrica fôrmas - ou utilizar sistemas industrializados, que variam de painéis modulares até fôrmas em alumínio para a concretagem monolítica. Há ainda a opção de, em uma mesma obra, utilizar um sistema misto das soluções.

As fôrmas convencionais de madeira ainda são amplamente utilizadas no Brasil para estruturas moldadas *in loco* por ser um material de fácil adaptação a qualquer elemento estrutural, pois para adquirir o formato desejado basta serrá-la. Apesar disso, as fôrmas industrializadas de hoje em dia são versáteis o bastante para se adaptar a quase todos os tipos de projetos, o que explica sua ampla utilização em países desenvolvidos.

Por isso, o preconceito contra a falta de adaptabilidade das fôrmas industrializadas não procede, pois existem fôrmas específicas nesse sistema que suprem a exigência tanto de acabamentos particulares do concreto, quanto de projetos arquitetônicos diferenciados. Pois apesar dos equipamentos industrializados serem padronizados, eles podem ser utilizados em todo tipo de obra, desde prediais (paredes, caixas d'água, pilares etc.) até construções bem específicas, como em pontes estaiadas ou obras de arte em geral.

Quanto ao custo, ele depende da solução estrutural e das características específicas de cada obra. Por exemplo, no caso de uma única concretagem, o custo da fabricação (compra) de fôrmas de madeira pode ser mais caro do que alugar as fôrmas industrializadas por um período menor de tempo. Da mesma forma que, se muitas concretagens são feitas em uma boa velocidade de execução das fôrmas industrializadas, o custo, então, pode ser mais baixo do que a compra das fôrmas convencionais. Mas em uma obra de alto nível de repetição das estruturas, que necessite de um reaproveitamento das fôrmas na ordem de 200



Painéis modulares de metal com chapas de madeira

vezes ou mais, a compra de peças industrializadas, como os sistemas em alumínio, por exemplo, baixariam consideravelmente a porcentagem dos custos das fôrmas na super estrutura.

#### Sistemas industrializados para estruturas de concreto específicas

O sistema deslizante consiste na montagem de fôrmas e andaimes que são gradativamente deslocados para a concretagem vertical, acumulando concreto fresco sobre concreto em fase de endurecimento em etapas subseqüentes, evitando "juntas frias" na concretagem. Uma das características ao sistema deslizante, é que esse deslocamento vertical mecanizado da fôrma exige uma atenção ininterrupta dos trabalhadores, pois não é aconselhável a interrupção da elevação das estruturas. Mas é essa mesma característica que faz desse sistema tão ágil para estruturas de concreto verticais que apresentam grandes repetições de seção, como

por exemplo caixas d'água, torres ou pilares de pontes de grandes dimensões.

Já o sistema trepante, indicado para as mesmas aplicações do deslizante, tem o funcionamento

um pouco diferente: a partir de uma primeira camada concretada, consoles são manualmente apoiados em insertes para que uma segunda camada seja feita. Por se tratar de um processo de etapas independentes, o cronograma no sistema trepante é mais maleável do que no sistema deslizante, pois entre uma camada e outra o trabalho pode ser interrompido sem que haja riscos. Mas, por outro lado, os prazos de estruturas erguidas com o sistema deslizante são bem menores que os prazos do sistema trepante.



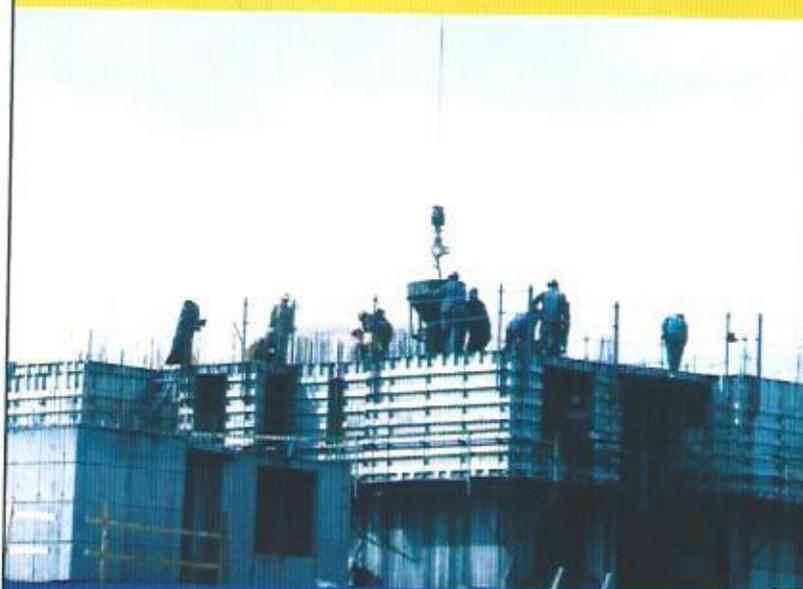
Dover

#### Desenvolvimento das fôrmas no Brasil

Por volta da década de 40, começaram a surgir as primeiras indústrias de compensado no Brasil. Em um primeiro momento do desenvolvimento na fabricação de fôrmas no país, houve a substituição de tábuas serradas por esse material novo, que eram as chapas de madeira compensada. Os motivos ainda eram meramente práticos: os compensados industrializados poderiam ser bem maiores que as tábuas serradas, o que agilizava o processo de concretagem das estruturas, principalmente das lajes.

# Forsa

A maneira mais prática e produtiva  
de construir



## O sistema de FORMAS EM ALUMÍNIO FORSA é a mais apropriada e rentável para a construção de habitações em escala.

Construções estáveis e de qualidade. Venha conhecer as vantagens da tecnologia de construção monolítica de paredes e lajes em concreto sobre os outros sistemas construtivos.

- Assessoria no projeto e na construção
- Sem restrições arquitetônicas
- Painéis mais leves e resistentes
- Uma Habitação por dia e mais de 1200 reutilizações
- Maior rapidez na entrega das obras
- 10 anos de experiência
- Líderes em América Latina, com obras em 12 países



**FORSA**  
FORMALETAS S.A.

Direção Comercial para Brasil - Rio de Janeiro  
Telefone: 21-81336923  
forsa.brasil@superig.com.br  
www.forsa.com.co

Mas, em um segundo momento, os pilares e as vigas também passaram a ser moldadas por chapas compensadas, devido ao melhor desempenho do novo material.

Nessa época, as fôrmas para concreto eram feitas exclusivamente no próprio canteiro de obras, não haviam outras alternativas. O encarregado de tal função era um carpinteiro, que recebia a planta do calculista estrutural, interpretava e executava as fôrmas com os compensados. O planejamento na execução dessas fôrmas era precário, feito na própria obra por um trabalhador não especializado na função, que não tinha preocupação de custo ou disponibilidade do material que iria moldar o concreto. Pois a madeira era o material exclusivo das fôrmas, um recurso natural tão abundante no Brasil daquela época que a idéia do desmatamento como uma ameaça ao equilíbrio ecológico era desconsiderada. Assim, o desperdício era latente, sem planejamento de otimização do uso das fôrmas, devido ao baixo custo da madeira.

No tocante ao travamento e escoramento das fôrmas, era uma função considerada de segunda importância, que poderia ser executada exclusivamente pelo mestre de obras sem problemas. Porém, o encarregado da obra não desenvolvia nenhum estudo específico, nenhum cálculo preciso para as diferentes obras com as quais ele trabalhava. A prática havia ensinado o mestre de obras a utilizar travamentos e escoramentos de um jeito eficaz para toda e qualquer obra, independentemente das especificidades de cada uma delas.

Só em meados da década de 1970 é que esse panorama de desperdício e falta de planejamento na execução das fôrmas começou a se modificar no Brasil, com profissionais se dedicando em uma função que já não era mais relegada a um segundo plano. Esses profissionais centravam seus estudos na preocupação de racionalizar o uso da madeira, e planejar todas as etapas do processo, da montagem à desforma, para se obter um melhor desempenho na construção de estruturas de concreto.

Foi nesse mesmo período, chamado de "milagre econômico brasileiro", que obras de engenharia de grande porte, como barragens de hidroelétricas, passaram a ser construídas em grande escala no país. Assim, tecnologias importadas de fôrmas industrializadas e estruturas pré-fabricadas começaram a aparecer no país, sempre financiadas por estatais do governo militar. Esses sistemas muito eficientes para obras de concreto de grande porte eram novidade no Brasil, mas na Europa, particularmente na Alemanha, essas técnicas já eram mais comuns, pois vinham sendo desenvolvidas desde os anos de 1960.

Mas foi no início da abertura da economia, no final dos anos de 1980, que iniciou-se o último momento da

evolução do mercado de fôrmas para concreto, tal qual vivenciamos hoje no Brasil. Empresas multinacionais começaram a abrir filiais no país, trazendo novos sistemas de fôrmas de diferentes materiais, entre eles metal, alumínio e cimbramentos metálicos. O mercado nacional diversificou-se com novas tecnologias e equipamentos mais modernos do que aqueles utilizados no período do "milagre econômico". E o que antes eram soluções muito elaboradas de alto custo, que exigiam mão-de-obra especializada, se tornaram soluções mais leves, de manuseio relativamente simples e que poderiam ser facilmente executadas.

Com essa evolução, as multinacionais de fôrmas industrializadas não só entraram no mercado nacional para construções de grande porte, como também entraram na concorrência direta com os métodos mais convencionais de madeira, até então quase que exclusivos no mercado de obras de menor porte, como as prediais por exemplo.

A modernização na totalidade das obras de concreto no Brasil ainda é uma previsão a longo prazo. Pois a enorme maioria das obras em concreto no país, mais de 90%, ainda são construídas como há muitos anos atrás, com fôrmas de chapas de madeira compensada na própria obra.

Esse contraste mostra que há um aumento da oferta de serviços de qualidade de padrão internacional, e conseqüente barateamento de equipamentos mecanizados e sistemas de fôrmas industrializados, à custos que se ajustam melhor à realidade econômica do país. O aumento da oferta de fôrmas industrializadas e equipamentos com serviços de padrão internacional é hoje, no Brasil, uma saída

possível ao déficit habitacional, de saneamento e infraestrutura em geral. As construtoras e os potenciais consumidores, estão em um processo de certificação da qualidade técnica e de serviços. Só falta a decisão política e técnica de governo, entidades públicas e privadas, atuando em parcerias, para investir em novas tecnologias, por meio de um fluxo de recursos permanente que promova uma modernização definitiva no setor da construção civil do país.

\* Fonte: Cálculo de estruturas de concreto armado do livro *Tabelas de Composições de Preços e Orçamentos*, 12ª edição, in *Revista Construção e Mercado*, nº 35. ♦

### Colaboraram com esta matéria

Claudinei Palma de Lima, gerente técnico da Doka  
 Wilton Taparelli Chade, diretor técnico da Formaplan  
 Maria Virgínia Casasfranco Roldán, diretora comercial da Forsa  
 Wagner Thomaz Faião, diretor comercial da Thoser



# A CONSTRUÇÃO CIVIL E O POTENCIAL DA CHINA

As empresas brasileiras devem agir estrategicamente para planejar sua entrada na China e colher os bons frutos dessa expansão crescente, tirando proveito de sua experiência, tecnologia e design extremamente competitivos.

Uns meses para cá, tudo que se ouve ou lê a respeito da China envolve a descrição do seu gigantismo nas mais diversas áreas e a caracterização do país como fonte inesgotável de oportunidades de negócio nos mais diversos setores. A abertura de mercado iniciada no começo dos anos 90 transformou a China em um dos principais centros de atração de investimentos e negócios mundiais. Verificou-se a passagem de uma economia planejada e respaldada pelo poder do comitê central para uma economia de mercado.

Com 1,3 bilhões de habitantes - a nação mais populosa do planeta e sexto PIB mundial, com US\$ 1,2 trilhões - apresenta também níveis ímpares de crescimento. Durante toda a última década, os números jamais ficaram abaixo dos 7% ao ano, sendo que em 2003 o índice chegou aos impressionantes 9,1%. Somente com base nesses indicadores, já é compreensível a transformação repentina da China na "menina dos olhos" de investidores de todo o mundo. No entanto, o poder de atração dos chineses não pára por aí e, mais especificamente para o setor de Construção Civil, as oportunidades são amplas e crescentes, na medida em que acompanham o desenvolvimento do país.

Já em meados dos anos 80, foi realizado o primeiro projeto de construção na China envolvendo financiamento estrangeiro: um túnel de divisão de águas na Estação Hidrelétrica Lubuge, na província de Yunnan, localizada a sudoeste do país. Os empréstimos eram provenientes do Banco Mundial e a concorrência foi feita via licitações. Tal projeto marcou o setor de construção civil como um dos impulsionadores da abertura da China para o restante do mundo e, a partir de então, construtoras e incorporadoras estrangeiras iniciaram sua entrada no mercado chinês. A participação das empresas estrangeiras cresceu de modo significativo nos anos 90 e, como consequência disso, de 1992 a 1994 foram publicados Regulamentos Administrativos que versavam sobre o exame e a aprovação de joint-ventures Sino-estrangeiras na área de projeto e o estabelecimento de empresas de construção financiadas por estrangeiros.

O ponto principal dos Regulamentos Administrativos é a imposição da restrição ao estabelecimento de empresas e instituições de projetos e construção de capital inteiramente estrangeiro. Tais restrições, por mais que

permitam participação estrangeira majoritária nas joint ventures, são válidas ainda hoje, porém com duração prevista até 2005, quando a entrada da China na Organização Mundial do Comércio completa três anos e as barreiras ao estabelecimento comercial de organizações inteiramente não-nacionais serão extintas para alguns tipos de projetos. De acordo com os compromissos assumidos na OMC, a partir do próximo ano as organizações de capital inteiramente estrangeiro com presença comercial na China poderão assumir os seguintes tipos de projetos de construção:

- a) aqueles completamente financiados por investimento estrangeiro;
- b) os financiados por empréstimos de instituições financeiras internacionais;
- c) os construídos por estrangeiros e chineses conjuntamente, porém com investimento estrangeiro igual ou maior que 50%;
- d) com investimento estrangeiro menor que 50%, mas tecnicamente difíceis de serem implementados por empresas chinesas sozinhas.

A esses tipos, somam-se aqueles projetos construídos com investimentos chineses, mas que apresentam dificuldades de implementação por parte de empresas 100% nacionais e, assim, empresas estrangeiras podem participar conjuntamente com as chinesas mediante aprovação do governo da respectiva província.

Em 1996, a atividade do setor de construção já era seis vezes maior que nos anos oitenta. Nos moldes de Planos Quinquenais, as prioridades traçadas para o período de 1996 a 2000 abarcavam o planejamento urbano e o desenvolvimento de infra-estrutura, com melhoria do sistema de transporte e aquecimento urbano, construção de casas populares e criação de parques nacionais. Respondendo às metas estabelecidas, em 2002 o setor da construção representou 6,9% do PIB chinês, o equivalente a 704.7 bilhões de yuans, com mais de 45.000 empreendimentos e 21.106 milhões de empregos gerados.

O Décimo Plano Quinquenal (2001-2005) continua priorizando o setor, defendendo seu crescimento e, especialmente, insistindo na busca da melhoria do nível dos serviços de construção e projetos prestados, em concordância com a revisão dos padrões de excelência

nacionais feita em 2002. Até o presente momento, o desenvolvimento do setor foi realmente impressionante, o que indica que as chances para empresas estrangeiras a partir de 2005, com a queda de algumas restrições, são grandes.



Um fenômeno vivenciado pelo país nos últimos anos - que vem na esteira de todo crescimento e desenvolvimento nacional - tem sido a intensa migração da população rural para as cidades. A China tem dois quintos de sua população concentrados em áreas urbanas e o restante nas áreas rurais, mais pobres. A medida que essas migrações internas se acentuam, cresce o mercado da construção de prédios residenciais e casas populares, importantes empreendimentos para o setor. Só como consequência da construção da usina hidrelétrica de três Gargantas, por exemplo, mais de um milhão de pessoas serão deslocadas de áreas a serem inundadas e

transferidas para novas cidades, literalmente, que deverão ser construídas até 2009. Os preparativos monumentais para a Olimpíada de 2008 em Pequim e para a EXPO 2010 (Xangai) terão também grande impacto nos índices do setor. Até 2010, o foco das atividades de construção civil reside nessas novas cidades, bem como na reconstrução e recuperação de infra-estrutura, itens que interessam às empresas brasileiras.

Contudo, o fato do país ostentar índices de tamanha magnitude não significa que os problemas não existam, nem sequer que o crescimento segue desenfreado. Toda a estrutura regulatória e de garantia ao investidor ainda são extremamente frágeis, uma vez que o país dá passos lentos no estabelecimento de um sistema normativo abrangente e eficaz.

Como vale para todo mercado global, a falta de estatísticas no setor de construção civil consiste em um fator que dificulta bastante a identificação dos principais e potenciais mercados, mas não há dúvida de que a China definitivamente encaixa-se entre eles. As empresas brasileiras devem agir estrategicamente para planejar sua entrada na China e colher os bons frutos dessa expansão crescente, tirando proveito de sua experiência, tecnologia e design extremamente competitivos. ♦

Prospectiva Consultoria Internacional  
Ricardo Camargo Mendes - Diretor Adjunto  
Gheisa Victorino - Analista

## PROSPECTIVA

Consultoria Brasileira de Assuntos Internacionais

A Prospectiva é uma consultoria especializada em diplomacia empresarial e estratégias de inserção internacional. Seu foco de atuação é oferecer análises completas e projeções de eventos e processos internacionais, bem como de seus impactos na vida política e econômica nacional.

[ Internacionalização de empresas ]

[ Integração regional e oportunidades de negócios ]

[ Treinamentos in Company ]

[ Diagnóstico e planejamento de estratégias ]

# BRASIL MARCA POSIÇÃO NO WORKSHOP DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NAS AMÉRICAS

Com a aproximação da data de consolidação da ALCA (Área de Livre Comércio das Américas), prevista para janeiro de 2006, o Brasil prepara-se para integrar este mercado que será o terceiro maior do mundo (800 milhões de habitantes). Entretanto, as dificuldades de negociação para se chegar num acordo não se restringem aos aspectos comerciais e econômicos. Antecipando-se à futura integração, engenheiros, geólogos e arquitetos de diversos países das Américas, sob coordenação do American Concrete Institute (ACI), vêm discutindo a viabilidade de adoção de um único código (norma) regulamentador para o projeto e construção de obras de edificações em concreto.

Caso seja aprovado um acordo amplo de integração comercial, a ALCA poderá vir a eliminar barreiras atuais para os serviços de construção civil nas Américas, possibilitando uma franca concorrência entre as empresas em toda região.

O 1º Workshop de Estruturas de Concreto para as Américas ocorreu em 2000 na cidade de Phoenix, nos Estados Unidos. Participaram 42 especialistas de 14 países. Objetivou-se discutir as diferenças entre os códigos, especificações e práticas de uso do concreto estrutural nas Américas. O Brasil manteve uma postura bastante crítica nas discussões, revelando suas discordâncias com relação aos critérios de segurança adotados na Norma ACI 318, comparativamente à norma NBR 6118.

"Existe a intenção norte-americana de tornar o ACI 318 uma norma internacional, através de seu uso em todos os países das Américas, tal como acontece com o EuroCódigo 2 (EC 2) na União Européia", opina Fernando Rebouças Stucchi, diretor da EGT Engenharia e professor da Escola Politécnica da USP, um dos representantes do Instituto Brasileiro do Concreto (Ibracon) no evento. Stucchi considera ainda que "normas e especificações são a cultura técnica de cada nação, não podendo ser importadas, mas que podem ser parcialmente absorvidas, adaptadas e até

rejeitadas".

No 2º Workshop de Estruturas de Concreto nas Américas, ocorrido em março último, em Washington DC, ficou claro nas discussões acaloradas que, apesar da intenção norte-americana de produzir um código único, há dificuldades e controvérsias. "Alberto Giovambattista, representante do Capítulo Argentino do ACI, frisou que, embora os argentinos estejam em processo de adoção do ACI 318, eles acabaram por incorporar partes do Eurocode EC2, por entenderem que certas recomendações europeias são mais adequadas à realidade da Argentina do que as norte-americanas".

O 2º Workshop contou com a participação de 75 especialistas de 10 países e discutiu, dentre outros temas, a importância da introdução da segurança e da durabilidade nas normas de projeto. Formou-se um consenso de que a norma ACI 318 é um bom lugar para discussão, principalmente entre os países com riscos sísmicos, que se situam na costa do pacífico. "Entretanto, a marca do evento foi justamente o senso crítico e a polêmica que se difundiu entre os participantes", comenta o Prof. Paulo Helene, presidente do Ibracon.

A engenharia civil brasileira, representada na ocasião pelo Prof. Paulo Helene, pelo Eng. Julio Timerman (presidente da ABECE) e pelo Prof. Fernando Stucchi, contribuiu decisivamente para o clima de polêmica do evento. Além das críticas com relação aos parâmetros de durabilidade, reiteradas por Paulo Helene no evento internacional promovido pelo Ibracon em São Paulo com a presença do Chairman do ACI 318 (James Cagley), foi chamada atenção para a necessidade da norma norte-americana contemplar materiais e tipos estruturais dos diferentes países, assim como as questões econômicas e de confiabilidade peculiares destes países, para se tornar uma norma internacional. "A norma ACI-318 usa coeficientes de ponderação

dos materiais iguais para o aço e para o concreto, que variam conforme o tipo de solicitação. Como a variabilidade do concreto é bem maior que a do aço, a variação desses coeficientes com a solicitação não é suficiente para trazer coerência", exemplifica Stucchi.

"Não há como manter uma posição isolacionista e ingênua sobre esta questão que se insere dentro de uma geo-política de globalização", declara Paulo Helene. O Brasil é o único país das Américas que ainda não tomou como referência principal a norma ACI 318. "Por razões históricas e culturais, nossos modelos de normalização de projeto tiveram base no Model Code da fib (CEB-FIP) (Federation Internationale du Béton e, mais recentemente, no EC2 (EuroCódigo2), enquanto as demais normas brasileiras do setor têm se baseado principalmente em documentos americanos da ASTM (American Society for Testing and Materials, USA), do próprio ACI, da PCA (Portland Cement Association, USA) e do NIST (National Institute of Standards and Technology, USA)", complementa o presidente do Ibracon.

Atualmente, existe uma nítida tendência de internacionalização das normas de projeto de estruturas de concreto e a melhor demonstração deste fato são as comissões conjuntas e

permanentes fib/ACI, que visam uniformizar conceitos e procedimentos. Em contrapartida, as recomendações de projeto através de documentos consensuais sempre representarão o grau de desenvolvimento técnico do país e, conseqüentemente, refletirão suas experiências e conhecimentos.

"Está longe ainda o dia em que a engenharia de concreto do Brasil não terá nada a dizer nem a aperfeiçoar em relação a documentos de projeto de nossos colegas europeus e americanos. Participar pró-ativamente das discussões é o melhor caminho para construir uma engenharia brasileira melhor e mais competitiva", complementa Helene.

Uma curiosidade do Segundo Workshop ocorreu durante a tradução do ACI 318 para o espanhol. Houve dificuldade com 92 palavras, para as quais foram dadas 350 diferentes interpretações. O fato demonstra que ainda há um longo caminho a ser percorrido para se chegar ao acordo. A data do 3º Workshop, que ocorrerá em New Orleans, USA está agendada para outubro de 2006. Até lá, a ALCA já deve estar consolidada. Será? ♦

Fábio Luis Pedroso (assessor de imprensa do Ibracon)

## ICAMENTO COM ENGENHARIA



**I.V. TRANSPORTES E GUINDASTES**



Operação em todo território nacional e Mercosul  
Guindastes de 25 a 550 tons., com lança telescópica  
até 84 m, com opcional acoplamento de jib até 140 m  
Transporte de cargas indivisíveis de até 250 tons.

Av. Papa João Paulo I, 415 - Nova Bonsucesso

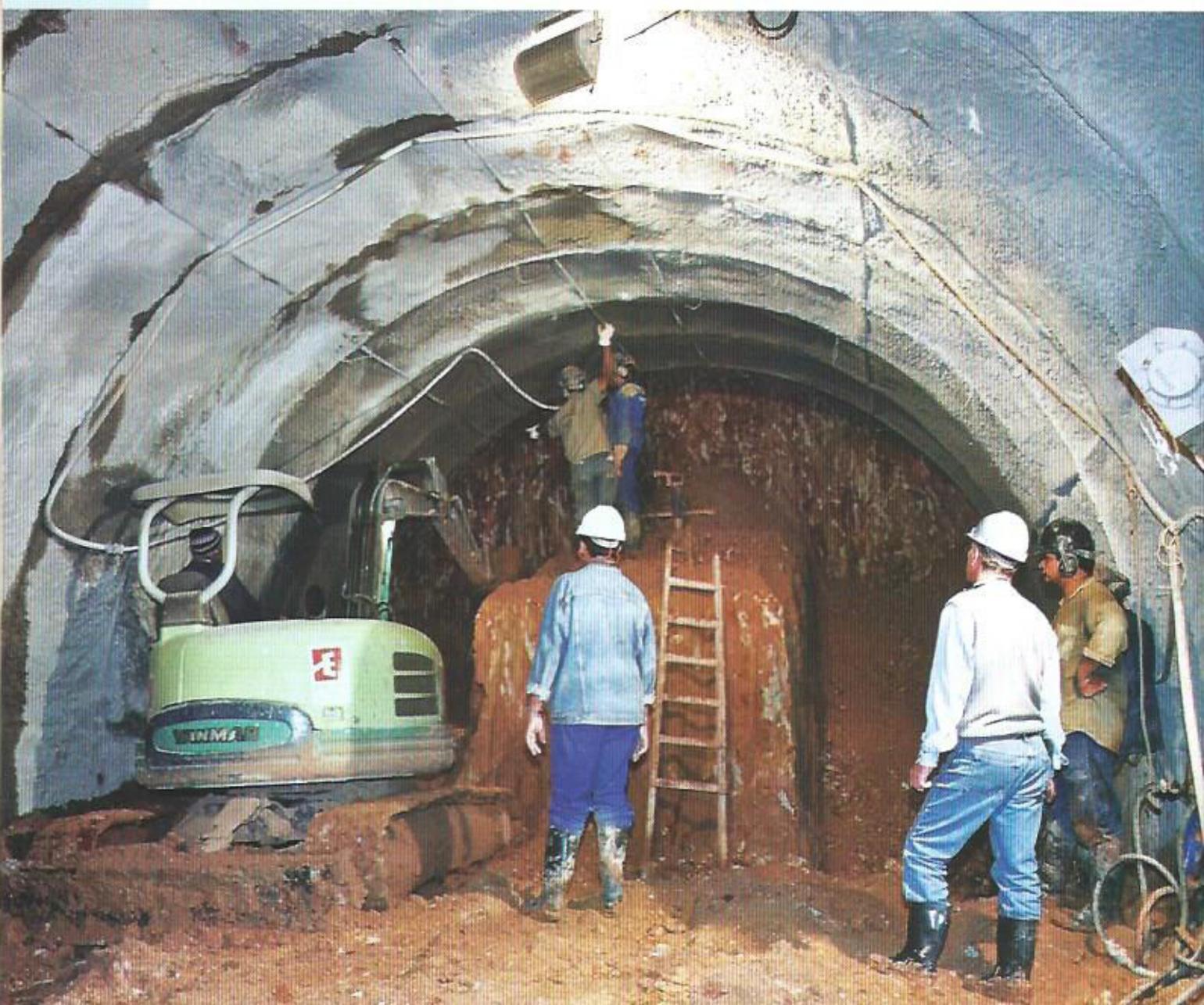
CEP: 07170-350 - Guarulhos

Tel: (11) 6438-5090 / Fax: (11) 6438-5156

ivtransp@ivtransp.com.br / www.ivtransp.com.br

# SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE TÚNEIS NO METRÔ DE SÃO PAULO

A adoção de um método mecanizado de construção de túneis é essencial para a aceleração das obras das Linhas 2 e 4 do Metrô de São Paulo e conseqüente melhoria no transporte público e trânsito da cidade.



ma análise qualitativa das linhas de metrô de São Paulo pode ter duas abordagens específicas. Quanto à qualidade dos serviços prestados e funcionalidade nas estações já concluídas, há um entendimento comum de que o Metrô de São Paulo é dos melhores no mundo. Mas se buscamos analisar a assistência real que a extensão metroviária paulista dá a população, constataremos que muitos túneis e estações ainda devem ser construídos. Comparar a extensão do metrô paulista com a de países desenvolvidos, evidencia a carência de transporte público na cidade e a urgência da aceleração nas obras.

O panorama atual das obras no Metrô de São Paulo é o seguinte:



Linha 5 - Lilás

Linha 5 – Lilás: inaugurada em outubro de 2003, sendo 8,4 km de extensão operacional e 6 estações (Capão Redondo, Campo Limpo, Vila das Belezas, Giovanni Gronchi, Santo Amaro e Largo Treze). Ainda em expansão, quando concluída a Linha 5 terá 21 km de extensão.

Linha 4 – Amarela (em projeto): com extensão de 12,8 quilômetros e 11 estações, será construída em 2 etapas. Na primeira, serão construídas 5 estações - Butantã, Pinheiros, Paulista, República e Luz.

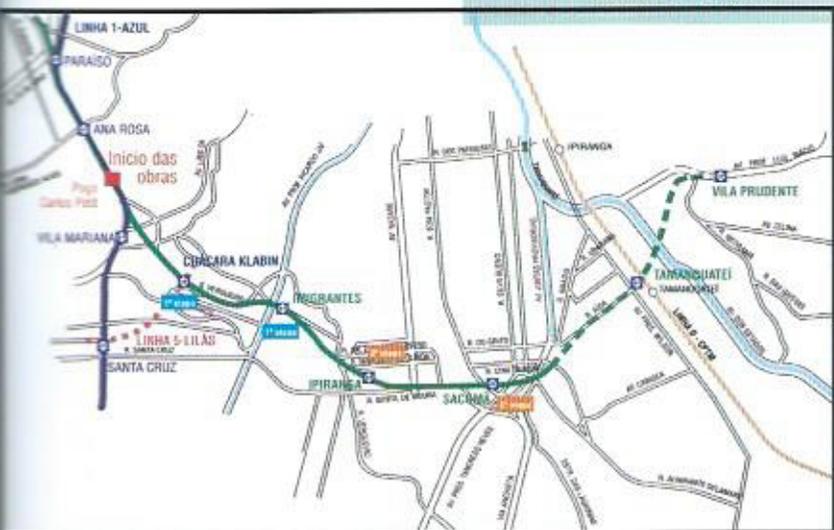
Na segunda etapa, serão construídas as estações de Higienópolis, Oscar Freire, Fradique Coutinho, Faria Lima, Três Poderes e Morumbi.

Quando concluída as duas etapas de construção, a Linha 4 integrará uma rede metroferroviária, conectando-se à Linha 1 - Azul, Linha 2 - Verde, Linha 3 - Vermelha e à Linha 7 - Celeste da CPTM.



Linha 4 - Amarela

Linha 2 - Verde



Extensão da Linha 2 – Verde: Inaugurado em 1991 com extensão operacional de 7 km e 8 estações, as obras de expansão foram divididas em 2 etapas.

A primeira etapa de construção, iniciada em 30 de março deste ano, a partir da estação Ana Rosa, em uma extensão de 2,9 km e 2 estações (Chácara Klabin e Imigrantes) é prevista para terminar em 2006. A segunda etapa prevê a construção de mais 2,2 km de vias e 2 estações (Ipiranga e Sacomã).

A Linha 2 fará integração com a Linha 1, Linha 5 com a futura Linha 4.

Quanto ao processo construtivo dos túneis de vias da Linha 4, o projeto prevê em sua maior parte a adoção do sistema de tuneladora (também conhecido como *shield*) com diâmetro de cerca de 9m para acolher as 2 vias. E para a extensão da Linha 2, o processo adotado para a escavação dos túneis é o método NATM (*New Austrian Tunneling Method*), ambos melhor explicados a seguir.

A aceleração nas obras do metrô está diretamente ligada à adoção de um eficiente método construtivo de túneis. Rapidez de execução, rendimento e relação custo/ benefício são as características que devem ser consideradas. Existem basicamente três tipos de métodos de construção de túneis:

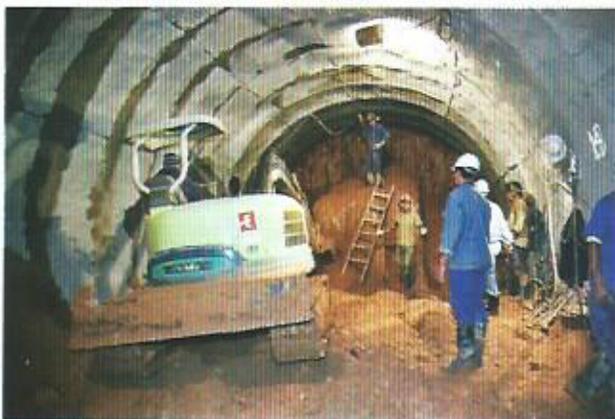
#### *Cut-and-cover* ou Vala a Céu Aberto (VCA)

Metodologia específica mundialmente utilizada para escavações a pequenas profundidades e utilização de estruturas de concreto moldadas no local. Esse método consiste na escavação direta do maciço a partir da superfície, com paredes de contenção da vala, provisórias ou não, previamente instaladas. Ao final da escavação, as estruturas de concreto são montadas. Neste sistema, a estrutura subterrânea deverá suportar todo o peso do solo sobrejacente, bem como todos os esforços intermediários associados à evolução da escavação.

#### *New Austrian Tunneling Method (NATM)* ou "Túnel Mineiro"

Esse método consiste na utilização do concreto projetado, também conhecido como concreto jateado (veja pág. 35). A escavação dos túneis é feita por um processo manual, por meio de ferramentas pneumáticas ou por meio de retro-escavadeiras ou ainda por fresas, para que suportes provisórios sejam montados. A finalização da execução do revestimento primário ocorre com a aplicação de concreto projetado sobre os suportes, fixando as estruturas.

A movimentação natural do maciço recém-perfurado é o motivo pelo qual se explica a utilização do concreto projetado no NATM. Pois logo depois



Escavação da linha 2 do metrô - método NATM

que há a escavação de maciços, ocorre um "relaxamento" natural do material perfurado que está associado a uma diminuição do diâmetro do túnel. Por isso, o concreto projetado deve ser aplicado logo após a escavação, durante o período de tempo em que o maciço apresenta capacidade de resistência suficiente para as

operações de construção, o qual é denominado *stand up time*. O ideal é aplicar o concreto projetado no momento em que o maciço atinge o seu relaxamento máximo, de modo a minimizar as tensões que sobrecarregarão a estrutura. Portanto, o concreto projetado aplicado na construção de estruturas de túneis implica em um dimensionamento exato das tensões a serem superadas.

O NATM é um método bastante utilizado no mundo para a escavação de túneis, como ocorre historicamente nas obras do metrô paulista, e é muito eficiente na construção de estruturas das estações do metrô – como mezanino, escada rolante e outras que exigem um trabalho mais artesanal e mais detalhado, dada à complexidade geométrica das mesmas. Mas para a construção de dezenas de quilômetros da parte que compreende os túneis de via dos trens em uma linha, que define o prazo e custo da obra, já existem opções mecanizadas mais dinâmicas e eficientes de produção, como o sistema de tuneladora.

#### Tuneladora (*Shield*)

É um método mecanizado de escavação de túneis por meio de um equipamento que perfura o solo e já monta em seguida a estrutura de suporte com anéis de concreto pré-moldados. O túnel é escavado e os anéis são montados rapidamente pela tuneladora. O corpo principal dessa máquina tem cerca de 15m, mas considerando todo sistema de apoio que movimenta a máquina, monta os anéis e retira o material escavado, a tuneladora atinge pouco mais de 100m.

A tuneladora é uma máquina de tecnologia avançada, orientada por dezenas de computadores, inclusive com sistema de localização por GPS, que supera os mais diferentes obstáculos, executando



Sistema de remoção do maciço escavado no método NATM



Um consórcio entre Odebrecht (Brasil) e Herrenknecht (Alemanha) possibilitou a utilização dessa tuneladora de 5,85m de diâmetro em Caracas, na Venezuela.

utilizada em uma segunda obra caso esta tenha as mesmas características dimensionais e do maciço, do contrário será necessário uma série de adaptações para que a máquina possa desempenhar com a mesma precisão a construção do segundo túnel. Além disso, a tuneladora leva em torno de 4 ou 5 anos funcionando até que a obra para a qual ela foi programada esteja concluída, o que em

com precisão as variações de inclinação e curvas do túnel, escavando até materiais mais duros, como rochas.

Esse tipo de máquina é projetado para uma obra específica à qual ela se destina, pois possui uma seção circular fixa (o *shield*) definida em função das especificidades da espessura, dimensão e extensão do túnel a ser escavado. Assim uma tuneladora só é

construções de escala industrial compreende dezenas de quilômetros de linhas metroviárias. Ao final do funcionamento, essa máquina se torna obsoleta em comparação com as novas tuneladoras que incorporam novas tecnologias que são continuamente desenvolvidas, sempre aportando melhor desempenho e capacidade de escavar túneis maiores em espessura e diâmetro em menos tempo.

A AltoQi apresenta soluções para projetos de edificações:

**eberick**  
V5 Projeto Estrutural em Concreto Armado

**lumine**  
V4 Projeto de Instalações Elétricas Prediais

**hydros**  
V4 Projeto de Instalações Hidráulicas e Sanitárias Prediais

**qicad**  
V3 CAD para Engenharia

Baseado na nova NBR 6118: 2003

Conheça o "Curso sobre a NBR 6118: 2003 - Concreto Armado" Via internet

**qisat**  
www.qisat.com.br

PROGRAMA ALTOQI DE ENSINO À DISTÂNCIA

- O Programa AltoQi de Ensino à Distância - QiSat ([www.qisat.com.br](http://www.qisat.com.br)) propicia aos profissionais um meio de acesso ao conhecimento técnico através de cursos online sobre temas diversos relacionados à Engenharia.
- O ensino online utiliza as ferramentas educacionais mais modernas, em sintonia com flexibilidade, otimização de tempo, redução de gastos, eficiência e qualidade de estudos.
- O sistema permite que, conectado à internet, o aluno estude a qualquer hora e lugar, interagindo com os profissionais que participam do curso, além dos próprios professores.
- Com a criação do QiSat, a AltoQi expande seu comprometimento com a inovação, conhecimento, a qualidade e, principalmente, com os profissionais de Engenharia, oferecendo novas oportunidades de aprendizado através de recentes tecnologias de ensino.

Visite o site [www.qisat.com.br](http://www.qisat.com.br), cadastre-se e concorra a uma premiação gratuita ao Curso Sobre a NBR 6118:2003 - Concreto Armado até o dia 30 de agosto.

**AltoQi**

tecnologia aplicada à engenharia  
www.altoqi.com.br (48) 239 7000

### Anel de concreto para tuneladora

A tuneladora é um equipamento que está intimamente ligado ao anel de concreto. Os anéis são formados em 8 pedaços (7+1), sempre dependendo do tamanho do diâmetro e da espessura da forma circular do túnel. O peso da peça que é o limitante, pois com cada peça pesando aproximadamente cinco toneladas, os anéis de concreto necessitam de transporte e, conseqüentemente, de um método construtivo mecanizado, como o sistema de tuneladora, para que sejam aplicados. Para a construção dos túneis na alta velocidade que a tuneladora é capaz de produzir, essas peças de concreto pré-fabricado devem ser feitas em grande escala, levando-se em consideração o transporte dessas pesadas estruturas até o momento de sua instalação no túnel.

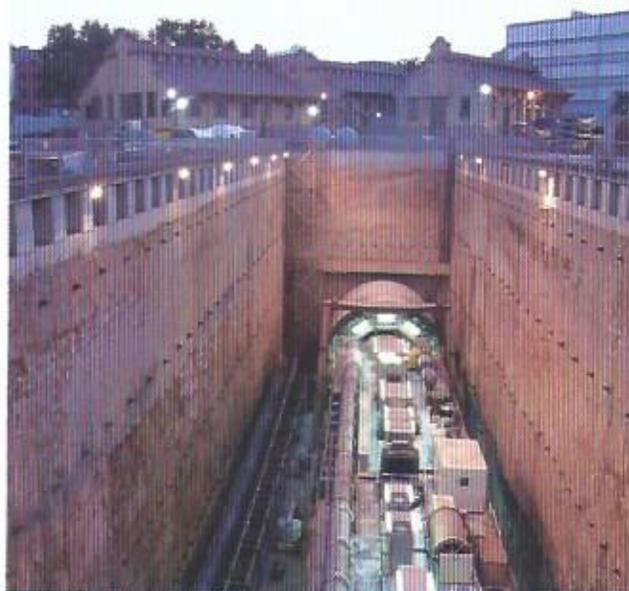
Na instalação do túnel, é essencial o planejamento correto das juntas entre as placas, já que a tuneladora se apóia na estrutura recém-montada, exercendo uma pressão de aproximadamente 10 mil toneladas, para escavar a próxima seção do túnel. Estas estruturas são montadas e unidas com "juntas simples". Ou seja, os anéis possuem contato pelas extremidades e haverá um anel chave para o fechamento do círculo. Esse anel chave garantirá a solidarização por meio da aplicação de uma carga que manterá as juntas fechadas por tensão de contato. Em outras palavras, é como se enpurrássemos um seguimento no outro e contra o maciço de modo a enrigecer o conjunto do anel.

Os anéis são compostos por segmentos de concreto com armação tipo gaiola ou com fibras de aço e de polipropileno, bem como com juntas responsáveis pelo desempenho quanto à impermeabilidade da estrutura final. Caso haja um baixo reforço nas peças, seja de fibras de aço ou mesmo de armaduras convencionais, poderá haver infiltração por fissuras, prejudicando o desempenho global da estrutura. Além disso, esse concreto deverá contar com a adição de fibras de polipropileno que não tem função de reforço, mas de segurança principalmente, na prevenção do colapso de revestimento no caso da ocorrência de um incêndio.

### Vantagens na utilização de tuneladoras para escavação de túneis

A tuneladora de alto desempenho, utilizada em grande parte dos países desenvolvidos, consiste em uma máquina especializada de alta tecnologia para produção em escala industrial. Os países que utilizam as tuneladoras de uma forma extensiva, constroem túneis metroviários com uma rapidez superior aos países que utilizam o NATM. O método de escavação mecanizada e colocação do revestimento do túnel de grande diâmetro pelo sistema de tuneladora, é raro na história das escavações para túneis metroviárias no Brasil.

Com o sistema de tuneladora em escala industrial, há a possibilidade de se construir até 10 km de linha



Máquina tuneladora S221 de 12,36m de diâmetro em operação na cidade de Barcelona (Espanha)

de metrô por ano. Já pelo método NATM, por ser um processo manual, a produtividade depende do número de frentes utilizadas para a escavação. No NATM, portanto, é difícil estabelecer uma velocidade de construção média, pois há a possibilidade de lançar várias frentes de escavação simultâneas e, eventualmente, até ultrapassar a produtividade de um único equipamento mecanizado. Mas, de uma forma geral, a tuneladora, com jornadas fixas de trabalho e prazo programado de conclusão da obra, apresenta uma maior produtividade do que o NATM.

Quanto ao maciço escavado para a abertura de túneis, a tuneladora também apresenta vantagens. A composição do material do maciço escavado varia ao longo da extensão de um túnel, desde solos até rochas. As camadas de areias, por exemplo, são instáveis, o que aumenta o risco de falhas na escavação, e posteriores defeitos no acabamento final referentes à impermeabilização das estruturas. Risco esse que pode ser maior se a escavação for feita pelo método NATM. Portanto, a vantagem da tuneladora sobre o NATM também se dá em uma questão operacional, tanto para a escavação de maciços mais instáveis, como areia, quanto para uma melhor impermeabilização em solos com alta concentração de água.

### A tuneladora no Metrô de São Paulo

No Brasil, já existem empresas que fabricam equipamentos que utilizam o método de tuneladora de escavação e montagem de túnel para pequenos diâmetros, de até 3 metros no máximo. Mas equipamentos mecanizados para túneis de grande diâmetro, o que otimizará as obras metroviárias em uma megalópole como São Paulo, dependem da disponibilidade de recursos para obras de grande extensão, compatíveis com o custo do sistema de tuneladora.

Desde 2002, foi entregue à população apenas 8,4 km de linha nova (Linha 5 - Lilás), depois de 4 anos do início das obras. Além disso, de 1998 para cá, foram concluídas as estações Jardim São Paulo, Parada Inglesa e Tucuruvi, da Linha 1 - Azul, o que compreende uma extensão de aproximadamente 3,3 km. Ou seja, nos últimos 6 anos, a população de São Paulo ganhou 11,7 km de linha nova, uma produtividade de menos de 2km de construção de linha por ano.

A previsão para a Linha 4 - Amarela, planejada para ser construída em sua grande parte pelo sistema de tuneladora, é de que os cerca de 13 km de linha levem por volta de 3,5 anos (3.5 km por ano). Uma produtividade ainda baixa em relação à demanda - o metrô paulista atende em cada quilômetro de linha uma média de 300 mil passageiros por ano. Para uma maior produtividade do sistema de tuneladora, deve haver um planejamento de construção em escala industrial, que perdure incessantemente por vários anos na construção de uma rede metroviária em uma única etapa, para um melhor rendimento em prazos curtos, e para que a tuneladora seja economicamente viável.

Em escala industrial, a construção de um determinado túnel por meio do método de

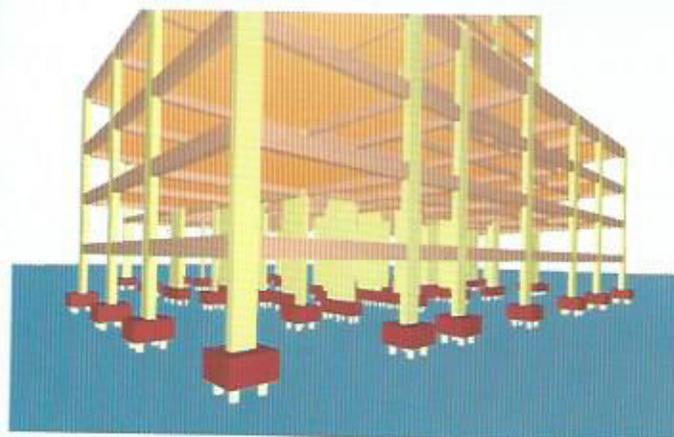
tuneladora é mais ágil do que o NATM. Na velocidade de construção de tuneladoras de última geração, seria possível concluir toda a Linha 4 (12,8 km) do metrô em menos de um ano e meio em uma única etapa de construção. Os consórcios de empreiteiras que executarão as obras do Metrô de São Paulo abrem a possibilidade para a utilização da tuneladora na construção de linhas metroviárias, pois racionaliza o custo da máquina e otimiza a produção.

É sempre digna de elogios a qualidade funcional das linhas metroviárias paulistas já concluídas, pois os poucos problemas que existem não oferecem riscos reais à população dada a sistemática manutenção por meio de planejamentos preventivos. Além disso, existe uma grande preocupação ecológica por parte do governo, como nas obras de extensão da Linha 2, por exemplo, em que todo o material escavado é deslocado por vários caminhões para locais apropriados que não agridam o meio ambiente, assim como toda a água oriunda das escavações por NATM é reaproveitada a fim de evitar desperdícios. O cuidado com a preservação do patrimônio público nos processos de desapropriação para implementação das obras, também merece destaque.

Porém, a aceleração nas obras do Metrô de São Paulo dependem diretamente de um sistema

# Sistemas Computacionais

## Projeto Estrutural



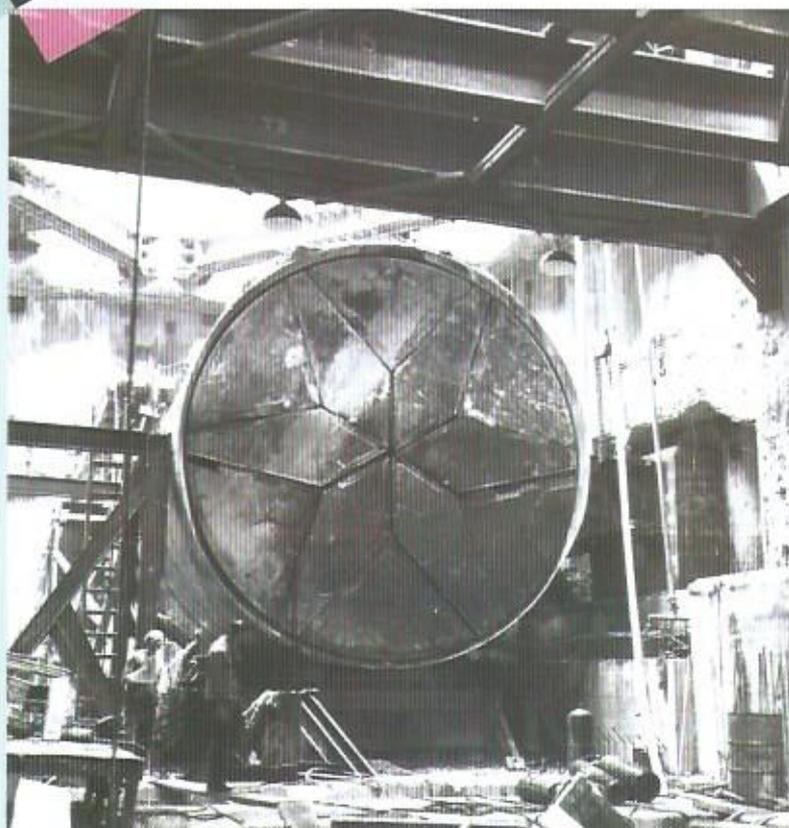
**NBR-6118:2003**

Rua dos Pinheiros, 706 Casa 02  
São Paulo - SP- 05422-001  
Fone: 0 XX 11 3083-2722  
Email: comercial@tqs.com.br  
Http://www.tqs.com.br

## Concreto Armado Concreto Protendido Alvenaria Estrutural



**TQS** Informática Ltda



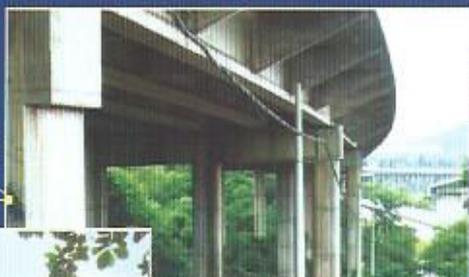
Tuneladora utilizada nas obras do túnel da Paulista (Linha 2), iniciadas em 30 de novembro de 1987

construtivo de túneis mais ágil e moderno. Atualmente não existem tuneladoras de grande porte em operação na cidade, e as que já foram utilizadas, capazes de escavar túneis de 6 m de diâmetro, como os túneis sob a avenida Paulista, são equipamentos de tecnologia já superada. É necessário investimentos no sentido da aplicação da tecnologia brasileira do setor de sistemas construtivos de túneis, levando-se em consideração a agilidade de construção como prioridade, dado o caráter emergencial da demanda por transporte público em uma cidade como São Paulo. Já a constante alegação da falta de recursos pode ser um entrave, entre muitos, para a adoção de um sistema construtivo de túneis em escala industrial como o sistema de tuneladora altamente mecanizado. Mas essa alegação como justificativa realista da impossibilidade da produção de túneis em escala industrial, na qual a viabilidade econômica é prioridade, não resultará na melhoria efetiva do trânsito da cidade e, sim, em uma contínua prorrogação do problema.

Colaboração:  
Metrô de São Paulo  
[www.metro.sp.gov.br](http://www.metro.sp.gov.br)

## RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL

Viaduto VA 21  
- SP 160 -  
Km 57 + 895



Ponte  
sobre  
o Rio  
Pequeno  
- SP 150  
Km 33  
+ 314



Basilica  
de Santo  
Antônio do  
Embaré



Túnel Ferrobán  
- SP 348 -  
Km 99 + 405

- REFORÇOS METÁLICOS
- REFORÇOS COM FIBRA DE CARBONO
- INSTALAÇÃO DE APARELHOS DE APOIO
- RESTAURAÇÕES E REVITALIZAÇÕES

# TECNIPOL

Av. Danton Jobin, 909 - 04762-001  
São Paulo - SP

Fone: (11) 5666-6622

Fax: (11) 5666-3252

<http://www.tecnipol.com.br>

Email: [tecnipol@tecnipol.com.br](mailto:tecnipol@tecnipol.com.br)

## A importância do concreto no processo de revestimento de túneis nos sistemas de tuneladora e NATM

Não existe um concreto específico para a produção de revestimento de túneis. O que existe é uma vinculação da tecnologia de aplicação do material e de seus requisitos de desempenho ao sistema construtivo adotado para a execução da obra. Assim, quando o túnel é concebido pelo método NATM, praticamente se associa a produção de seu revestimento ao concreto projetado. Trata-se de um concreto que é transportado por um mangote e jateado contra a parede do túnel produzindo assim o revestimento do túnel. Durante o processo de projeção ocorre a auto-compactação do material, que deve apresentar elevado grau de coesão para evitar que se desprenda da superfície do maciço recém escavado. Parte do material projetado é perdido pelo fenômeno da reflexão, que faz com que haja uma alteração de traço entre a mistura que passou pelo equipamento de projeção e o concreto que acabou por formar o revestimento do túnel. Isto mostra a importância do controle do processo de projeção para este material, de modo a minimizar as perdas por reflexão e otimizar as propriedades finais do concreto.

Existem dois sistemas básicos de projeção: o de via seca, onde a água é adicionada somente junto ao bico de projeção, e o de via úmida, no qual a água já é misturada na betoneira. No primeiro caso temos um concreto de reologia seca, como o concreto compactado com rolo e os concretos para blocos, no qual a máxima resistência de uma mistura é obtida com a utilização de uma umidificação ótima. Já no segundo caso temos um concreto de consistência plástica ou medianamente fluida, de modo a permitir a passagem do material pelo equipamento de projeção e, segundo seu comportamento explicado pela lei de *Abrams*, exige que em sua aplicação sejam utilizados aditivos aceleradores de pega, de modo a viabilizar um ganho de coesão tal que permita a formação da camada de concreto projetado.

No caso do concreto projetado por via úmida, existe a tendência atual de utilização de fibras de aço para seu reforço o que confere um aumento na velocidade de produção do revestimento de túneis associada a um melhor controle de fissuração do mesmo e a uma menor perda por reflexão. No Brasil, é freqüente a adoção do concreto projetado via seca para a execução de revestimento de túneis de pequenos diâmetros e do revestimento primário de túneis em solos menos resistentes. Mas para o o revestimento secundário dos túneis executados em solos mais resistentes, como rocha, por exemplo, o concreto projetado via úmida tem uma utilização mais ampla. Vale ressaltar que o concreto projetado de revestimento primário possui elevados níveis de exigência quanto à resistência inicial, dado que ele

será o principal elemento resistente para a estabilização do maciço recém escavado, quando se utiliza o método NATM.

Quanto ao concreto destinado à produção dos anéis segmentados utilizados no revestimento dos túneis escavados com tuneladora, trata-se de um concreto destinado a produção de peças pré-fabricadas que, por consequência, deve apresentar elevada resistência inicial de modo a facilitar a desforma e garantir uma boa produtividade para a fábrica. Além disso, deve suportar elevados níveis de tensão durante a execução da escavação, pois as sapatas da tuneladora irão se apoiar sobre os segmentos recém instalados de modo a propulsioná-la para frente. Com isto, o concreto destinado a estes anéis segmentados acaba por apresentar consistência plástica a seca, dependendo do sistema de adensamento utilizado na moldagem dos segmentos, e elevados níveis de exigência quanto à resistência inicial e final. O reforço de fibras de aço na produção de concreto para anéis tende a otimizar o processo de produção dos segmentos, bem como minimizar as perdas durante seu manuseio, dado a comprovada equivalência de desempenho mecânico com as armaduras convencionais. Além das fibras de aço, as fibras de polipropileno também estão sendo difundidas tanto para a produção de anéis segmentados como para o revestimento secundário de túneis em NATM. Isto se deve ao fato dessa estrutura ser extremamente susceptível no caso de incêndios, que podem levar o revestimento ao colapso devido ao rápido aumento de temperatura e a condição de saturação do concreto. Com estas duas condições, existe uma rápida evaporação da água livre no interior do concreto, gerando elevadas tensões internas durante sua expansão. Assim, o concreto acaba por se fraturar e romper a sua superfície de forma explosiva liberando lascas num fenômeno conhecido internacionalmente como *explosive spalling* (lascamento explosivo). Este comportamento foi verificado inclusive no Eurotúnel durante o incêndio que o acometeu em 1996, que acabou por destruir totalmente o revestimento de concreto na área submetida ao fogo. Nesta obra foi então recomendado o uso de fibras de polipropileno que, ao se fundirem no interior do concreto durante o incêndio, liberam caminho para o escape dos vapores em expansão no seu interior reduzindo as tensões internas e minimizando o risco do lascamento do concreto. ♦

Antonio Domingues de Figueiredo é professor doutor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica (USP)

# ADUELAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS REFORÇADAS COM FIBRAS DE AÇO E DE POLIPROPILENO PARA REVESTIMENTO DE TÚNEIS



Flexo-compressão



Estocagem das aduelas



Montagem do anel

O objetivo inicial deste trabalho foi promover a substituição direta da armadura convencional por fibras de aço. A primeira fase do trabalho consistiu em uma ampla pesquisa bibliográfica sobre o assunto. Casos de obras similares no exterior foram estudados, e visitas técnicas realizadas no sentido de buscar informações a respeito do tema.

Após o término da primeira fase, percebeu-se que a contribuição deste trabalho poderia ir além da substituição da armadura convencional pelas fibras de aço. Outros aspectos, tão importantes quanto a segurança estrutural de serviço do revestimento dos túneis, poderiam e deveriam ser considerados. Manifestações patológicas nas aduelas como fissuras, lascamentos e fendilhamentos são frequentemente observadas e atribuídas aos procedimentos de produção, manuseio, estocagem e instalação das peças no túnel. Cargas de impacto e ocorrência de incêndios também estavam presentes nestes relatos e foram largamente discutidos.

Esta oportunidade de estudar, em escala real, o comportamento estrutural dos segmentos pré-moldados, incluiu novas soluções de materiais, considerados mundialmente decisivos no processo como um todo: fibras de aço e polipropileno, aditivos de última geração e cimentos resistentes a sulfato. A utilização racional destes materiais, compondo um concreto de alta qualidade, contribuiu na otimização do processo de execução, segurança e utilização, conferindo às aduelas a habilidade de resistir a esforços imprevistos durante a operação do túnel.

Empresas de atuação globalizada e forte vocação para o desenvolvimento tecnológico como a Vulkan do Brasil, a Fitesa, a MBT-Degussa e a Holcim, somaram seus esforços aos da Unicamp, renomado centro de pesquisa brasileiro. Um

convênio entre as quatro empresas e a Unicamp foi formalizado. Investimentos na infra-estrutura do Laboratório de Estruturas e Construção Civil da Unicamp foram feitos para aquisição de equipamentos e dispositivos para realização dos ensaios especiais.

Etapas do trabalho realizado:

**Testes em escala real**

- Flexo-compressão de segmento
- Fendilhamento de segmento e chave

**Testes de controle dos materiais**

**Levantamento dos pontos críticos de desempenho prático**

- Fôrma Metálica
- Içamento
- Estocagem
- Transporte e Manuseio

**Montagem do Anel Segmentado** (8,43 m de diâmetro interno)

Apoio:



Assinatura: Vulkan do Brasil - Divisão Harex

## ENSAIOS EM CONCRETO, CIMENTO e ARGAMASSA:



Prensas Manuais e Elétricas

Máquinas Universais de Ensaio

- **Diferenciado serviço pós venda**
- **Mais de 7500 Fornecimentos**
- **Mais de 35 Anos de Atividade**



Laboratório credenciado sob nº197

**ISO9001:2000**



### Consulte-nos:

EMIC - Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda  
Rua Quirino Zagonel, 257 - São José dos Pinhais -PR  
Fone: 55-41-283-1143 - Fax: 55-41-283-1143  
Web-Site: [www.emic.com.br](http://www.emic.com.br) - E-mail: [emic@emic.com.br](mailto:emic@emic.com.br)

Máquinas de Ensaios

Prensas Servo-Hidráulicas

# PAVIMENTO DE CONCRETO: REDUZINDO O CUSTO SOCIAL

por Marcus Dutra de Carvalho, engo. especialista em pavimentação

mais durável, seguro e ambientalmente amigável o pavimento de concreto economiza combustível e iluminação pública, diminui o custo operacional dos veículos e o índice de acidentes nas rodovias e vias urbanas, reduzindo o custo social, conforme discutido neste artigo.

## Durabilidade

Com custo de construção competitivo, o pavimento de concreto tem grande durabilidade, requer baixíssima manutenção e diminui drasticamente o número de acidentes relacionados à condição da via ou rodovia. Estudos de viabilidade demonstram que é a solução técnica ideal para vias públicas (corredores de ônibus, por exemplo) e rodovias submetidas a tráfego intenso e pesado de veículos comerciais (Rodoanel Mário Covas, Rodovia dos Imigrantes, BR-232, BR-290 e MT-130, para citar as mais recentes). Lembra-se que o pavimento de concreto da Rodovia Itaipava - Teresópolis, construído em 1928, ou seja, há mais de 70 anos, encontra-se em operação até hoje, sem nenhum tipo de recapeamento, conforme ilustrado na Figura 1.



**FIGURA 1 - RODOVIA ITAIPAVA - TERESÓPOLIS  
(MAIS DE 70 ANOS EM SERVIÇO)**

Ressalta-se que o pavimento de concreto é extremamente resistente quando submetido à ação das chuvas e do sol - não oxida, não sofre deformação plástica, não forma trilha de rodas nem buracos - garantindo assim elevada durabilidade da estrutura e, conseqüentemente, maior segurança aos usuários.

#### Obras emblemáticas

As figuras 2, 3 e 4 ilustram três obras emblemáticas de pavimentação rígida, ou de concreto, executadas recentemente em São Paulo, a saber: Marginais da Rodovia Castello Branco, Rodoanel Mário Covas e a Pista Sul da Rodovia dos Imigrantes, respectivamente.



**FIGURA 2 -  
MARGINAIS  
DA RODOVIA  
CASTELLO  
BRANCO**



**FIGURA 3 - RODOANEL MÁRIO COVAS -  
TRECHO OESTE**



**FIGURA 4 - PISTA  
SUL DA RODOVIA  
DOS IMIGRANTES, AO  
LADO E ABAIXO**



As figuras 5 e 6 ilustram outras obras emblemáticas executadas recentemente no Mato Grosso e em Pernambuco.

**FIGURA 5- RODOVIA MT 130 - TRECHO  
PARANATINGA - PRIMAVERA DO LESTE (MATO  
GROSSO)**





**FIGURA 6 - RODOVIA BR - 232 - TRECHO RECIFE - CARUARU (PERNAMBUCO)**

Um exemplo clássico da utilização recente do pavimento de concreto em vias urbanas é o caso da Av. Terceira Perimetral, em Porto Alegre/RS, com 12 km de extensão e 28 m de largura de plataforma, conforme ilustrado na figura 7.

### Whitetopping

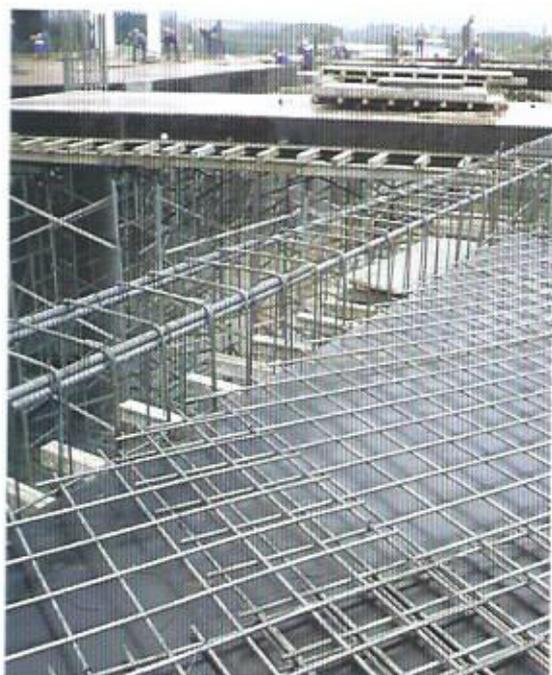
É a consagrada técnica de reabilitação de pavimentos asfálticos com o emprego de concreto de cimento portland. Consiste na aplicação do pavimento de concreto sobre o pavimento flexível existente, ampliando a durabilidade e a capacidade de carga da estrutura. É uma solução definitiva, com vida útil prevista de no mínimo 30 anos, sendo utilizado nos EUA há mais de 50 anos, em cerca de 200 projetos, segundo a American Concrete Pavement Association. No Brasil o *whitetopping* já foi usado no Rio Grande do Sul, na BR 290, com excelentes resultados.

Tem como principais vantagens:

- pode ser aplicado diretamente sobre o pavimento existente;
- substitui com vantagens a construção por etapas;
- usa concreto comum de pavimentação ou de rápida liberação ao tráfego (*fast-track*);
- necessita de preparação da superfície somente em situações avançadas de degradação;
- impede a reflexão de trincas;
- aumenta a segurança e o conforto de rolamento;
- tem excelente desempenho e elevada durabilidade.



**FIGURA 7 - AV. TERCEIRA PERIMETRAL**



# Para construir, conte com a Gerdau.

Soluções em aço para construção civil.



Quando você trabalha com a Gerdau, você experimenta o que é qualidade de verdade. Além de fornecer produtos de alta tecnologia e com a garantia de uma forte marca, a Gerdau pode também acompanhar de perto cada fase do projeto estrutural. Serviços de Assistência Técnica, corte e dobra de aço e entregas programadas em qualquer lugar do país estão à sua disposição, prontos para entrar na sua obra. Com a Gerdau, você sempre pode contar.

**Linha completa de produtos para construção civil.**



GG 50



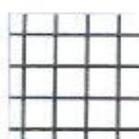
CA 60



CORTE E DOBRA  
DE AÇO - ARMAÇÃO



ALAME RECORVADO



TELAS REFORÇADAS



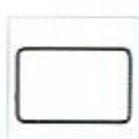
COLUNAS E  
MOLDES



TRUSSAS



BARRAS DE  
TRANSFERÊNCIA



ESTRIBOS



Telefone: (11) 3874-4333  
gc-sp@gerdau.com.br  
www.gerdau.com.br



**GERDAU**

A figura 8 e a figura 9 ilustram o whitetopping da BR 290.



**FIGURA 8 (ACIMA) E FIGURA 9 (ABAIXO) - WHITETOPPING DA BR 290 (FREEWAY) OSÓRIO - PORTO ALEGRE / RS**



Quando executado encaixado, por demolição de parte do pavimento flexível existente, recebe o nome de *inlay*, muito usado no Brasil para reabilitação de vias urbanas, como é o caso da Av. Assis Brasil, em Porto Alegre/RS, do corredor de ônibus Ligeirinho, em Curitiba/PR, além de diversos corredores de ônibus urbanos em São Paulo/SP, como o da Av. Roque Petroni, por exemplo.

A figura 10 ilustra o *"inlay"* da Av. Roque Petroni, em São Paulo/SP em serviço há cerca de 8 anos.



**FIGURA 10 - INLAY DA AV. ROQUE PETRONI - SÃO PAULO / SP**

### Custo inicial e final

Com a introdução de novas tecnologias e de novos equipamentos, como as vibroacabadoras de fôrmas deslizantes de alta produtividade (figura 11) e as usinas dosadoras e misturadoras transportáveis de concreto (figura 12), capazes de permitir a pavimentação de segmentos com até 1,5 km de extensão por dia, o custo inicial ou de construção dos pavimentos de concreto tornou-se extremamente competitivo, além de fazer com que o custo final da alternativa de concreto - custo de construção mais custo anual de manutenção - seja muito inferior ao de outras alternativas de pavimentação.

**FIGURA 11 - VIBROACABADORA DE FÔRMAS DESLIZANTES**





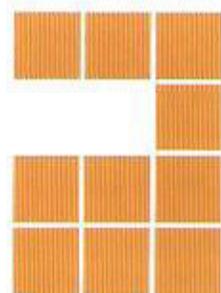
FIGURA 12- USINA DOSADORA E MISTURADORA, TRANSPORTÁVEL

A figura 13 mostra um caso real de análise econômica de alternativas de pavimentação, relativa a obra executada em São Paulo, em 1998. Calculando-se o Valor Presente (VP) do investimento, em reais, compreendendo o custo de construção e o de manutenção, vê-se que o custo final do pavimento de concreto é 61% inferior ao de outra alternativa.



FIGURA 13 - ANÁLISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTAÇÃO

No caso de vias urbanas, a competitividade do pavimento rígido em custo inicial ou de construção é uma realidade já há algum tempo, conforme



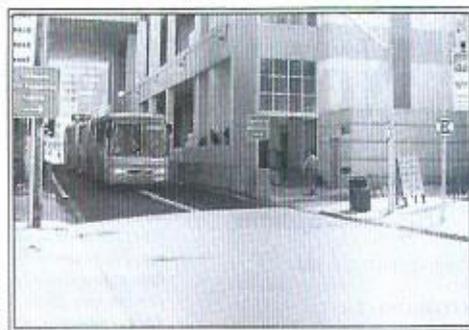
BRASIL  
**atex**

A FÔRMA DA LAJE NERVURADA



mostra a obra da Av. Presidente Faria, em Curitiba, executada em 1995. Naquela época, o custo de construção do pavimento de concreto ficou 40% mais barato do que a alternativa inicialmente prevista, conforme mostra o artigo publicado na revista *O Empreiteiro*, contendo as declarações do engº Saburo Ito, então superintendente da Secretaria Municipal de Obras Públicas da Prefeitura de Curitiba, sobre os custos da obra, ilustrado na figura 14.

## CURITIBA



Corredor Norte-Sul: 20km de extensão

tuas que exigiram um sistema não muito usual no País: o pavimento rígido, de concreto.

Um trecho de 780 m da Rua Presidente Faria foi pavimentada em concreto. Nesta área está o Passeio Público da cidade, localizado sobre a antiga várzea do leito do Rio Belém, que teve seu curso desviado, além da Universidade Federal do Paraná, cujas fundações são em eucaliptos. Segundo Saburo Ito, superintendente da Secretaria Municipal de Obras Públicas, a pavimentação asfáltica exigiria uma escavação de 1,8 m, o que comprometeria as construções antigas. "O rebaixamento do lençol freático poderia, por exemplo favorecer o apodrecimento das fundações da Universidade", lembra o engenheiro.

Ao invés dos 1,8 m de escavação, o pavimento rígido permitiu uma profundidade de 0,70 m. O tempo de pavimentação também foi singularmente reduzido. Cálculos da Secretaria de Obras Públicas estimava em 5 meses a pa-

vimentação do trecho de 780 m, enquanto a concretagem consumiu exatos 38 dias.

Além de rapidez, o concreto acrescentou outro ingrediente na obra: o custo. Enquanto que as escavações e a pavimentação asfáltica exigiram investimentos de R\$ 1,3 milhão, a de concreto acabou sendo executada por R\$ 800 mil, ou seja, uma redução de 40%. Segundo o engenheiro Ito, cerca de 2.000 viagens de caminhões deixaram de circular dentro da cidade, número que a escavação inicialmente sugerida demandaria.

De acordo com Nelson Basgal, da área de planejamento da URBS, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) assessorou tecnicamente a aplicação do concreto na pavimentação. Antes do trecho pavimentado em concreto, duas outras experiências deste tipo haviam sido aplicadas na capital paranaense: 2 km de vias no Centro Cívico e também na BR-116, ambas realizadas nos anos 50. □

### Biarticulados já chegam a 99 unidades

Cerca de um terço dos usuários do sistema de transporte de Curitiba utilizam os biarticulados. Com a integração dos novos ônibus, a frota deste tipo de veículos soma 99 unidades, segundo a Volvo, fabricante dos biarticulados. Com 25 m de comprimento, os veículos abrem suas cinco

portas nos terminais e apenas três nas estações-tubo.

O embarque e desembarque, de acordo com a prefeitura, é feito em 20 segundos. Para percorrer os 20 Km de percurso do corredor Norte-Sul, cada biarticulado leva 55 minutos.

A frequência média dos ônibus nas estações é de 3 minutos. Desde 1992, outros 33 biarticulados já transitam por Curitiba.

O EMPREITEIRO - NOVEMBRO/95

FIGURA 14- ARTIGO DA REVISTA O EMPREITEIRO

## Custo social

É importante frisar que o custo total rodoviário, ou seja, o *custo total* ou *custo social*, não é somente o custo de construção, manutenção e operação da rodovia, mas também aqueles correspondentes aos custos do usuário, relacionados a acidentes, tempo de viagem, poluição e custo operacional dos veículos, de acordo com os critérios do Banco Mundial, mostrado na figura 15.

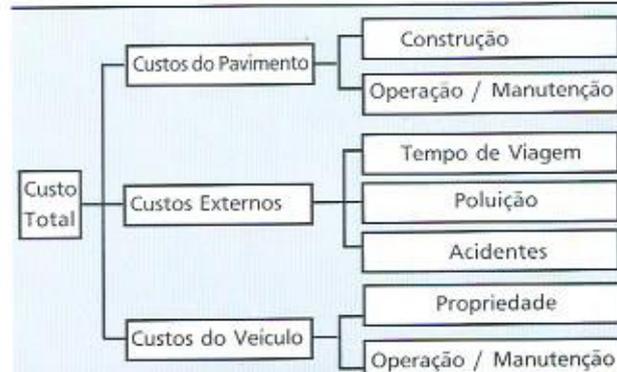


FIGURA 15- COMPOSIÇÃO DO CUSTO RODVIÁRIO TOTAL, SEGUNDO O BANCO MUNDIAL

Ressalta-se que a condição funcional de uma rodovia influi significativamente no Custo Operacional dos Veículos (COV). Assim, uma rodovia com baixo índice de condição funcional, ou seja, muito irregular, avaliada por exemplo pelo *International Roughness Index (IRI)* ou *Índice de Irregularidade Internacional*, promoverá o aumento do custo operacional dos veículos que circularão sobre ela. Como a variação da condição funcional do pavimento de concreto é muito pequena ao longo do período de utilização, o custo operacional da frota circulante sobre ele é muito menor do que aquele previsto para outra alternativa de pavimentação. Essa redução no custo operacional dos veículos é claramente mostrada pelo prof. Felipe A. A. Domingues, da USP, em seu trabalho *O pavimento de concreto na redução do Custo Brasil*. Segundo Domingues, "o Custo Operacional dos Veículos (COV) pode atingir até 8 a 10 vezes o custo suportado pela Agência (Órgãos Públicos e Concessionárias)".

Também o modelo de gerência rodoviária adotado e divulgado pelo Banco Mundial, denominado HDM-4 (*Highway Development and Management Tools*), utilizado em cerca de 100 países, contempla o custo total rodoviário (custo social) em sua análise econômica, tanto no nível de projeto quanto no nível de rede.

O Brasil pode ser definido como um país rodoviário, visto que o transporte rodoviário é responsável pela movimentação de 95% dos passageiros e 60% das cargas transportadas. A nossa malha viária tem cerca de 1.700.000 km de

extensão, sendo que somente cerca de 165.000 km são pavimentados, ou seja, menos de 10%, conforme mostra a figura 16.

Rodovias	Pavimentadas	Não Pavimentadas	Total
Federais	56.139	14.484	70.623
Estaduais	91.892	116.126	208.018
Municipais	16.994	1.429.296	1.446.290
<b>TOTAL</b>	<b>165.025</b>	<b>1.559.906</b>	<b>1.724.931</b>

**FIGURA 16 - MALHA RODOVIÁRIA BRASILEIRA, EM KM**

Do total pavimentado, o pavimento de concreto corresponde a cerca de 2%, conforme mostra a figura 17.

Participação na Rede Viária Nacional		
Rede	Brasil	
Extensão Total	1.724.931 km	100%
Pavimentada	165.025 km	9,6%
Em Concreto	3.000 km	1,8%

**FIGURA 17 - PARTICIPAÇÃO DO PAVIMENTO DE CONCRETO NA REDE VIÁRIA NACIONAL**

Dados do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT), ex-DNER, mostram que 24% da rede pavimentada encontra-se em mau e péssimo estado, o que coloca em risco o nosso patrimônio rodoviário que é de cerca de US\$ 150 bilhões.

Segundo o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), órgão oficial de pesquisa e estudos do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, as más condições das nossas vias geram um aumento significativo no custo social, o que pode ser visto pelos seguintes números:

- elevação de 38% nos custos operacionais dos veículos;
- aumento de até 58% no consumo de combustíveis;
- incremento de até 50% no índice de acidentes;
- aumento de até 100% nos tempos de viagem.

Ainda, segundo a CNI (Confederação Nacional da Indústria), essas más condições elevam em até 38% os custos dos fretes.

Sabe-se também que:

- para cada R\$1,00 investido em rodovias há uma redução de R\$3,00 no custo operacional dos veículos;
- segundo a ABRAMET (Associação Brasileira de

## A DALL'ACQUA APRESENTA O SISTEMA CONSTRUTIVO QUE BAIXA OS CUSTOS E ELEVA A QUALIDADE.



**DALL'ACQUA TILT-UP**  
LICENCIADO CON/STEEL

**CON/STEEL**  
DALL'ACQUA  
DALL'ACQUA ENGENHARIA, INCORPORAÇÕES E CONSTRUÇÕES  
Rua Joaquim Floriano, 397 • Itaim • cep 04534-010 • São Paulo  
Telefone: (11) 3168-8987 • Fax: (11) 3078-0136  
Escritório em ITAJAÍ - SC • Telefax: (47) 349-3360

O sistema construtivo **Tilt-Up** é a resposta que você buscava para a racionalização das obras. Elimina a distância entre os parques de pré-moldados convencionais e os canteiros, tornando a construção mais rápida, limpa e econômica, evitando a incidência de tributos e fretes. No sistema **Tilt-Up** a pré-moldagem é executada no próprio local, permitindo uma enorme diversidade em soluções técnicas e arquitetônicas. O resultado é que sua obra - galpão, armazém, escritório, escola etc. - não fica com o aspecto da construção pré-moldada convencional. **O sistema Tilt-Up agrega valor ao seu imóvel.**

Medicina de Tráfego) os acidentes de trânsito no Brasil geram as seguintes estatísticas:

- são o 2º maior problema de saúde pública do país, só perdendo para os homicídios;

- causam 45 mil mortes por ano, aproximadamente, com cerca de 500.000 feridos, dos quais estima-se que 100.000 ficam com lesões permanentes.

- representam a 6ª causa de internações hospitalares (ocupam cerca de 70% dos leitos de traumatologia dos hospitais, segundo o NHTRANS), sendo que o tratamento dos feridos consome cerca de 13% do orçamento do Sistema Único de Saúde;

- o Custo Brasil estimado dos acidentes de trânsito é de cerca de US\$ 15 bilhões por ano.

### Segurança e economia de iluminação pública

A segurança do usuário é aumentada pelo fato de que a superfície clara do pavimento de concreto tem maior capacidade de reflexão da luz, melhorando significativamente a visibilidade dos motoristas, principalmente à noite, em dias chuvosos.

A capacidade de reflexão de luz dos pavimentos de concreto traduz-se em economia de iluminação pública, como mostra o trabalho de Pace e Becker, da Argentina, intitulado *Costo de pavimentos a lo largo de su vida útil*. Ali, vê-se a redução de consumo energético de 5,35 kWh/m<sup>2</sup> para 3,35 kWh/m<sup>2</sup>, quando se usa o concreto ao invés do asfalto, conforme ilustrado na figura 18.

#### ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA

Situação - Quarteirões com 100m de lado, ruas de 9m de largura, iluminação 11 horas por dia, custo de energia de US\$ 0,20/kWh

Asfalto	Concreto
5,35 kWh/m <sup>2</sup>	3,35 kWh/m <sup>2</sup>
US\$ 1,07/m <sup>2</sup>	US\$ 0,67/m <sup>2</sup>

Relação A/C > 60%

**FIGURA 18 - REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO**

Richard Stark, dos EUA, mostra em seu trabalho *Road surface's reflectance influences lighting design* que é previsível uma economia da ordem de 30% quando se substitui o asfalto pelo concreto.

Outra vantagem relativa à segurança do usuário vem do fato de que nos pavimentos de concreto a aderência dos pneus à superfície de rolamento é bastante elevada, o que permite considerável redução na distância de frenagem. Ruhl, R.L., dos EUA, em seu trabalho *Safety considerations of rutted and washboarded asphalt road*, mostra que a distância de frenagem de um veículo Chevy, a 95 km por hora, em condição de pista molhada, foi reduzida de 134 m, na pista de asfalto com trilha de roda, para 96 m, na pista de concreto,

correspondendo a significativos 40%, conforme ilustrado na figura 19.

#### MENOR DISTÂNCIA DE FREAGEM

Distâncias comparadas	Distância de Frenagem (m)		
	Concreto	Asfalto	A/C %
Seca e Nivelada	50	58	16%
Úmida e Nivelada	96	109	14%
Úmida com Trilha de Roda	96*	134	40%

\* No caso da pista de concreto, sem trilha de roda

Obs: veículo usado: Chevy a 95km/hora

**FIGURA 19 - DISTÂNCIAS DE FREAGENS COMPARADAS**

### Economia de combustível

Cabe citar o recente estudo conduzido pelo Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá, segundo o qual os caminhões podem economizar 11% de combustível rodando em rodovias de concreto. Segundo esse estudo, a principal razão para essa economia, que pode chegar a 17%, está na superfície rígida, indeformável e estável do pavimento de concreto, que cria menor resistência ao rolamento, exigindo menor esforço da parte mecânica dos veículos. Além disso, esse estudo relata que o pavimento de concreto traz um benefício ambiental adicional, que é a contribuição na redução da emissão de gases poluentes pelos veículos na atmosfera, como o monóxido de carbono, em função da sua maior liberdade de rolamento nesse tipo de superfície.

O prof. Zaniewski, J. P., da Arizona State University, dos EUA, também mostra em seu trabalho *Effect of pavement surface type on fuel consumption*, especialmente desenvolvido para a Federal Highway Administration, dos EUA, a significativa redução no consumo de combustível de caminhões quando trafegando sobre pavimentos de concreto, podendo essa redução chegar a 20%, para o caso de veículos pesados.

A figura 20 mostra os dados de economia de consumo obtidos pelo prof. Zaniewski em um trecho rodoviário pavimentado com concreto, de 16 km de extensão, nos EUA, submetido a um tráfego médio diário de 25.000 veículos.

#### Economia de combustível - Rodovia de Concreto 16km

Tipo de veículo	Porcentagem do tráfego	Economia estimada de combustível (litros/ano)
Automóveis	70	0
Caminhonetes (PICAPES)	12	227.970
Caminhões leves e médios (2eixos)	3	155.564
Caminhões pesados (3 eixos)	1	120.552
Reboque e semi-reboque (24 eixos)	14	1.933.378
<b>Total</b>		<b>2.437.464</b>

**FIGURA 20 - ECONOMIA ESTIMADA DE COMBUSTÍVEIS EM TRECHO RODOVIÁRIO DE CONCRETO, PARA UM TRÁFEGO MÉDIO DIÁRIO DE 25.000 VEÍCULOS.**

A figura 21 mostra a influência do tipo e do peso do veículo na economia de consumo de combustível, segundo Zaniewski.

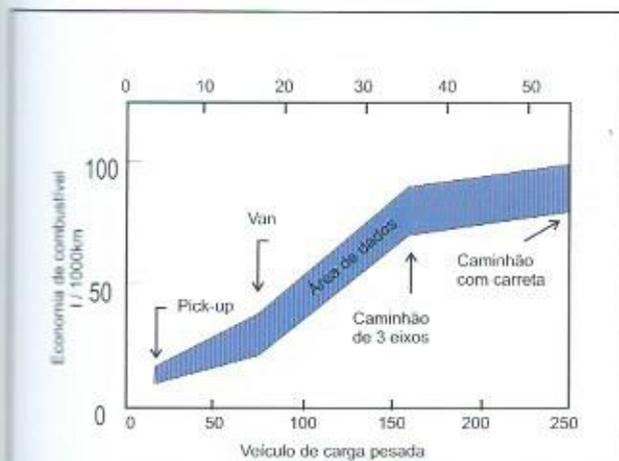


FIGURA 21 - ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL, EM FUNÇÃO DO TIPO E DO PESO DO VEÍCULO

#### Meio ambiente

A superfície clara do concreto contribui ainda para a redução da temperatura ambiente, minimizando os gastos com ar condicionado e reduzindo a poluição ambiental nas cidades, conforme demonstram os estudos desenvolvidos e publicados pelo *Heat Island Group*, dos EUA, relacionados às *Cool Communities*, conforme ilustrado na figura 22.



FIGURA 22 - REDUÇÃO DA TEMPERATURA AMBIENTE (CERCA DE 5°C)

A influência benéfica do concreto é relatada ainda no artigo *Concrete roads may help cities reduce the heat*, publicado pelo *The Salt Lake Tribune*, dos EUA, em que mostra uma redução de até 14°C na temperatura medida na superfície do pavimento de concreto em relação àquelas medidas na superfície de pavimentos de cor mais escura, valor esse similar aos já obtidos aqui no Brasil.

Finalmente, a inexistência do fenômeno de lixiviação no concreto reforça a sua condição de ambientalmente amigável, pois não promove a ocorrência de águas percoladas capazes de contaminar o lençol freático ou de águas superficiais capazes de contaminar cursos d'água ou mananciais.

#### Comentário final

Em vista do exposto, pode-se dizer que o pavimento de concreto é uma solução técnica e economicamente recomendável para a nossa malha viária, no sentido de reduzir não só os custos das Agências (Órgãos Públicos e Concessionárias), mas principalmente os custos da sociedade como um todo. Além disso, é importante ressaltar que o usuário tem o direito, além do dever, de trafegar em rodovias e vias urbanas seguras e confortáveis. ♦

## TECNOLOGIA EM PERFURAÇÕES

Serviços de perfuração de peças em concreto (vigas, lages, cortinas, etc.) para fins de:

- PASSAGEM DE PRUMADAS HIDRÁULICAS, RALÓS E SAÍDAS DE ESGOTO, ETC.
- DESMONTE ESTRUTURAL
- CHUMBAMENTO DE ARRANQUE
- CHUMBAMENTO DE RALO
- EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA PARA ANÁLISE LABORATORIAL



**APOIO**  
**ENGENHARIA**

Rua Apeninos, 807, conj. 13 - Paraíso  
São Paulo/SP - CEP: 04104-020  
VOZ/FAX: +55 (11) 3286-0833

# TORRES DE CONTROLE DE AEROPORTO PROJETADAS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO

by Bruce S. Fairbanks, Master of Science in Architecture and Building Design from Columbia University New York and Principal and founding Partner of GOP Oficina de Proyectos SA in Madrid, Spain



5 torres de controle projetadas pela GOP Oficina de Proyectos S.A.

ma das principais construções em aeroportos é a torre de controle. A principal função da torre de controle é coordenar todas as aterrissagens e decolagens dos aviões há uma distância de até 10 km do aeroporto, da pista de decolagem e "taxiways" e da área terminal do avial do edifício. Uma segunda função da torre de controle, mais importante no dia-a-dia, é criar uma imagem para aeroporto, para se tornar um símbolo, um ponto de referência não só para o aeroporto como também para a cidade que ele representa.

No começo dos anos de 1990, a Autoridade Nacional Espanhola de Aeroportos, em um plano de renovação da rede espanhola de aeroportos, decidiu adotar uma nova política para promover as torres de controle de tráfego aéreo dos seus aeroportos como símbolo para o aeroporto e um ponto de referência para a cidade. A execução

dessa nova política foi desenvolvida com uma série de competições de designs para que fossem selecionados os futuros marcos. Três dessas torres; a torre do aeroporto Barajas de Madrid, a torre do aeroporto de Málaga e a torre do aeroporto de Barcelona, foram projetadas pela GOP Oficina de Proyectos SA e desenvolvidas com estruturas de concreto pré-moldado.

Tradicionalmente, estruturas de concreto pré-moldado são utilizadas em edifícios industriais por causa da economia e da agilidade das construções, baseadas no uso de elementos altamente repetitivos. No caso desses projetos, embora repetição e agilidade serem fatores importantes na escolha do sistema, mais importante ainda é que com o uso de sistemas de concreto pré-moldado, pode-se atingir formas complexas, e, por causa da fabricação controlada, essas formas podem ser feitas com um revestimento de alta qualidade.

## Torre de controle Madrid-Barajas

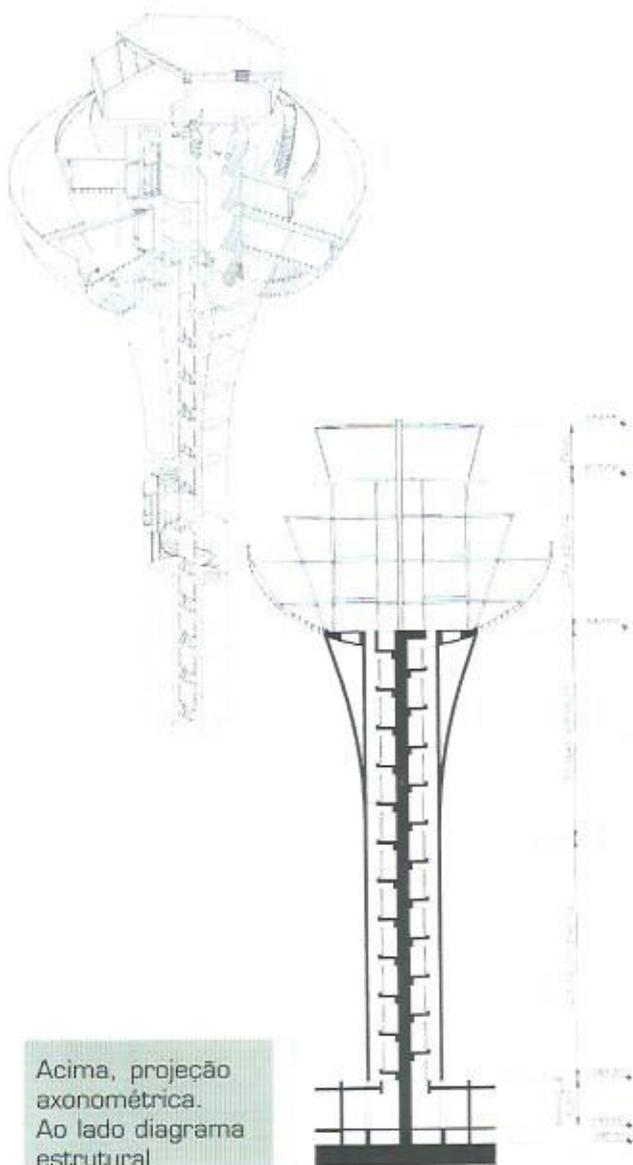


A torre é composta por três partes distintas: a coroa superior, a base (andar térreo) e o eixo. Cada parte é desenvolvida com um diferente sistema estrutural de acordo com sua função. A coroa superior abriga a sala de controle e o equipamento essencial para as operações de controle. Ela foi desenvolvida com uma estrutura de metal revestida em alumínio para criar uma aparência de leveza. O sistema da construção ajusta-se à alta tecnologia de sua função, um sistema parecido ao utilizado na construção de aviões. A base (andar térreo) é uma estrutura de concreto feita em molde no local da obra. É lá no andar térreo que ficam as áreas de administração e manutenção e as salas de mecânica e elétrica. O eixo é um elemento de conexão entre a coroa superior e a base. Ele abriga quatro postos de serviço, uma escada central e dois elevadores panorâmicos. Devido a complexidade de seu contorno, o eixo da torre é desenvolvido com uma

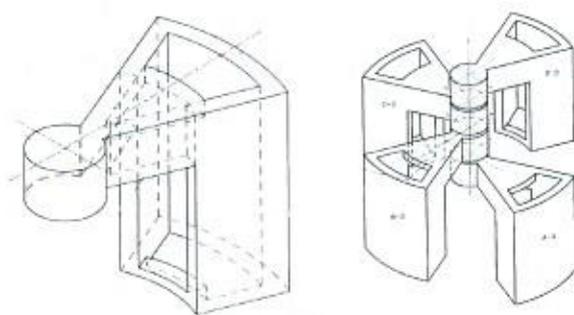
estrutura de concreto pré-moldado.

A forma radial centralizada da planta do eixo é desenvolvida a partir da forma octagonal da sala de controle. Para maximizar a visibilidade, a estrutura da sala de controle foi limitada por uma coluna central de 50cm de diâmetro e oito colunas delgadas nas extremidades do octógono. Um esquema estrutural da coluna central e dos oito eixos radiais é desenvolvido inteiramente a partir dos diferentes níveis da coroa superior. No eixo, essa planta centralizada é desenvolvida na forma de um trevo com uma coluna central e quatro radiais maciços que são separados por quatro espaços vazios de mesma dimensão, mantendo, assim, o eixo estrutural de oito radiais. Dois dos quatro espaços vazios, servem de vias para os dois elevadores panorâmicos. As formas sólidas constituem as quatro colunas gigantes, visíveis no eixo, que são escavadas em forma de "U" a fim de fornecer os poços de serviço requeridos.

Cada coluna é composta de doze vigamentos pré-moldados de 3,60 m de altura, sendo que um quarto da parte superior (0,90m) se projeta no contorno de um feixe de forma radial que conecta a coluna exterior em forma de "U" com a coluna central formada pela extremidade circular do feixe. Montando as partes em espiral, a coluna central é formada em cada volta das quatro partes que compõem as colunas externas. Os feixes de 0,90m criam plataformas intermediárias para a escada central, que preenchem cada espaço vazio com cinco degraus radiais que compõem a diferença entre cada parte. As plataformas fornecem o acesso necessário aos poços de serviço em cada nível (cada 3,60m é um nível). As escadas que unem as plataformas se repetem em cada nível, em um total de 48 partes idênticas feitas de aço galvanizado.



Acima, projeção axonométrica. Ao lado diagrama estrutural



Diagramas dos vigamentos pré-moldados

Os vigamentos do eixo são produzidos como elementos de 'concreto combinado', sendo pré-fabricados usando a parte inferior como base da fôrma para moldar a parte a ser colocada no topo, um método mais comumente utilizado na construção de pontes. Por esse método, a junção entre as partes é essencialmente uma junção seca, sendo aplicada apenas uma fina camada de resina epoxy. Os vigamentos são unidos com o uso de barras de aço *Diwidag*, que são pós-tensionadas e prolongadas a cada uma ou duas partes.

O dois terços inferiores do eixo são de um diâmetro constante que consiste em 32 partes de dimensões e formas iguais. Já o terço superior, é constituído de 16 partes de diâmetro variável que vai abrindo as paredes exteriores do eixo. O eixo, composto de um total de 48 partes, é coberto por uma laje de nervuras circulares, que une e solidifica as quatro colunas exteriores com a coluna central e fornece uma plataforma para a estrutura de aço da coroa superior. A laje nervurada é feita por um molde de concreto no local, usando uma fôrma fixa de lajes de concreto pré-fabricadas para manter a mesma qualidade de acabamento para o resto do eixo.

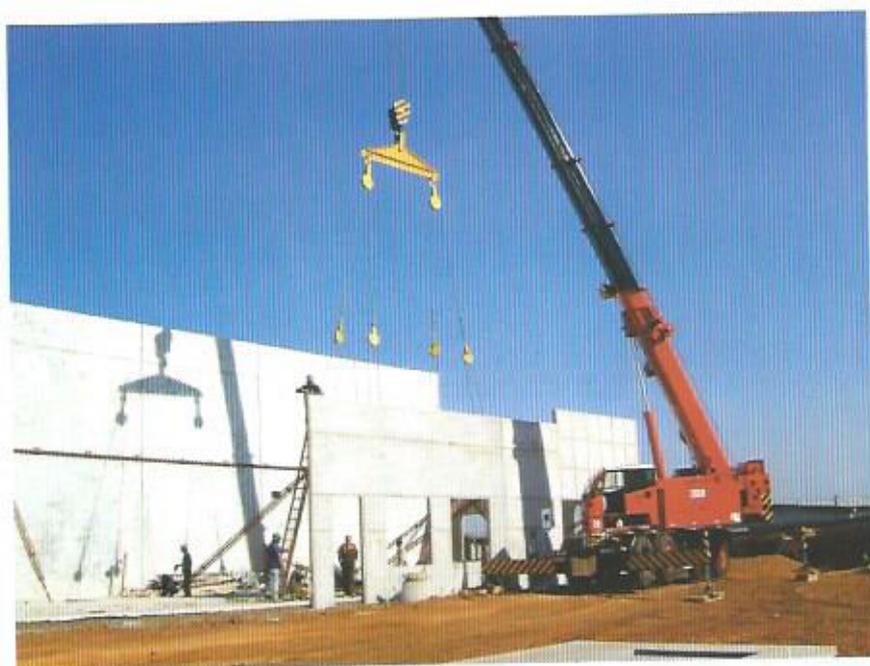


Vigamento pré-moldado em construção

A base (andar térreo) nivela o plano centralizado da torre com as condições do terreno. A fundação da torre é formada neste nível por oito paredes radiais de concreto e duas paredes de concreto concêntricas que distribuem as cargas em um espaço de 18m de diâmetro e 2m de espessura. Esses espaços criados pelas paredes radiais na base, fornecem acesso dos quatro poços de



## EMPRESA DE ENGENHARIA ESPECIALIZADA NA TECNOLOGIA TILT-UP



**Tecnologia**

**Competência**

**Seriedade**



serviço verticais e salas de maquinaria para os dois elevadores do eixo logo acima. Do lado sudeste, um espaço aberto de 45 graus entre duas paredes radiais da base, dá acesso para o lobby do elevador, entre a coluna central e as duas paredes radiais do eixo.



Montagem dos vigamentos pré-moldados

A escolha de diferentes sistemas estruturais permite que a torre seja construída em um breve período de tempo. O eixo foi pré-fabricado fora do lugar das obras enquanto, ao mesmo tempo, a estrutura da base (andar térreo) era executada. Simultaneamente, a estrutura de aço da coroa superior era construída no lugar da obra e, mais tarde, içada ao lugar de complemento do eixo.

Içando a coroa superior

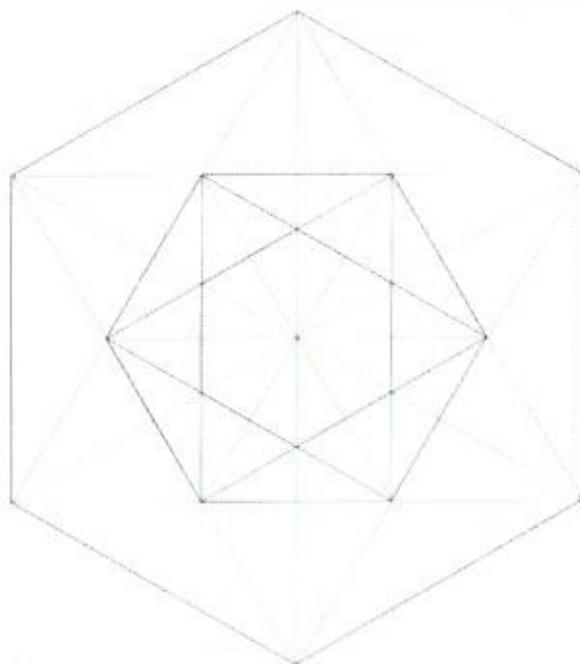


## Torre de controle do aeroporto de Málaga

O design dessa torre difere da torre de Madrid porque a disposição da maioria das salas de equipamento para operações de controle estão localizadas no andar térreo. Por Málaga ser localizada em uma zona sísmica, a torre foi desenhada com uma figura robusta, em que apenas os elementos essenciais são localizados na coroa superior, como a sala de controle e seus equipamentos essenciais.

A geometria da sala de controle (um hexágono) domina o design da torre. Aplicando séries de regras geométricas no hexágono, ele pode ser dividido e multiplicado em vários menores e maiores hexágonos que apresentam rotação de 30 graus uns com os outros. A relação geométrica entre diferentes hexágonos estabelece séries múltiplas de crescimento semelhantes às séries de Fibonacci.

Diagrama geométrico do hexágono



Os diferentes níveis da torre correspondem às suas séries geométricas, começando com sua máxima extensão no andar térreo (base) e culminando na coroa da sala de controle. O hexágono se multiplica e gira da sua mais pura forma de 6 lados na sala de controle, até 12 e 24 lados nos andares mais baixos definidos pelas formas de diferentes estruturas de telhado e fachadas.

Torre de controle  
do aeroporto de  
Málaga

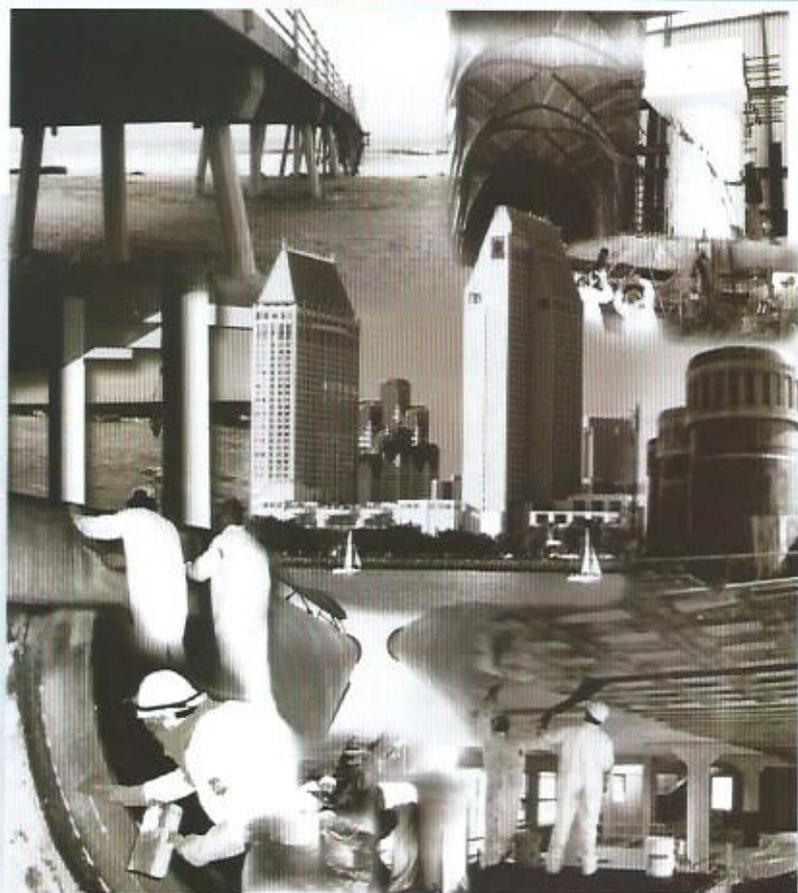


“THE FIBRWRAP” COMPANY”

Sistemas Compósitos para  
Recuperação e Reforço Estrutural

- Fibra de Carbono
- Fibra de Vidro
- Aramida

Distribuidor Autorizado no Brasil  
Projemart Engenharia Ltda  
(22) 2522-9529 (22) 2521-0778  
[www.fyfeco.com](http://www.fyfeco.com)



O uso extensivo de concreto pré-moldado unifica o design da torre. O sistema geométrico estrito permitiu a geração tridimensional exata das formas de todas as partes, para o design, pré-fabricação e posicionamento dos elementos dentro das rígidas tolerâncias prescritas. As estruturas podem ser divididas em quatro partes bem definidas, correspondendo a (1) fundação e subsolo, (2) o edifício-base, (3) o eixo e (4) a sala de controle.

Uma fundação direta no nível do sub-solo em forma dodecagonal de jangada com uma parte central (correspondendo ao eixo) com 1,20m de espessura e uma parte exterior (colocada abaixo do edifício-base) de 0,40m de espessura, é endurecida com nervuras radiais de 0,70m de profundidade, distribuindo a carga concentrada originada pelo eixo.

O pavimento, que constitui o andar térreo do edifício-base, é composto de vigas pré-moldadas e pré-tensionadas suportadas por mancais corrediços na parede exterior e fixados internamente à viga anular moldada no local. As vigas seguram lajes pré-moldadas, que suportam as lajes de pavimentação moldadas no local.

concreto jateado, um método que permite a possibilidade da construção de elementos bem finos de espessura controlada.



Telhado e fachada do edifício-base

Os elementos de fachada pré-moldados em forma de "X" constituem um anel de perímetro fechado que é estabilizado pelo comportamento espacial de todo o sistema telhado-fachada. Esses elementos são contidos na base por suportes esféricos de aço inoxidável, que constituem sustentações espaciais de articulação, enquanto no topo é efetuada uma conexão rígida com as cúpulas. As escoras "X" apóiam em planos que inclinam-se para fora e são conectados entre eles por barras pós-tensionadas sobre os suportes de base.

O andar térreo.

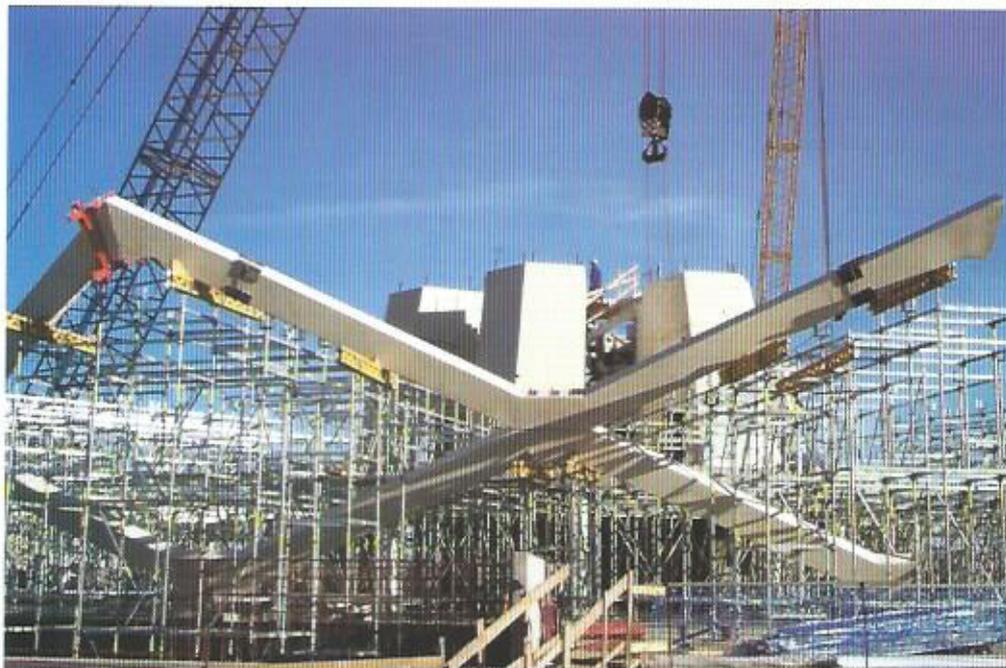


Apoio da fachada, suporte esférico de aço inoxidável

O telhado do edifício-base, que abriga as salas de equipamento, serviço e espaços do escritório, é baseado em uma estrutura de chapa dobrada com revestimento de concreto, concêntrica ao eixo da torre. Os suportes externos e internos desse revestimento são constituídos de elementos de fachada pré-moldada e pelas colunas do eixo da torre, respectivamente. A forma do revestimento corresponde a uma superfície fixa, o que simplifica o trabalho com as fôrmas e a colocação das barras de reforço.

A cobertura foi pré-fabricado por meio do

O eixo é projetado como o elemento rígido que resiste não só as ações horizontais do vento e os abalos sísmicos, como também parte das cargas transmitidas pelo edifício-base. O eixo é composto de seis colunas conectadas por plataformas pré-moldadas e escadarias sem a necessidade do uso de conexões rígidas; apenas nos níveis mais elevados da



Elementos de fachada pré-moldados em forma de "x"

construção alguns elementos de travamento são introduzidos. Esse sistema apresenta o melhor rendimento entre rigidez e maleabilidade, por ser não só rígido o bastante para resistir a deformações,

ou movimentos excessivos resultantes da ação horizontal do vento, como também maleável o suficiente para que as vibrações do sistema nem chegue perto das frequências sísmicas máximas

capazes de causar danos às estruturas.

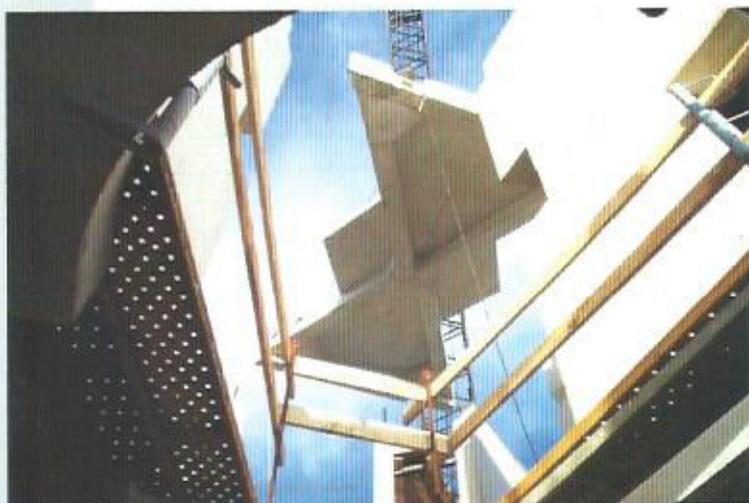


Acima montagem da cofragem para a coluna pré-moldada. Ao lado seções da coluna deitadas

As seis colunas do eixo são de seções variadas definidas por um raio exterior constante que é simétrico ao ponto médio do eixo, permitindo um uso otimizado da fôrma. Cada coluna é dividida em sete vigamentos pré-moldadas que são conectadas com uma junção seca, usando epoxy e barras pós-tensionadas fabricadas continuamente sobre toda a altura. A superfície de cada vigamento foi afetada o menos possível, usando a técnica de concreto combinado para que se obtenha uma perfeita correspondência no contato das superfícies.



As plataformas pré-moldadas de 0,12m de espessura são enrijecidas por vigas de borda 0,36m e 0,54m profundas, que fazem contato com quatro colunas opostas e efetuam as conexões necessárias. As duas colunas restantes são conectadas às plataformas por meio de vigas pré-moldadas. As junções são reforçadas com a solda de peças de aço previamente encaixadas em nichos intercalados no concreto pré-moldado. Mais tarde, é injetado nos nichos um reboco anti-ferrugem para proteger as peças de aço da corrosão. Os elementos da escada são conectados às plataformas e colunas do eixo por meio de barras de aço pós-tensionadas.



Acima plataforma pré-moldada sendo posicionada. Ao lado escadaria pré-moldada

Os três andares superiores, nos quais estruturas de apoio estão posicionadas, caracterizam uma disposição do contorno da planta que é diferente da planta típica do eixo. Essas placas de piso são moldadas no local e conectadas com as colunas do eixo por meio de travas de cisalhamento.

As duas torres apresentadas são as primeiras torres desse tipo que foram construídas com estruturas em concreto pré-moldado. O design arquitetônico dessas construções consiste em projetar suas estruturas com formas geométricas puras, que dão uma singularidade a elas. Concreto pré-moldado é o sistema ideal para a realização dessas obras. ♦

## Ficha Técnica

Torre de controle do aeroporto Madrid-Barajas

- Client: Aena (Spanish Airport Authority)
- Julio Egido Gil  
Director of the Project
- Manuel Saiz Santiago  
Director of Construction
- Project and Construction Supervision: GOP Oficina de Proyectos SA
- Bruce S. Fairbank  
Architect
- Juan Montero Romero  
Aeronautical Engineer
- Eduardo Montero Fdez. De Bobadilla  
Architectural Engineer
- Carlos Fernandez Casado SL  
Structural Engineer
- Asetecnic SL  
Mechanical and Electrical Engineer
- Construction: Ferrovial Agroman
- Precast Concrete: Alvisa SA
- Principal Characteristics:
- Date of Construction: May 1997 – Feb 1998
- Building Height: 71m
- Built Surface Area: 3956 m<sup>2</sup>
- Construction Cost: 9.5 million euros

Torre de controle do aeroporto de Málaga

- Client: Aena (Spanish Airport Authority)
- Miguel Jurado Chacon  
Director of the Project and Construction
- Project and Construction Supervision: GOP Oficina de Proyectos SA
- Bruce S. Fairbanks  
Architect
- Juan Montero Romero  
Aeronautical Engineer
- Eduardo Montero Fdez. De Bobadilla  
Architectural Engineer
- Mauro E. Giuliani (Redesco slr)  
Structural Engineer
- Asetecnic SL  
Mechanical and Electrical Engineer
- Construction: FCC
- Precast Concrete: Alvisa SA
- Principal Characteristics:
- Date of Construction: Jan 2000 – July 2001
- Building Height: 55m
- Built Surface Area: 5129 m<sup>2</sup>
- Construction Cost: 6.3 million euros



**Grupo  
Falcão Bauer**

## **Qualidade presente garantindo o futuro.**

Desde 1953, buscamos o aprimoramento técnico para assegurar ao mercado a confiabilidade de nossos serviços:

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

### **SEGMENTOS DE ATUAÇÃO**

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

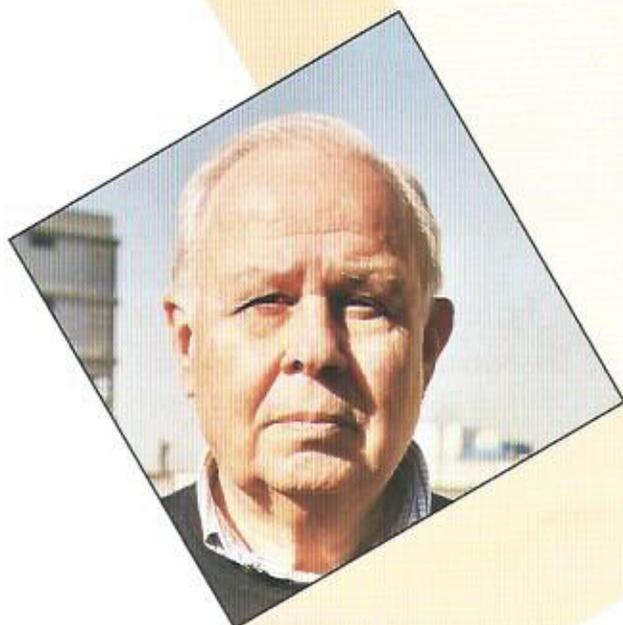
Os laboratórios da **L.A. Falcão Bauer** atendem a rígido e abrangente **Sistema de Qualidade**, que viabiliza seu credenciamento, pelo **INMETRO**, integrando a **RBLE** - Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio e **RBC** - Rede Brasileira de Calibração.

**l.a.falcão bauer**  
**centro tecnológico de controle de qualidade**

# ENGENHEIRO

# MÁRIO FRANCO

Um dos principais projetistas de estruturas do país, o engenheiro Mário Franco possui em seu currículo inúmeras obras que foram e continuam sendo destaques na engenharia brasileira.



**Revista Concreto:** Durante a Conferência Internacional em comemoração aos 100 anos do ACI o senhor apresentou uma palestra sobre os edifícios altos no Brasil. Qual a importância desse tema para a engenharia do brasileiro?

**Mário Franco:** Os edifícios altos no Brasil começaram a aparecer no fim da década de 20, quando um prédio foi construído no Rio de Janeiro, o Edifício Dalla, sede do jornal A Noite, projetado por Emilio Baumgart. Na época, era o edifício mais alto do mundo em concreto. Logo depois foi construído em São Paulo o edifício Martinelli, 2 m mais alto e ambos superando a barreira dos 100m. Isso mostra que já nesta época tínhamos uma engenharia arrojada. O Baumgart foi um gênio das estruturas em concreto, foi um dos grandes impulsionadores do concreto armado no Brasil. Isso mostra também - nesse caso particular - que nós estamos bem. As nossas normas (graças e, principalmente, ao Prof. Eng. Telêmaco Van Langendonck Mendonça, que foi meu professor na Escola Politécnica) também assumiram um caráter de liderança, pois o Brasil foi o primeiro país que permitiu o cálculo no estágio III, que é um estágio de ruptura. Outros países só bem depois da guerra, lá pra década de 50, adotaram os mesmos critérios. O Brasil começou cedo e começou bem.

Mais adiante, no fim dos anos 50/60, outros prédios altos foram feitos, inclusive o Edifício Itália que também na época de sua construção foi considerado o mais alto do mundo. Não é que o record em si seja importante, mas mostra que nós estávamos fazendo coisas grandes e de ponta na época, e assim continuou. Nós não temos os edifícios extra altos dos Estados Unidos, mas nós não temos porque nossa situação sócio-econômica não requer. O terreno aqui não é valorizado como em Nova York, onde qualquer centímetro quadrado tem que ser utilizado e, portanto, a altura faz mais sentido. Nós chegamos até onde nossa lei urbanista permite.

Eu posso dizer o seguinte em termos de técnicas construtivas, tecnologia dos concretos e projeto estrutural: nós estamos na linha de frente.

**Revista Concreto:** É possível traçar um paralelo entre o desenvolvimento técnico, principalmente em relação a tecnologia do concreto no país, e a questão do aumento na altura dos edifícios?

**Mário Franco:** Muito bem. Eu falei sobre a norma de 1937 que permitiu o cálculo no estágio 3, um grande avanço. Essas normas foram elaboradas pela ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland pois na época ainda não existia a ABNT fundada em 1940.

O desenvolvimento dos bons cimentos e concretos foi muito incentivada pela ABCP que tinha como líder o professor Ary Torres e como expressão máxima da técnica o Prof. Telêmaco Mendonça que era também um teórico e professor de estrutura, de modo que essa figura em particular garantiu durante muito tempo que a qualidade da produção dos concretos pudesse ser acompanhada por uma qualidade do projeto estrutural. Por isso que na palestra eu fiz questão de mencionar o Dr. Telêmaco porque realmente ele nos influenciou.

Portanto, é possível dizer que a tecnologia da execução e dos concretos caminham passo a passo. A construção da Torre Norte, em minha dobradinha com o Prof. Paulo Helene, é um exemplo da parceria entre projeto estrutural e tecnologia do concreto. As duas andaram juntas desde o começo e continuam de mãos dadas.

**Revista Concreto:** O senhor poderia falar um pouco sobre o desenvolvimento dos edifícios do ponto de vista arquitetônico, relacionado à utilização do concreto como material estético?

**Mário Franco:** Veja aí a esperança. Os arquitetos, sabendo que é possível trabalhar o concreto com cores e texturas, devem se conscientizar e passar a utilizar esse aspecto tecnológico do concreto - textura controlada de qualidade excepcional e de cor também controlada. No prédio do Citicorp, por exemplo, existe uma enorme estrutura de transição feita em treliças de concreto muito bem executado. Na época o arquiteto quis, não só que essa estrutura ficasse aparente, como também que fosse feita com cimento branco. Os estudantes de tecnologia do concreto de cimento branco criaram uma treliça estrutural com concreto de alta qualidade, estrutural, com características arquitetônicas específicas. Eles já estavam alertas para o fato de que o concreto aparente não precisa ser cinza, pode ser cinza com

textura, branco ou vermelho. Agora nós podemos fazer tudo isso e a questão é que precisa chegar lá com uma boa e moderna arquitetura.

**Revista Concreto:** Mas o senhor acredita que o concreto ainda é visto essencialmente como um material estrutural? Existe um paradigma relacionado ao concreto como material estético?

**Mário Franco:** Estou sentindo que alguns arquitetos gostam e procuram introduzir a linguagem do aço que surge dialogando com o concreto. Eu não vejo nisso nenhuma restrição ao uso do concreto, é apenas mais uma linguagem estrutural. Agora eu estou projetando uma obra no Rio na qual o arquiteto, por razões estéticas, escolheu fazer alguns pilares metálicos na entrada da biblioteca porque a linguagem indica essa necessidade. Nós podemos usar o aço como base da linguagem. Eu não restringiria, mas o concreto com relação a custos é imbatível e também pelo fato de que nós podemos trabalhar excepcionalmente bem com o concreto. Não sabemos trabalhar o aço tão bem. É um círculo vicioso: enquanto não se faz muito, não se aprende. Somente alguns arquitetos sabem realmente usar o aço com sua verdadeira linguagem.

**Revista Concreto:** O concreto no país tem uma história muito importante, não?

**Mário Franco:** Consistente, muito consistente e de certa forma continuará tendo. Não preciso nem falar das obras de arte, pontes, barragens. O concreto tem um papel extraordinário em nosso país.

**Revista Concreto:** Como projetista, porque o senhor opta pelo uso do concreto? Quais são as qualidades do concreto, as vantagens de utilização?

**Mário Franco:** Em primeiro lugar é o custo, isso sem dúvida é um ponto importante. Em segundo lugar, devido ao custo, nós temos trabalhado o concreto em todos os tipos de estrutura. Como falamos a pouco, nós sabemos utilizar muito bem o concreto, os nossos arquitetos conhecem bem a linguagem do concreto como um material de qualidade e seus tipos técnicos. E os projetistas também.

No meu caso eu sou um defensor ardente do concreto. O fato é que eu não conseguiria, por exemplo, conceber um projeto com outro material. O concreto já vem junto com a concepção.

Do ponto de vista da forma ele é muito mais moldável, pode ser usado nas formas mais inusitadas, aquelas ondulações sensacionais que fazem na arquitetura.

Eu acho que nós ainda estamos casados com o concreto, o aço ainda vai aparecer, vai participar, mas uma coisa é certa: o aparecimento de um concorrente na praça nunca piora as condições de quem chegou primeiro e sempre fez sucesso. Melhora, nunca piora.

"Eu posso dizer o seguinte em termos de técnicas construtivas, tecnologia dos concretos e projeto estrutural: nós estamos na linha de frente."

"Voltando ao passado, no fim dos anos 50 eu projetei uma obra que, na época, era uma obra bastante arrojada. Foi o Teatro Castro Alves em Salvador e integrou uma história até dramática porque a obra foi complicada."

**Revista Concreto:** O senhor consegue fazer uma comparação entre o mercado brasileiro e o americano e europeu do ponto de vista da utilização do concreto?

**Mário Franco:** Não poderia dizer isso com grande precisão, mas poderia dizer que nos Estados Unidos a utilização do concreto tem crescido bastante, apesar do país ser altamente industrializado. O concreto está ganhando espaço mesmo entre a construção de edifícios e na Europa o concreto sempre foi muito utilizado.

**Revista Concreto:** O senhor poderia falar um pouco sobre a importância do concreto tanto para a economia quanto para o desenvolvimento de nosso país?

**Mário Franco:** Pra começar, a nutrição de mão de obra. Aliás, é uma mão de obra humilde, de baixos salários. A tecnologia do concreto é mais democrática, qualquer pedreiro sabe fazer o concreto e sabe fazer bem feito. O concreto é, de certa forma, uma porta para a utilização dessa nossa tecnologia. Eu vejo nisso um fator positivo, pois se um dia as estruturas metálicas dominarem o mercado, terão que contratar operários altamente especializados em montagem de estrutura. Não existe essa mão de obra especializada no Brasil poderá, sim, ser criada no futuro, mas a mão de obra do concreto não requer toda essa especialização, ela está mais ao alcance de todos.

**Revista Concreto:** O senhor marcaria alguma obra de sua preferência, ou seja, o senhor tem um "filho predileto"?

**Mário Franco:** Voltando ao passado, no fim dos anos 50 eu projetei uma obra que, na época, era uma obra bastante arrojada. Foi o Teatro Castro Alves em Salvador e integrou uma história até dramática porque a obra foi complicada. O Teatro foi construído e estava para ser inaugurado. Uma noite começou um incêndio e não haviam colocado sprinklers por economia. Só tinha um guarda e, ao invés de tentar apagar o incêndio, ele resolveu fugir. Aquilo pegou fogo pra valer, toda a parte que era de madeira. A estrutura era metálica e com o calor ela caiu sobre as estruturas de concreto e destruiu toda a planta. Os operários choravam de ver aquela obra maravilhosa se destruir. O mestre de obra teve a lucidez de correr lá dentro e pegar os projetos, foi fantástico. Ai começou o meu calvário porque os

baianos não se conformavam que aquilo tinha incendiado e caído. Tinha que ter alguma coisa lá e formou-se a idéia de que aquilo tinha sido causado por supostos defeitos da estrutura, então eu fui convocado pela engenharia bahiana para provar que o meu projeto era bom e que não era verdade aquilo tudo. Eles me diziam: "Olha Mário pra provar que o seu projeto está certo você tem que se submeter a uma auditoria". Eu disse que tudo bem. Conversei com o professor Telêmaco e ele durante vários meses avaliou o meu projeto. Eu fiquei receoso dele achar alguma coisa errada no meu projeto porque era uma pessoa extremamente rigorosa.

Tem uma coisa interessante: o teatro estava apoiado em articulações de chumbo, naquela época se utilizava materiais de chumbo pra poder firmar as articulações sobre o concreto, era uma coisa até inovadora. A maldita articulação era inclinada e tinha sido executada com inclinação do outro projeto, não era exatamente o que devia ser. O professor Telêmaco me disse que não tinha meios de dizer se aquilo estava certo ou não. "Você vai ter que fazer ensaios pra provar que o teu filme está bom", ele me disse. Então fui até o IPT. Fizemos todos os projetos e tive que aprender uma porção de coisas. Fiquei uns seis meses envolvido e no fim provou-se que aquela inclinação funcionava. O projeto foi refeito e depois inaugurado com o aval do professor Telêmaco. "... essa foi uma aventura. Essa história do Teatro Castro Alves me marcou muito, eu tinha 28 anos nessa época.

**Revista Concreto:** Como estamos do ponto de vista da tecnologia do concreto?

**Mário Franco:** A nossa tecnologia para concretos de até 50MPa já é de uso corrente. Concretos de maior resistência não tem sido requerido, pois os nossos edifícios não são tão altos assim, mas no instante que precisar estão aí como, por exemplo, precisou-se de um concreto de 80MPa e o Paulo Helene conseguiu chegar até 125.

Eu acho que está tranquilo, eu estou tranquilo. Fizemos muitas obras com concreto de 50MPa sem problema nenhum. Às vezes existem problemas com concretos de menor resistência, mas por displicência ou engano, não tem relação com a falta de tecnologia. Se precisarmos chegar mais longe nós chegaremos, pois estamos totalmente preparados.

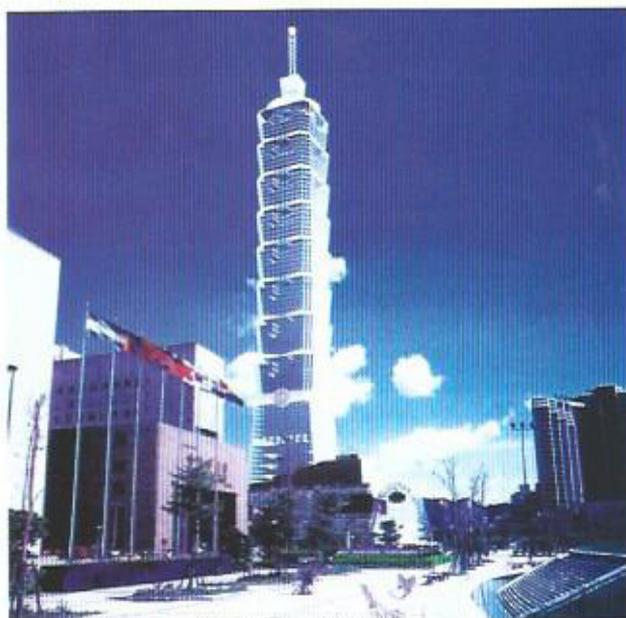
**Revista Concreto:** Qual a contribuição do IBRACON para o desenvolvimento do concreto?

**Mário Franco:** Eu acho que o IBRACON pode ser ainda maior. O Paulo Helene tem idéias grandes. Espero poder contar com eventos importantes como esta Conferência em comemoração aos 100 anos do ACI. Os congressos do IBRACON são muito bons.

Eu acho que ainda há espaço para o Instituto ocupar, e ele tem tudo para preencher esse espaço. ♦

# TAIPEI 101 NUEVO RECORD DE 508 METROS DE ALTURA

En uno de los lugares de mayor actividad sísmica y huracanes en todo el mundo, se construye el edificio más alto del planeta. Mega Columnas de concreto y acero soportan esta maravillosa estructura.



Por Leonardo Garzon – The Thornton-Tomasetti Group

iseñar el edificio mas alto del mundo es un reto para cualquier lugar del planeta, pero indudablemente hay lugares que ofrecen condiciones más desfavorables que otras, Taipei es uno de ellos.

Localizada al norte de la isla de Taiwán, Taipei es una de las tres mayores ciudades de la isla con cerca de 3 millones de habitantes, dentro de su población aun permanece esa mezcla de la cultura china y japonesa que quedo como resultado de 50 años de ocupación japonesa. No hace mucho tiempo atrás Taipei era una ciudad poco agitada, pero su acelerado crecimiento y desarrollo la ha ubicado como una de las ciudades del mundo que nunca duerme.

No es de extrañar que la panorámica de la ciudad de Taipei está demarcada por estructuras de 20 o 30 pisos, ya que esta ciudad es golpeada por numerosos sismos de poca magnitud anualmente y algunos de magnitudes mayores que son devastadores, el ultimo de estos de magnitud 7.3 ocurrió en Septiembre 21 de 1999 ocasionando la muerte a 2.415 personas y dejando perdidas de 11.500 millones de dólares. Igualmente Taiwán es amenazada varias veces al año por vientos huracanados que alcanzan velocidades de 180 Kilómetros por hora y mas.

A pesar de estas aparentes limitaciones, el orgullo de poseer el edificio mas alto del mundo parece ser una muestra del poderío económico que tiene a muchas ciudades asiáticas compitiendo

por este record, y a ingenieros y arquitectos tratando de desarrollar proyectos que satisfacen las necesidades de los propietarios y las exigencias que la naturaleza impone en diferentes partes del planeta.

#### Arquitectura China inspirada en la caña de Bambú

Muchos de los edificios mas altos en tiempos modernos no han sido diseñados por arquitectos de las ciudades donde estos han sido construidos. El arquitecto de las desaparecidas Torres Gemelas de Nueva York era japonés, las Torres Petronas de Kuala Lumpur fueron diseñadas por un arquitecto de origen argentino-americano, y la firma detrás del diseño del Shanghai World Financial Center es de Nueva York. Taipei 101 fue diseñado por la firma China de arquitectos C.Y. Lee & Partners.

A diferencia de otros proyectos donde los inversionistas solicitan diseños de varias firmas de todo el mundo, la firma C.Y. Lee & Partners fue una de las razones del por que del Taipei 101. Años atrás C.P. Wang y su compañero C.Y. Lee, ambos educados en los Estados Unidos, desarrollaron planos para un edificio aun más alto que el actual rascacielos en el mismo centro de Taipei. Aunque el edificio nunca se construyo, Wang y Lee acumularon valiosa experiencia, y cuando en 1997 el gobierno anuncio que quería un edificio emblema que hiciera de Taiwán un centro regional financiero, estos dos arquitectos comenzaron la búsqueda de inversionistas para desarrollar el proyecto.

Taipei Financial Center Corporation, un consorcio de 14 empresas incluida el Taiwán Stock Exchange y otros grandes grupos financieros fueron los seleccionados para respaldar financieramente el desarrollo del emblemático edificio.

Una vez resuelta la parte financiera los esfuerzos se concentraron en resolver los retos del diseño, siendo el mayor de ellos el de diseñar una estructura que representara la cultura China. Para muchos otros arquitectos resultaba casi imposible representar algo de la cultura China en un edificio de gran altura, sin embargo estos talentosos arquitectos encontraron inspiración en una maravilla de la naturaleza asiática: la caña de bambú.

Para los arquitectos la caña de bambú es lo más cercano en proporción a un edificio del tamaño del Taipei 101 con 508 metros de altura, el área disponible en la base y la necesaria altura proporcionan una esbelta figura de una forma casi natural distintiva de la cultura China.

Parte de la superstición de la cultura oriental esta reflejada en el diseño y especificaciones que tienen como base el tradicional numero "8" de la suerte,

también usado en el ostentoso rascacielos Jin Mao Tower de Shanghai.

Ocho son las mega columnas de concreto y acero que soportan la estructura y cada ocho pisos una pirámide truncada invertida alberga zonas de refugio a lo largo de la estructura. Ocho grandes vigas se extienden desde el núcleo hasta las supercolumnas para darle mayor rigidez a la estructura.

Los arquitectos del Taipei 101 no solo se esmeraron en la apariencia externa de la estructura sino también en los detalles internos, algunos de ellos le rinden homenaje al estilo art deco de la época dorada de los rascacielos de Nueva York en la década de los años 30.

El nuevo Taipei 101 no solo poseerá el record en altura sino también ostentara otros records, una vez sea terminada su construcción, será el edificio con la cubierta principal y el piso de oficinas mas alto del mundo y tendrá los elevadores mas rápidos diseñados con estructura aerodinámica de dos pisos que ascenderá a una velocidad de 60.48 Kilómetros por hora, seguramente tendrán el record se ser los mas costosos con un precio de 2 millones de dólares cada uno.

Una de las piezas más sobresalientes de la arquitectura interior del edificio es la Masa Sincronizada de Amortiguamiento (TMD-Tuned Mass Damper), requerida estructuralmente para contrarrestar el movimiento del rascacielos debido a viento principalmente, que como un péndulo esta suspendida de la estructura del piso 92 y que a diferencia de

los otros TMD instalados en edificios en varias partes del mundo, el movimiento de esta gran esfera de 5.5 metros de diámetro y 650 toneladas de peso será visible desde el restaurante en los pisos 88 y 89.



El TMD de Taipei 101 será sin duda alguna un símbolo mas del ingenio y la imaginación oriental que sobrepasan los esquemas de la cultura occidental.

## El Gran Reto del Diseño Estructural

Lograr que un edificio de las características del Taipei 101 funcione como sus diseñadores lo conciben requiere de una gran coordinación entre los diferentes equipos, en especial entre los ingenieros estructurales y los arquitectos.

El diseño estructural fue delegado a Evergreen Consulting Engineering, de Taiwán, República de China y a Thornton-Tomasetti Engineers de Nueva York, empresa que también realizó el diseño estructural de las Torres Petronas de Kuala Lumpur, edificios que fueron superados en altura por el Taipei 101.

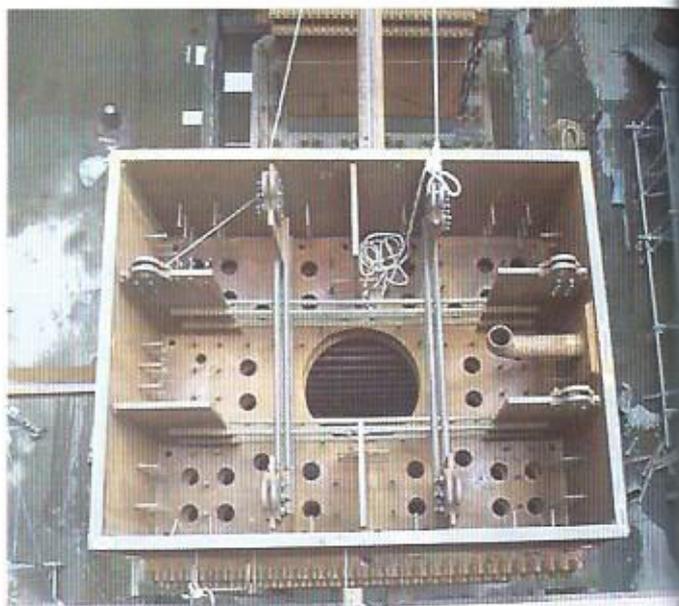
El equipo estructural tubo que enfrentar cinco retos principalmente. El primero de ellos fue la inusual forma del edificio. Los primeros veinticinco pisos se inclinan gradualmente hacia el centro de la estructura formando una pirámide truncada. Encima, módulos de ocho pisos de altura con muros que se inclinan hacia afuera, forman una especie de cinturón en la base en los pisos 26, 34, 42, etc. Estos módulos a su vez tienen cortes dobles en las esquinas de cada piso para suavizar los bordes del edificio y minimizar el efecto que el viento impone sobre la estructura. Una pequeña torre y un mástil sirven como corona al octavo módulo.

El conjunto de todas estas pirámides truncadas invertidas obstruye la continuidad de columnas perimetrales y por ende impide el uso del sistema de tubo perimetral como el usado en las Torres Gemelas de Nueva York, o en la Torre Sears de Chicago.

El segundo reto fue la necesidad de proporcionar una gran rigidez lateral para limitar el movimiento de la estructura por cargas de viento o sismo y minimizar el daño a elementos no estructurales durante la ocurrencia de uno de estos eventos. Tercero, minimizar la masa total de la estructura para reducir el costo de una cimentación profunda con pilotes y para mantener las cargas sísmicas a niveles prácticos. Cuarto, minimizar las fuerzas netas de tensión en las columnas debidas al momento de volcamiento producto de esta esbelta y comparativamente liviana estructura, y quinto, proporcionar un elevado nivel de seguridad para un enorme edificio con un gran número de arrendatarios y visitantes.

Solo una combinación apropiada de concreto y acero seleccionada para la estructura del Taipei 101 logro satisfacer todos los requerimientos antes mencionados. La estructura en general esta conformada por ocho mega columnas, dos en cada cara del edificio, las cuales están posicionadas en planta en la parte interna de la sección mas

angosta del edificio, de manera que tienen continuidad desde la cimentación hasta el piso noventa. La sección de cada mega columna es de 2.4 por 3.0 metros en la base y esta conformada por platinas de acero de 80 mm de espesor que confinan un núcleo de concreto reforzado de 10.000 psi. Esta sección compuesta de acero y concreto reforzado se prolonga hasta el piso 62 en donde el concreto se interrumpe para minimizar la masa de la estructura en la parte alta, continuando la columna tubular de acero por la tercera parte restante del edificio.



Sección de mega columna previo a la colocación del concreto

El núcleo del edificio esta conformado por columnas de acero y concreto reforzado similares a las perimetrales pero de menor sección, las cuales también se prolongan hasta el piso 62. con la sección compuesta y la sección tubular de acero continua hasta el piso 90. Las columnas del núcleo están conectadas entre sí por una serie de diagonales que rigidizan la estructura y adicionalmente vigas metálicas con conexiones rígidas conectan las columnas. En caso de un sismo de gran magnitud en el cual el límite elástico de las diagonales sea excedido, las conexiones de momento entrarían a trabajar. En aquellos lugares en los que las rotaciones plásticas excedan 0.005 radianes en un sismo con periodo de retorno de 950 años, se proporcionaron reducciones de sección de las vigas mas conocidos como "dogbone" por su similitud a un hueso de perro, para incrementar la rotación en las conexiones rígidas.



Corte "Dogbone" en una de las conexiones rígidas

Toda la estructura perimetral está conformada por porticos con conexiones rígidas.

Con el propósito de mejorar la resistencia al momento de volcamiento y al mismo tiempo disminuir las fuerzas de tensión en las columnas, una serie de cerchas de uno, dos y tres pisos localizadas cada ocho a diez pisos, conectan las mega columnas en cada cara atravesando el núcleo. Por debajo del piso 25 las columnas adicionales en cada cara son también conectadas de manera similar.

Cercha que conecta las mega columnas de concreto y acero atravesando el núcleo de la estructura

Este complejo sistema de vigas, columnas compuertas, cerchas y diagonales complica el análisis del flujo de cargas de gravedad y cargas laterales. Para determinar y verificar las secciones de los varios elementos estructurales, Evergreen Consulting realizó múltiples análisis con programas estructurales como SAP90 y DRAIN\_2D y paralelamente Thornton-Tomasetti realizó análisis similares con ETABS y SAP90. Ambos análisis mostraron niveles de esfuerzos similares. El resultado es una estructura liviana y bastante rígida con un periodo fundamental de vibración de 6.5 segundos, el cual es notablemente bajo si se tiene como referencia el índice de 0.1 seg./piso para estructuras metálicas.

Un elemento de seguridad incorporado al edificio desde su concepción antes de los ataques a las Torres Gemelas fue una serie de zonas de refugio cada ocho pisos en la misma zona donde están ubicadas las cerchas que conectan las mega columnas. Estas áreas protegidas contra el fuego tienen la capacidad de alojar a los cerca de 10.000 arrendatarios del edificio en caso de desastre.

#### Masa Sincronizada de Amortiguamiento (TMD)

Una vez el sistema estructural del edificio se ha definido, un modelo de la estructura se construyó y este fue sometido a un análisis en Túnel de Viento, para determinar entre otras cosas la deflexión máxima de la estructura bajo cargas de viento y el nivel de confort de los ocupantes del rascacielos. En el caso particular del Taipei 101, el equipo de diseño decidió utilizar un sistema conocido como Masa Sincronizada de Amortiguamiento o Tuned Mass Damper (TMD). La técnica de utilizar estas

Atuando no mercado há mais de 18 anos, a **TRANSEQUIP** vem continuamente investindo em novos equipamentos e treinamento pessoal, visando evolução e qualificação na prestação de serviços

Visite o site:  
[www.transequip.com.br](http://www.transequip.com.br)

Contamos com os mais modernos guindastes e uma equipe de profissionais qualificados, voltados a satisfação de nossos clientes



**TE TRANSEQUIP**  
LOCAÇÃO DE GUINDASTES

Rua dos Feltrins, 1251 - CEP 09820-280  
São Bernardo do Campo - SP  
Fone/Fax: (11) 4351-5204  
Email: [transequip@ig.com.br](mailto:transequip@ig.com.br)

masas se ha convertido en algo de uso común en construcción de edificios de gran altura, siendo el pionero en el uso de estos sistemas el edificio Citicorp de Nueva York. El propósito de estos sistemas es el de aprovechar la aceleración de la estructura producida por el viento para transformar el movimiento de una enorme masa en calor, por medio de una serie de amortiguadores que hacen pasar un fluido a través de unos pequeños orificios y así minimizar el efecto que este movimiento puede tener en los ocupantes del edificio. Este gigante péndulo está suspendido de la estructura del piso 92. Numerosos tests se realizaron en Francia e Italia y tanto su diseño como la instalación estuvieron a cargo de la compañía canadiense Motioneering, quien hace parte de RWDI, compañía que domina el diseño de estos sistemas en todo el mundo.

### Placa de Cimentación en Concreto

Las mega columnas descansan en una placa maciza de cimentación que varía de espesor entre 3.0 y 4.7 metros, con un volumen total de 28.100 metros cúbicos de concreto de 6.000 psi. Esta gran cimentación soporta la estructura y transfiere las cargas de las columnas a varios grupos de pilotes fundidos en sitio.

Para prevenir el agrietamiento del concreto masivo, y para planear la colocación y curado del mismo, análisis de temperatura y esfuerzos se realizaron con el soporte del Institute of Construction Technology and Development de Kumagai Gumi bajo diferentes condiciones de curado y cantidad de concreto colocado. Una probabilidad de ocurrencia de fisuras del 20% fue usada como criterio en el análisis del concreto masivo. Los resultados del análisis mostraron el requerimiento de un diferencial de temperatura de máximo 30 grados centígrados entre un punto en el centro de la superficie y el centro del espesor de la placa de concreto. Múltiples pruebas térmicas aisladas de laboratorio fueron realizadas en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Taiwán.



Etapa temprana en la construcción donde se aprecian las dos mega columnas en cada cara

Se utilizaron juntas de construcción vertical con lamina delgada y no se requirieron juntas horizontales excepto en la zona de las mega columnas donde el espesor es de 4.7 metros. El diferencial de temperatura se mantuvo por debajo de 24 grados (80% de los 30 grados recomendados durante la etapa de diseño).

Se espera que la cimentación sufra un asentamiento máximo de 55 milímetros debido a la deflexión del suelo por cargas de la superestructura.

En total se utilizaron 23.900 metros cúbicos de concreto hasta el piso 62 y 95.000 toneladas de acero incluyendo la estructura comercial en la base. La construcción estuvo a cargo de Turner Construction Corporation, Hong Kong Construction y Kumagai Gumi Co.

Con la finalización en la construcción del Mastil en Octubre 8 del 2003 Taipei 101 se convierte en el edificio más alto del mundo.



### Creditos:

Leonard Joseph P.E., S.E.- The Thronton-Tomasseti Group

Dennis C. K. Poon P.E.- The Thronton-Tomasseti Group

Shaw-song Shieh P.E., S.E. - Evergreen Consulting Engineering

jo  
la  
se.  
ic-  
el

**É bom lembrar que a água é um bem infinito. Enquanto dure.**

Ao longo da história, a humanidade descobriu inúmeras aplicações para a água. Agora é hora da gente **descobrir novos métodos** de conservação para garantir às futuras gerações o acesso a este bem **inestimável**. A Eletronorte está fazendo cada vez mais em programas de preservação ambiental e **proteção dos rios** da Amazônia, a maior bacia hidrográfica do planeta, gerando energia e **qualidade de vida** para milhões de brasileiros.

 **Eletronorte**  
Pura energia brasileira

**Eletrobrás**   
Companhia Saneamento Básico S.A.

Ministério de  
Minas e Energia

  
UM PAÍS DE TODOS  
GOVERNO FEDERAL

# CONCRETO BRASILEIRO: NO PATAMAR DOS 260 MPa

isando avançar nos conhecimentos tecnológicos que impulsionam a obtenção de concretos de resistência cada vez mais elevada, assim como procurando dinamizar o trabalho de diversos grupos regionais (e até nacionais) que estão imbuídos nesta finalidade, a empresa Carlos Campos Consultoria e Construções promoveu um concurso para avaliar concretos simples que apresentassem as maiores resistências à compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. O evento, realizado em Goiânia no mês de junho de 2004, fez parte das comemorações dos 30 anos de atuação da referida empresa no mercado regional de engenharia e foi presenciado por cerca de 100 pessoas, dentre professores, alunos, técnicos e engenheiros de várias instituições de ensino e empresas.

Voltado prioritariamente aos estudantes de engenharia civil, o concurso teve como objetivo promover a troca de experiência e de conhecimento técnico entre os grupos participantes, realizando assim uma "prévia" para os concursos nacionais promovidos pelo IBRACON. Ao todo houve a participação de 11 grupos de alunos, tendo-se a representação de cinco instituições de ensino superior do Estado de Goiás, entre universidades, faculdades e centros de educação (veja quadro em destaque).

É interessante ressaltar que o Estado de Goiás, por uma série de razões e circunstâncias, vem se destacando no cenário nacional da tecnologia do concreto, tendo atualmente um bom conhecimento agregado na produção de concretos de alto desempenho e de concretos com pós reativos. Com um significativo apoio de FURNAS, que a todo momento tem disponibilizado seus conhecimentos e excelente infra-estrutura para estudos em concreto (sem dúvida Furnas tem em Goiânia um dos maiores e mais bem equipados laboratórios de concreto do país, uma referência em nível mundial), aliando-se a isto a competência e esforço dos grupos locais, tem-se obtido significativos resultados no que tange à tecnologia do concreto de maneira geral. Basta lembrar os ótimos resultados conquistados nos últimos anos pela Universidade Católica de Goiás nos concursos do *Aparato de Proteção ao Ovo* promovidos pelo IBRACON, assim como um primeiro e segundo

lugares conseguidos por esta universidade em concursos similares promovidos pelo ACI, nos Estados Unidos e Canadá respectivamente.

No concurso realizado pela empresa Carlos Campos, as quatro primeiras colocações ficaram com a Universidade Federal de Goiás, sendo que o concreto ganhador atingiu a impressionante marca de 257 MPa (média de dois corpos-de-prova), algo inimaginável há alguns anos. Tal concreto foi concebido com uma baixíssima relação água/cimento, conseguida às custas do uso de um aditivo superplastificante de última geração, tendo-se em sua composição um cimento CP V-ARI e agregados miúdo e graúdo rigorosamente selecionados e adequadamente proporcionados. Além disso, adicionou-se à mistura um conjunto de material finamente dividido que contemplou a sílica ativa, o pó de quartzo e a wolastonita – um pó reativo à base de silicato de cálcio (em um dos concretos das quatro primeiras colocações não se utilizou wolastonita). Após a desmoldagem dos corpos-de-prova, aplicou-se cura térmica.

Do que se tem registro nacionalmente, os níveis de resistência à compressão até então atingidos eram da ordem de 180 MPa a 200 MPa, em estudos de laboratório, tendo-se com o presente resultado dado um salto significativo para o limiar dos 260 MPa. O desafio, porém, continua. É de conhecimento hoje, internacionalmente, com patente da Lafarge, o *Ductal*, um concreto com proposta para 800 MPa e que consiste, entre outros, de uma variação de tipos de fibras, o que lhe confere, em tese, além da altíssima resistência muita ductilidade. O que se espera, contudo, de uma forma mais relevante do que a busca em si por resistências cada vez mais elevadas, é o domínio dos conhecimentos científicos e tecnológicos que deve sustentar as marcas alcançadas, de modo a se reproduzir concretos resistentes e duráveis.



Corpo-de-prova de 257 MPa após a ruptura.

Colocação	Instituição	Alunos	Professores	Pontuação total (MF/11)
1º	UFG	Manoel Neto, Ana Bárbara, Luis Viana	Daniel Araújo, Helena Carasek, Oswaldo Cascudo	257
2º	UFG	Eduardo Henrique, Pollyanna	Daniel Araújo, Helena Carasek, Oswaldo Cascudo	247
3º	UFG	Marcelo Correa, Ana Carolina	Daniel Araújo, Helena Carasek, Oswaldo Cascudo	234
4º	UFG	César Júlio, Tiago	Daniel Araújo, Helena Carasek, Oswaldo Cascudo	225
5º	UEG	Handerson, Adriana, Fabrício	José Dafico Alves	201
6º	CEFET	Claudinei, Ludimila	Paulo César Pereira, Paulo Francinete, Afonso Araújo	182
7º	UCG	André, Gleydson	Manoel Álvares	179
8º	F.Obj.	Márcio Rogério, Adilson	Júlio Praxedes	167
9º	UCG	Sérvio Túlio	José Sérgio de Oliveira	161
10º	UCG	Paulo Sérgio	José Sérgio de Oliveira	145
11º	CEFET	Barbara, Abelardo, Clecyo	Paulo César Pereira, Paulo Francinete, Afonso Araújo	102

UFG - Universidade Federal de Goiás; UEG - Universidade Estadual de Goiás; CEFET-GO - Centro Federal de Educação Tecnológica; UCG - Universidade Católica de Goiás; F.Obj. - Faculdade Objetivo



Alunos e professores da UFG no momento da entrega do prêmio.

### Concurso elaborado por:

Oswaldo Cascudo\*; Helena Carasek\*; Daniel de Lima Araújo\*; Carlos de Oliveira Campos\*\*

\* Escola de Engenharia Civil - Universidade Federal de Goiás

\*\* Carlos Campos Consultoria e Construções Limitada - Goiânia - GO

Calcule o quanto essa obra levou de concreto.

Pronto. Agora você já pode calcular o quanto a gente entende desse assunto.



LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DO CONCRETO DA ITAIPU

A serviço da engenharia moderna



A construção da barragem da ITaipu Binacional consumiu 12,3 milhões de m<sup>3</sup> de concreto. Uma obra monumental, que além de gerar energia elétrica, produziu um conhecimento sobre engenharia e materiais de construção civil praticamente sem paralelo no Brasil. Contando com 2.200 m<sup>2</sup> de área construída, o Laboratório de Tecnologia do Concreto da ITaipu é um centro de excelência apto a realizar ensaios, testes e análises voltadas para a qualidade, instrumentação e segurança das obras de engenharia, com qualidade e economia. Um serviço que a ITaipu Binacional coloca à disposição de universidades, empresas nacionais e internacionais, amparado pelos trabalhos realizados em países como Angola, Argentina, Chile, Equador, Malásia, México, Paraguai e Peru.

# DIAGRAMAS DE DISEÑO DE MEZCLA PARA PREDICCIÓN DE CARBONATACIÓN

por Pedro Castro, doutor engenheiro do Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida

Las causas, mecanismos y factores que promueven la carbonatación del concreto han sido ampliamente estudiadas. Sin embargo, la proporción de la mezcla del concreto es un factor muy importante que tiene influencia en la velocidad de carbonatación y, aunque algunos factores como las proporciones de la mezcla han sido estudiados no se le ha dado la suficiente importancia al uso de los diagramas de diseño de mezcla para propósitos de predicción de la carbonatación.

El concreto ASTM C 595 tipo 1 (SM) con diferentes revenimientos, contenidos de cemento y relaciones agua/cemento se prepararon para realizar pruebas aceleradas de carbonatación. Contrario a los estudios reportados, la cantidad de cemento no tuvo influencia en la carbonatación cuando se fijaba la relación agua/cemento, sin embargo, una cantidad mayor de cemento redujo la carbonatación cuando se fijaba la trabajabilidad. El objetivo principal de esta investigación ha sido mostrar como el diagrama de diseño de mezcla, además de ser una herramienta importante para los practicantes, puede ayudar también al investigador en seleccionar los parámetros de mezcla más adecuados para propósitos experimentales y científicos cuando se desea predecir la carbonatación en concretos.

## 1 Introducción

La neutralización del concreto debido a la reacción de los componentes del cemento hidratado con el  $\text{CO}_2$  atmosférico puede desarrollarse en diferentes atmósferas incluyendo aquellas como las de grandes ciudades, donde la contaminación y las condiciones climáticas lo permiten.

Esta neutralización del concreto reduce su pH en la solución del poro produciendo carbonatación del mismo, lo cual conlleva a una corrosión generalizada, a una formación de grietas y a una disminución de su vida de servicio residual. La velocidad de carbonatación dependerá de varios factores tales como el tipo y monto de cemento, la relación agua/cemento, la porosidad del material, el tiempo de curado, el tipo y cantidad de adiciones puzolánicas (BAKER 1998, MORENO Y SAGÜES 1998) entre otros. La velocidad de carbonatación dependerá también de macro y micro climas, así como de condiciones específicas de exposición y de arquitectura de los edificios tales como la elevación, las fuentes de humedad, el aislamiento (CASTRO et al, 1997), la distancia y la altura con respecto al mar (CASTRO et al, 2000). Más aún, puede haber modificaciones severas en el comportamiento del concreto debidas a la carbonatación, por ejemplo en su resistencia a la compresión, en su dureza superfi-

cial y en su resistencia a agentes agresivos como el caso de los sulfatos (VERBECK, 1958).

Grandes ciudades como São Paulo, Brasil, tienen este problema y precisamente se han realizado inspecciones detalladas en 27 escuelas públicas que mostraron alrededor de un 96% de sus estructuras con daños por corrosión causado por la carbonatación del concreto (LEVY & HELENE, 2000). Hay también casos como los de pequeñas ciudades, Mérida en México, donde la carbonatación de los edificios ha mostrado tener dependencia de la altura y del micro-clima (MORENO & CASTRO & LEAL, 2002).

Hay varios trabajos en la literatura que muestran los esfuerzos por entender los factores que se han mencionado y han intentado incluirlos en diferentes modelos para efectos de predicción (PAPADADAKIS, FARDIS, VAYENAS, 1992 y 1991). Cada modelo está limitado a las condiciones a las cuales se creó y la extrapolación a circunstancias diferentes y parámetros está sujeta a la existencia de datos durante varios periodos de tiempo. Por otra parte los diagramas de diseño de mezcla son una herramienta muy conocida para la resistencia a la compresión (MONTEIRO, HELENE, KANG 1993) pero no han sido usados con parámetros de durabilidad como la carbonatación. El diagrama de diseño de mezcla puede ser utilizado para predecir profundidad de carbonatación en función del contenido de cemento, la relación agua/cemento o la relación cemento/agregado entre otros, y también puede ser usado para propósitos de predicción si se obtienen varios de ellos a diferentes tiempos de exposición.

El objetivo de esta investigación fue predecir la carbonatación del concreto a partir de los diagramas de diseño de mezcla para diferentes concretos del tipo ASTM C 595 Tipo I (SM) teniendo al revenimiento y a la relación a/c como las principales variables. En este trabajo se discuten la viabilidad y limitaciones de estas herramientas así como los pasos a seguir para su generalización.

## 2 Diagrama de diseño de mezcla

Los diagramas de diseño de mezcla son utilizados tradicionalmente para predecir las proporciones del concreto. La ley de Abrams (ABRAMS 1918) correlaciona la resistencia a la compresión del concreto con la relación a/c (por peso) para un determinado nivel de hidratación del cemento. Ya que la relación a/c es la variable más importante del concreto ésta puede extenderse a otras propiedades como el módulo de elasticidad, la energía de fractura y parámetros de durabilidad como la carbonatación en este caso. Para una determinada trabajabilidad, la ecuación que se ajusta mejor a esta ley es aquella generalizada por Powers (POWERS 1968) la cual

simplificadamente, es:

$$fc = \frac{k_1}{k_2 \frac{w}{c}} \quad (1)$$

donde  $fc$  es la resistencia a la compresión (MPa) y  $k_1, k_2$  son constantes que dependen de los materiales utilizados.

La ley de Lyse (LYSE 1932) por su parte, correlaciona la relación a/c con la relación de agregados (seco fino + seco grueso)/cemento (por peso). La ecuación que se ajusta mejor al comportamiento de ésta ley es la ecuación:

$$m = k_3 \left( \frac{w}{c} \right) + k_4 \quad (2)$$

donde  $m$  es la relación agregado/cemento por peso y  $k_3, k_4$  son constantes que dependen de los materiales utilizados para una determinada trabajabilidad.

La ley de Molinari, como se describe abajo (TANGO 1992) correlaciona el contenido de cemento,  $C$ , y la relación agregado/cemento,  $m$ .

La ecuación que se ajusta mejor a éste comportamiento es:

$$C = \frac{1000}{k_5 m + k_6} \quad (3)$$

donde  $C$  es el contenido de cemento ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) y  $k_5, k_6$  son constantes que dependen del material utilizado.

## 3. Programa experimental

### 3.1. Materiales

Se utilizó un cemento Portland Tipo I mezclado (SM) ASTM C 595 cuyas características se muestran en la tabla 1. Se utilizó arena natural de río como agregado fino el cual cumple la norma ASTM C 33 con una dimensión máxima de 4.8 mm, un módulo de finura de 2.97, una gravedad específica de 2.620  $\text{kg}/\text{m}^3$  y una absorción de agua de 0,05% por peso.

El agregado grueso triturado de granito que se usó cumplió con la norma ASTM C 33 con una dimensión máxima de 19 mm, módulo de finura de 6.76, gravedad específica de 2.680  $\text{kg}/\text{m}^3$  y una absorción al agua de 0,6%, por peso.

### 3.2. Proporciones de la mezcla de concreto.

Las proporciones de la mezcla de concreto fueron probadas en laboratorio, de acuerdo a una metodología preestablecida (HELENE & TERZIAN 1992). Para todas las mezclas de concreto la relación (cemento + agregado fino)/ (cemento +

agregado fino + agregado grueso) se conservó constante a un 51%. La primera relación agua/cemento fue ajustada a un revenimiento de  $80 \pm 10$  mm. La proporción de la relación agregado/cemento se fijó en 3, 4 y 5. Esto permitió que se pudiese probar tres relaciones a/c y tres diferentes revenimientos. La tabla 2 muestra las proporciones estudiadas de mezcla de concreto.

Tabla 1- Características físicas y químicas del cemento

Propiedades físicas		Propiedades químicas	
Finura	1.2(%)	Pérdida de ignición	1.89%
Finura de Blaine	3600 (cm <sup>2</sup> /g)	SiO <sub>2</sub>	23.40%
Densidad	3030 (kg/m <sup>3</sup> )	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.94%
Área específica	3360 (cm <sup>2</sup> /g)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.48%
Rel. a/c para flujo estándar	27 (%)	CaO	56.68%
Tiempo de fraguado: inicial	6:25 (h:min)	MgO	3.90%
Fraguado del cemento: final	8:15 (h:min)	Na <sub>2</sub> O	0.12%
Expansibilidad L <sub>é</sub> Chatelier	0.5 mm	K <sub>2</sub> O	0.55%
Resistencia a la compresión a 1 día	3.9MPa	S	0.19%
Resistencia a la compresión a los 3 días	17.6MPa	Residuo insoluble	0.95%
Resistencia a la compresión a los 7 días	28.4MPa		
Resistencia a la compresión a los 28 días	44.2 MPa		

Tabla 2- Características y propiedades del concreto

Proporción de Mezcla	Mezcla 1 3:1 a/c=0.36	Mezcla 2 4:1 a/c=0.45	Mezcla 3 5:1 a/c=0.54	Mezcla 4 3:1 a/c=0.45	Mezcla 5 5:1 a/c=0.45
Cemento (Kg)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agregado fino (Kg)	1.04	1.55	2.06	1.04	2.06
Agregado grueso (Kg)	1.96	1.45	2.94	1.96	2.94
Contenido de agua (Kg/m <sup>3</sup> )	197	197	196	242	164
Contenido de cemento (Kg/m <sup>3</sup> )	550	440	360	538	365
Volumen de vacíos	1.2	1.3	1.4	1.1	1.8
Revenimiento	80±10	80±10	80±10	210±20	10±10
f <sub>c</sub> a los 28 días (Mpa)	48	40	32	39	41
e <sub>CO2 timolftaleina</sub> 21 días (mm)	4.0	8.0	9.5	7.5	7.5
e <sub>CO2 timolftaleina</sub> 28 días (mm)	5.0	9.0	12.0	8.5	9
e <sub>CO2 timolftaleina</sub> 42 días (mm)	5.5	10.0	13.0	9.5	10.0
e <sub>CO2 fenolftaleina</sub> 21 días (mm)	3.5	7.0	9.0	6.5	6
e <sub>CO2 fenolftaleina</sub> 28 días (mm)	4.0	8.5	11.5	8.0	8.0
e <sub>CO2 fenolftaleina</sub> 42 días (mm)	5.0	9.5	12.5	9.0	9.5

### 3.3. Especímenes

De acuerdo al procedimiento CPC-18 RILEM (16), se utilizaron especímenes prismáticos de 10 x 10 x 10 cm. Para las pruebas de carbonatación del concreto se ensayaron cuatro probetas por cada proporción de mezcla. Se probaron tres especímenes cilíndricos de 10 x 20 cm por cada proporción en el caso de la resistencia a compresión. Los especímenes fueron colados, conservados húmedos y desmoldados 24 horas más tarde. Su superficie fue limpiada y pulida para retirar cualquier residuo de aceite. En secuencia, los especímenes fueron sometidos a un curado en cámara húmeda por seis días más. Con el propósito de reducir y estabilizar la humedad interna, después del curado, los especímenes fueron sujetos por tres horas a una temperatura de  $50 \pm 5$  °C y a una humedad relativa de  $50 \pm 10$

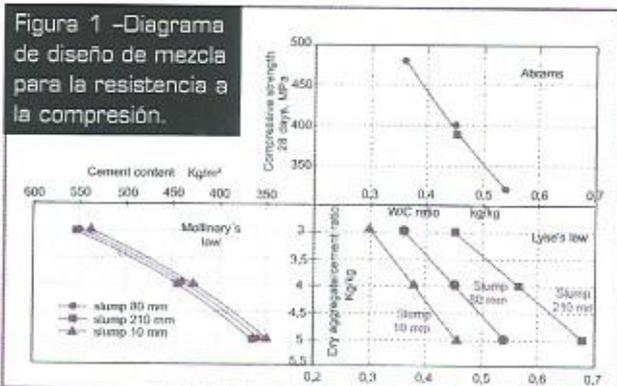
%. Se aseguró de esta manera que los poros del concreto no estuvieran saturados ni secos. Finalmente, los especímenes se mantuvieron por siete días más en una cámara con una temperatura de  $23 \pm 2$  °C y una humedad relativa (HR) de  $65 \pm 5$  % de humedad. Las pruebas de carbonatación empezaron entonces 14 días después de haber colado los especímenes.

### 3.4. Pruebas de carbonatación

La profundidad de carbonatación, fue medida a los 21, 28 y 42 días después de colar el concreto ó 7, 14 y 28 días en la cámara de carbonatación a través de mediciones con fenolftaleína o timolftaleína. La cámara de carbonatación tuvo una temperatura permanente de  $23 \pm 2$  °C a una humedad relativa de  $65 \pm 5$  % y un 10 % de concentración efectiva de CO<sub>2</sub>. Las pruebas se realizaron de acuerdo al procedimiento CPC-18 de RILEM (RILEM 1984). La resistencia a la compresión fue determinada de acuerdo al ASTM C 39.

### 3.5. Diagramas de diseño de mezcla

El diagrama de diseño de mezcla fue construido según se reporta en la literatura (MONTEIRO & HELENE & KANG 1993) y se presenta en la figura 1. Los diagramas de diseño de mezcla aplican para el tipo de cemento probado que fue ASTM C 595 Tipo I (SM), así como para el rango de contenidos de cemento probados.

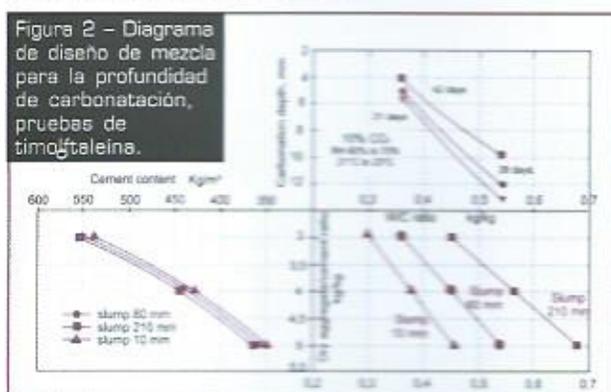


## 4 Resultados y Discusión

La profundidad de carbonatación promedio obtenida de las mediciones en cada una de las cuatro caras de los especímenes se presentan en la tabla 2 para 21 (7), 28 (14) y 42 (28) días de colado (días de

exposición a las condiciones aceleradas de carbonatación), ambos con fenolftaleína y timolftaleína. En general y como se esperaba, a mayor relación a/c y tiempo exposición, mayor profundidad de carbonatación, mientras que a mayor contenido de cemento, menor profundidad de carbonatación.

La figura 2 es un diagrama de diseño de mezcla con los datos de la tabla 2 para 7, 14 y 28 días de exposición en la cámara de carbonatación acelerada, utilizando las pruebas hechas con timolftaleína. De este diagrama se podían obtener la profundidad de carbonatación esperada a periodos y condiciones de tiempo similares conociendo el contenido de cemento, ó la relación a/c, ó la relación agregado/cemento, ó el revenimiento del concreto fresco.



La figura 3 muestra el efecto de la relación a/c en la profundidad de carbonatación usando fenolftaleína y timolftaleína. Es posible ver claramente la fuerte influencia de la relación a/c en la profundidad de carbonatación en este experimento.

Los diagramas de diseño de mezcla son una herramienta interesante para estimar la profundidad de carbonatación de cualquier concreto si se conocen las proporciones de mezcla. Puede estimarse la profundidad de carbonatación de cualquier concreto con características que estén entre los rangos que se probaron aquí. Los datos de las pruebas aceleradas que se presentaron aquí ayudaron a verificar si era posible o no utilizar estos diagramas para hacer predicciones, así como para darse cuenta si las relaciones conocidas entre carbonatación y otras variables de concreto podrían reproducirse. Los diagramas de diseño de mezcla representan familias de concretos, como en este caso, en la que se representaron dos de ellas, siendo una la de un revenimiento constante y otra la de una relación a/c constante. Por lo tanto los temas relacionados con la predicción de carbonatación podrán completarse en función de que se puedan incorporar nuevas familias de concretos y esto incluye aquellas con diferentes tipos de cemento en las que se incorporen escorias de alto horno, puzolanas, meta caolín, sílica fume, calcita ó ceniza volante.

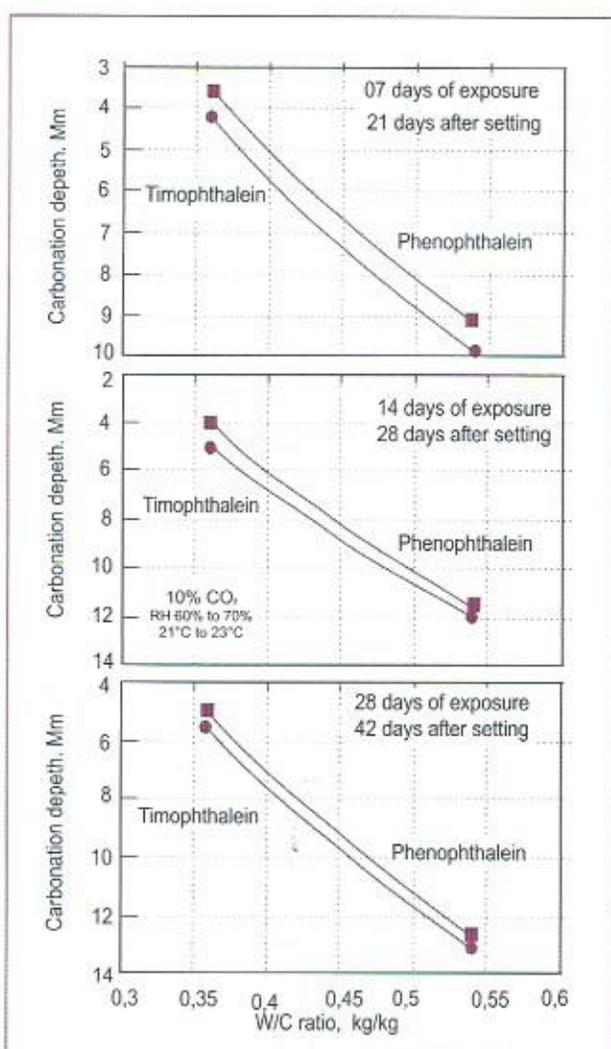


Figura 3 - Profundidad de carbonatación por relación a/c, pruebas con fenolftaleína y timolftaleína.

Por otra parte, la figura 4 muestra que el comportamiento de carbonatación continúa siendo explicado por la ecuación típica [4] bajo pruebas aceleradas. Por lo tanto, para las familias de concretos que se probaron acá, es posible conocer

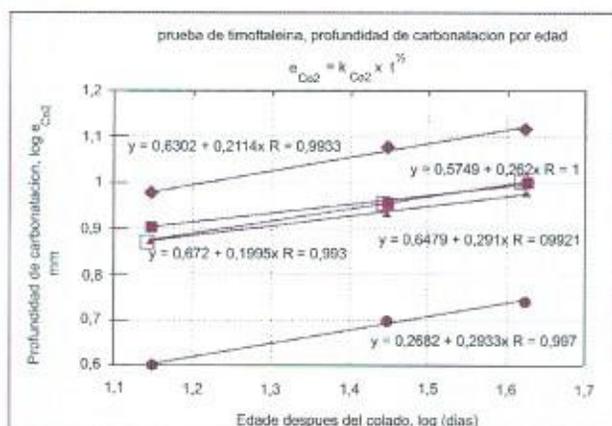


Figura 4 - Evolución de la profundidad de la carbonatación acelerada en el tiempo

el comportamiento de carbonatación después de 28 días de exposición a pruebas aceleradas.

$$e_{CO_2} = k_{CO_2} \sqrt{t} \quad [4]$$

Usando una transformación simplificada entre exposición acelerada y natural al  $CO_2$ , así como asumiendo que las condiciones como el régimen de humedad en condiciones aceleradas puede ser extrapolada a ambientes naturales, es posible considerar que el producto del tiempo por la concentración de  $CO_2$  es constante, como se observa en la ecuación [5]. Por supuesto, cualquier cambio en el régimen de humedad puede conducir a predicciones inválidas.

$$(10\% CO_2) \times (14 \text{ días de exposición acelerada}) = (0,05\% CO_2 \text{ en el ambiente}) \times (t = \text{tiempo al ambiente natural}) \quad [5]$$

En este caso el tiempo es igual a 7 años y 8 meses. Usando ésta transformación la profundidad de carbonatación predicha para 50 años de vida útil se muestran en la tabla 3.

Otra aplicación del diagrama de diseño de mezcla es para propiedades de concreto especificadas desde el diseño. Por ejemplo, el contenido de cemento y la relación a/c pueden estimarse de éstos diagramas una vez que se conozca la velocidad de carbonatación.

Es deseable contar con más datos de carbonatación de varias familias de concreto expuestas no únicamente a ambientes acelerados si no a ambientes naturales con el propósito de hacer más útiles los diagramas de diseño de mezclas.

La figura 5 muestra una familia de concreto con revenimiento constante y contenido de cemento y relación a/c variables, así como otras con relación a/c constante y contenido de cemento y revenimiento variables. Como se esperaba el comportamiento de la primera familia indica que el contenido de cemento mejora la resistencia a la carbonatación si el revenimiento es constante.

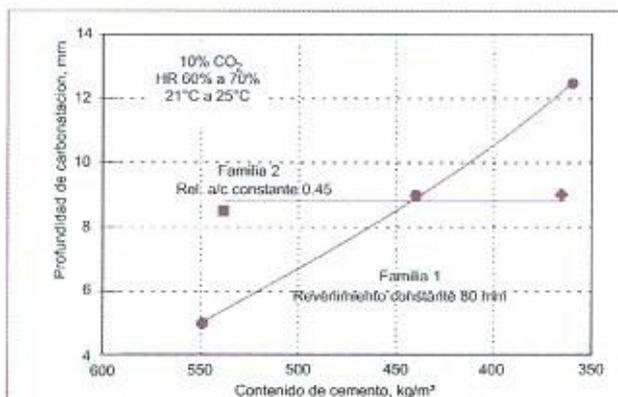


Figura 5 - Efecto del contenido de cemento en la profundidad de carbonatación, pruebas de fenoltaleína y timoltaleína.

Por otra parte, y contrario a otras investigaciones (MEHTA, SCHIESSL, RAUPACH 1992), el contenido de cemento tiene una influencia despreciable en la velocidad de carbonatación si la relación a/c es constante como se observa en la figura 5. Esto no significa una contradicción ya que el contenido de cemento típicamente es asociado con cambios en la relación a/c y por lo tanto en la velocidad de carbonatación. Sin embargo, hay otras variables que podrían estar influenciando en la carbonatación si no se tiene fija la relación a/c, como en este caso. La tabla 3 muestra que tan fácilmente se pueden estimar las propiedades del concreto de los diagramas del diseño de mezcla y se considera ésta una herramienta fuerte para realizar pruebas de laboratorio o de campo en el concreto. Los resultados obtenidos aquí no pueden ser aplicados a concretos con diferentes tipos de cemento y condiciones a menos que se hagan experimentos similares. Por otra parte, el método para construir los nomogramas puede ser aplicado a diferentes materiales sin importar el tipo de concreto probado, mientras que se conserven constantes el revenimiento o la relación a/c.

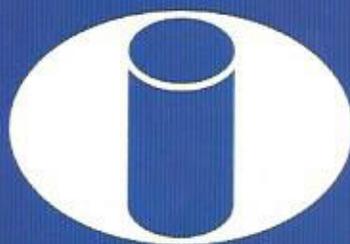
En estos estudios experimentales y con los materiales utilizados, se puede decir que los cambios en el comportamiento de carbonatación de ambas familias son debidos al comportamiento que se describió de la relación a/c ó del revenimiento (constantes o variables).

En la tecnología del concreto la relación a/c y el revenimiento conducen a conocer las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Si estos parámetros tan importantes del concreto no se siguen correctamente durante el plan de mezclas, entonces, generalizar cualquier tipo de resultado es difícil y poco seguro.

De acuerdo a esta investigación, el contenido de cemento puede afectar las profundidades de carbonatación lo cual es justificable por los cambios en la reserva alcalina. Esto es cierto cuando el revenimiento es conservado como una constante. Por el contrario, cuando la relación a/c es conservada constante, la reserva alcalina es

Tabla 3- Propiedades predichas del concreto usando el diagrama de diseño de mezcla

$f_c$ 28 días MPa	Revenimiento mm	Contenido de cemento kg/m³	Prof. de carbonatación acelerada $e_{acc}$ (mm)	$k_{CO_2}$ mm/año <sup>1/2</sup>	Prof. de carbonatación acelerado $e_{acc}$ (mm)
50	10±10	475	4,0	1,44	10
	80±10	565			
	210±20	750			
40	10±10	350	9,0	3,25	23
	80±10	440			
	210±20	550			
30	10±10	250	13,5	4,87	35
	80±10	340			
	210±20	430			



# PRODUTOS E SERVIÇOS IBRACON

Além da Revista Concreto - distribuída gratuitamente para os sócios do Ibracon -, o Instituto Brasileiro do Concreto oferece os seguintes produtos para os profissionais do setor técnico:

## IBRACON



**Anais do Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil.** O Seminário do CT-206 do Ibracon encontra-se em sua sexta edição e os anais do evento trazem os trabalhos técnicos apresentados. Acompanha CD-ROW.  
Sócios: R\$ 30,00 - Não-Sócios: R\$ 60,00



**Anais do Congresso Brasileiro do Concreto:** contém todos os trabalhos técnicos apresentados no evento nacional mais importante sobre o concreto. Acompanha CD-ROW.  
Sócios: R\$ 40,00 - Não-Sócios: 80,00

**Prática Recomendada IBRACON para Estruturas de Pequeno Porte (Edifícios nível 1)**  
O objetivo da Prática Recomendada IBRACON é a de fornecer subsídios aos escritórios de projetos de estruturas, a fim de que, na rotina em edifícios de pequeno porte (edificações em geral, residências, escolas, etc), possam excluir os pormenores da norma oficial NB-1, de maneira satisfatória.  
Sócios: R\$ 15,00 - Não-Sócios: R\$ 25,00



A Prática Recomendada IBRACON é o resultado do trabalho da Comissão de Estudos da revisão da NB-1 ou NBR 6118. Foram reunidos tópicos relativos ao texto da norma na forma de comentários, que resultaram em complementações e observações diversas que não tem o cunho de obrigatoriedade imposto pelo texto da norma, mas contribuem para seu esclarecimento.  
Sócios: R\$ 40,00 - Não-Sócios: R\$ 80,00



O IBRACON desenvolveu o conjunto de seis cartazes objetivando contribuir para a melhoria da qualidade das estruturas de concreto. As informações neles contidas são práticas e importantes para as rotinas das obras.  
Preço do conjunto - Sócios e Não-Sócios: R\$ 18,00



Visite o nosso site:

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

O Ibracon tem, ainda, publicações técnicas nos seguintes setores:

- Aditivos e Adições (adi)
- Agregados (agr)
- Alvenaria (alv)
- Anais das Reuniões do Ibracon (30ª até 40ª)
- Argamassa (arg)
- Aspectos Históricos (his)
- Assuntos Jurídicos (jur)
- Cálculo Estrutural (est)
- Concreto Armado (cam)
- Concreto Compactado com Rolo (ccr)
- Concreto de Alto Desempenho (cad)
- Concreto em Clima Quente (que)
- Concreto Leve (cle)
- Concreto Massa (cma)
- Concreto Projetado (cpj)
- Concreto Protendido (cpr)
- Controle de Qualidade (cqu)
- Dosagem (dos)
- Durabilidade do Concreto (dur)
- Ensaios e Processos (enp)
- Fôrmas (for)
- Impermeabilização (imp)
- Industrialização das Construções de Concreto (ind)
- Informática Aplicada (inf)
- Inspeção do Concreto (ins)
- Manutenção e Controle de Estruturas (mce)
- Materiais (mat)
- Monitoramento de Estruturas (mon)
- Normalização (nbr)
- Obras Hidráulicas e Marítimas (hid)
- Patologia e Recuperação do Concreto (prc)
- Pavimentos e Pisos (pvm)
- Processos Construtivos (pco)
- Produção do Concreto (pro)
- Retração e Fluência (ref)



**INSTITUTO  
BRASILEIRO DO  
CONCRETO**

Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Prédio 62 - IPT  
Cidade Universitária - CEP: 05508-901  
São Paulo/SP - Brasil  
Telefax: +55 11 3714 2149 e 3765 0099  
Tel.: +55 11 3767 4106 e 3765 0122

automáticamente conservada constante, por que es la misma pasta de cemento, independientemente del monto total del contenido de cemento en el concreto.

### 5 Conclusiones

Las siguientes conclusiones aplican a los siguientes materiales y condiciones probados aquí, teniendo en cuenta que cualquier cambio en el régimen de humedad, por ejemplo, puede conducir a predicciones inválidas si no se han realizado experimentos previos y utilizados sus resultados para construir diagramas apropiados y nuevos.

Como se sabe ampliamente, se confirmó otra vez que a mayor relación a/c mayor velocidad de carbonatación en concretos con el mismo revenimiento.

Bajo estos estudios experimentales, y para los mismos materiales, el contenido de cemento para un revenimiento que va aumentando o con una consistencia que va reduciendo, tiene un efecto despreciable en la profundidad de carbonatación si se mantiene constante la relación a/c. Un comportamiento similar se presenta para la resistencia a compresión por que ella también depende de la porosidad del concreto.

Bajo estas condiciones experimentales, las proporciones de mezcla utilizando un cemento ASTM C 595 Tipo I (SM) tuvieron una fuerte influencia en la velocidad de carbonatación y el diagrama de mezcla mostró ser una herramienta importante y útil para predicciones de durabilidad como la carbonatación. Fijando los mismos materiales, en pequeñas bacheadas para estudios de laboratorio, es posible entonces predecir varias situaciones diferentes con lo cual se obtienen ahorros significativos en costos y tiempo de laboratorio.

Las pruebas aceleradas bajo el arreglo y condiciones de esta investigación no modificaron los mecanismos conocidos de carbonatación. Por lo tanto, pueden utilizarse para evaluar y predecir temas de durabilidad (carbonatación) así como para hacer comparaciones cualitativas entre diferentes familias de concreto, siempre y cuando se hagan nuevos experimentos con diferentes materiales y los resultados de éstos sean utilizados para construir estos diagramas.

Los efectos de los parámetros de mezcla en las propiedades del concreto son fáciles de determinar una vez que se conoce el análisis bajo dos condiciones principales de tecnología del concreto: trabajabilidad constante y relación a/c constante. Usando toda esa información en este diagrama, es posible determinar las proporciones de mezcla que se ajusten a los criterios de comportamiento predefinidos.

En este trabajo se puso especial atención a la relación entre diseños de mezclas y carbonatación. Esta aproximación se puede utilizar también para

otras propiedades como permeabilidad, resistividad, módulo de elasticidad entre otros.

### 6 Reconocimientos

Los autores están en deuda con la Universidade de São Paulo-USP, por haber financiado parcialmente esta investigación. Se extiende un cordial agradecimiento a Fernanda Pereira por su apoyo invaluable en las pruebas de laboratorio. Uno de los autores, P. Castro reconoce a FAPESP por ofrecer los medios para su estancia en Brasil y realizar trabajo científico en la USP, así como al CINVSTAV del IPN por las facilidades para realizar este trabajo. Las opiniones y resultados que se discuten aquí son los de los autores y no necesariamente de los organismos que patrocinan.

BAKER R., Initiation period, in: P. Schiessl (Ed.), Corrosion of steel in concrete, Chapman & Hall, London, UK, 1988.

MORENO E., SAGÜÉS A., Carbonation-induced corrosion on blended cement concrete mix designs for highway structures, CORROSION/98, paper 636, NACE International, Houston, TX, 1998.

CASTRO P., VÉLEVA L., GARCÍA J., Distribution of relative humidity and temperature in concrete exposed to a rural-urban atmosphere (in Spanish), Proceedings of the XII National Congress of the Mexican Society of Electrochemistry, Mexico, 1997

CASTRO P., MORENO E., GENESCÁ J., Influence of marine microclimates on carbonation of reinforced concrete buildings, Cem Concr Res, 2000

VERBECK G., Carbonation of Hydrated Portland Cement, Bulletin 87, PCA, Washington, DC, 1958.

LEVY S., HELENE P., Rehabilitation of reinforced concrete schools in the State of São Paulo, Brazil (in Portuguese), Technical Report, Pini Ed., 2000

MORENO E., CASTRO P., LEAL J., Carbonation-induced corrosion of urban concrete buildings in Yucatan, Mexico, CORROSION/2002, NACE-International, Houston, TX, 2002.

PAPADAKIS V., FARDIS M., VAYENAS C., Effect of composition, environmental factors and cement-lime mortar coating on concrete carbonation, Mater Struct, 25 (1992) 293-304

PAPADAKIS V., VAYENAS C., FARDIS M., Fundamental modeling and experimental investigation of concrete carbonation, ACI Mater J, 1991

MONTEIRO P., HELENE P., KANG S., Designing Concrete Mixtures for Strength, Elastic Modulus and Fracture Energy. Mater Struct, 1993.

ABRAMS D., Design of concrete mixtures, Lewis Institute Bulletin No 1 (Structural Materials Research Laboratory), Chicago, 1918

POWERS T., The Properties of Fresh Concrete, Wiley, New York, 1968

LYSE I., Test on consistence and strength of concrete having constant water content, ASTM Proc. 32 (II), 1932

TANGO C., Concrete mix design (in Portuguese), University of São Paulo, Civil Construction Engineering Department, 1977

HELENE P., TERZIAN P., Concrete control and mix design manual (in Portuguese), São Paulo, PINI, ISBN 85-7266-007-0, 1992.

RILEM CPC 18, Measurement of hardened concrete carbonation depth, Draft RILEM recommendation in Materials and Structures, 17 (1984)

MEHTA K., SCHIESSL P., RAUPACH M., Performance and Durability of Concrete Systems. In: International Congress on the Chemistry of Cement, New Delhi, Nov. 1992 ♦

# CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO – UMA TECNOLOGIA SIMPLES PARA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DURÁVEIS

Por Jefferson Liborio, prof. Dr. Depto. de Engenharia de Estruturas – EESC/USP

O presente trabalho tem por objetivo principal, desmistificar a tecnologia dos concretos de alto desempenho e alta resistência, permitindo que seja facilmente utilizada pelos técnicos ligados às estruturas de concreto no país.

patrimônio construído em estruturas de concreto no país pode chegar à impressionante cifra de 3 trilhões de dólares<sup>1</sup>. Como seguir construindo com durabilidade e economia de recursos financeiros e naturais?

A qualidade de uma construção, para o usuário, poderia ser definida como um sentimento de bem estar, pela beleza do empreendimento, estruturalmente segura e estável, custo compatível, acesso fácil, conforto visual e tátil, enfim, integrada ao próprio ser humano e ao ambiente.

Não se pode dizer que as estruturas de concreto realizadas no passado tenham sido realizadas de modo a não poderem atingir os objetivos para as quais foram projetadas. Igualmente também não se pode afirmar que todas as estruturas então realizadas sejam duráveis e apresentem qualidade assim entendida de forma ampla.

Na realidade, as matérias primas eram diferentes, e as agressividades ambientais eram bem menores. Nos dias de hoje, com o descaso que ocorre no controle da poluição, há que se considerar isso no projeto das construções.

Uma recente publicação feita pelo IPHAN<sup>2</sup> – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, cita que "... nas condições da vida moderna, os monumentos do mundo inteiro se acham cada vez mais ameaçados pelos agentes atmosféricos. Afora as preocupações habituais e as soluções felizes obtidas na conservação da estatuária monumental pelos métodos correntes, não se saberia, dada a complexidade dos casos no estado atual dos conhecimentos, formular regras gerais:"...

Grandes obras de concreto, emblemáticas, como

o Estádio Maracanã, o Cristo Redentor, vários viadutos da cidade de São Paulo, uma grande quantidade de edifícios industriais, estão superando a idade de 50 anos e passam a requerer maior manutenção.

A manutenção dos custos dos cimentos industrializados, associados a disponibilização de equipamentos mais sofisticados, antes destinados a outros setores, o desenvolvimento da física e da química, aplicados à construção civil, foi o fato que propiciou os avanços, um mercado bem atrativo, surgindo os aditivos superplastificantes de alto desempenho, com vistas aos novos, em fase de pesquisa e aprimoramento, que em pouco tempo estarão disponibilizados nos mercados comerciais. Isso não existia há pouco tempo atrás!

Então, a concepção de concretos que possam ser mais duráveis, mais resistentes e que ultrapassem os poucos anos conseguidos numa obra convencional, é uma realidade nos dias de hoje, tornando-o muito fácil de se obter com os recursos disponíveis.

#### A criação de um cimento especial

Hoje em dia é possível construir um cimento com adições, em substituição ao cimento comercial tradicional, transformando-o num material com características específicas para determinado fim.

Na realidade, um aglomerante hidráulico poderá ser constituído, com partes dos seguintes materiais: clínquer (C3S, C2S, C3A, C4AF), gipsita (controlador de pega), escória de alto forno, cinzas volantes, cinzas da casca do arroz, sílica ativa, terras diatomáceas, metacaulinitas, argilas calcinadas, pós de concretos reciclados, cerâmicas moídas, vidros, microfibras e até filer calcário.

Então, inicialmente caberá serem projetadas as características buscadas: alta resistência, durabilidade a algum agente agressivo (cloretos, dióxido de carbono, sulfatos, partículas abrasivas, fungos), melhoria da zona de interface (ligação concreto novo x concreto velho, reparos, continuidade de concretagens), calor de hidratação, resistência ao impacto, resistência à tração, permeabilidade, porosidade, resistividade, tenacidade, baixo módulo de elasticidade e outras.

Embora possa parecer que haverá grandes estudos para cada caso, na realidade, há composições de materiais que produzem concretos especiais (ainda hoje assim designado e que num futuro próximo deixará de ser) de alta resistência e duráveis, portanto de alto desempenho frente à maioria dos meios ambientes.

#### Agregados

As massas unitárias das areias geralmente variam entre 1520 kg/m<sup>3</sup> e 1680 kg/m<sup>3</sup>. Os agregados leves têm massa unitária menor que 1120 kg/m<sup>3</sup>, enquanto os agregados pesados poderão apresentar massa unitária até 4200 kg/m<sup>3</sup>.

Os agregados, tal qual outros materiais, devem ser analisados quanto a conter agentes agressivos e deletérios.

Também, há que se considerar a textura dos agregados, que deve ser levada em conta quando se executa um concreto.

A textura pode influenciar na aderência dos materiais, pela própria ocorrência de uma zona de interface debilitada, isto é, com características de baixa adesividade. Observa-se em um concreto com 23MPa que, embora tenha sido atendida a resistência mecânica, a aderência fica muito prejudicada, com os agregados desprendendo-se integralmente da argamassa e da pasta.

Ao invés dos agregados se tornarem um obstáculo para a penetração de agentes agressivos, os seus contornos, pela sua porosidade, serão caminhos mais fáceis para que os gases e sais agressivos atinjam a armadura.

A melhoria da zona de interface poderá ser melhorada pelo simples tratamento superficial do agregado ou de superfícies em geral. Essa hipótese também é válida quando se quer juntar duas peças, como um revestimento cerâmico ou um chapisco, ou argamassa, em substratos de pouca aderência<sup>1</sup>.

No caso dos agregados, o processo poderá ser realizado pela dopagem do agregado, que consiste em lavar o agregado, após sua pré-secagem, com uma solução de baixa relação água/cimento, ou com uma solução com sílica ativa, por exemplo, para depois utilizar o material dopado na fabricação do concreto, melhorando sua aderência e/ou armando-o. Como em algumas situações não se poderá se dar ao luxo de escolher um bom agregado, é possível melhorá-lo.

#### Aditivos

Os aditivos superplastificantes atuam como redutores de água, ocasionando um aumento de resistência mecânica e durabilidade, atuam como plastificante, melhorando a trabalhabilidade (lançamento, adensamento e acabamento) para um mesmo consumo de água e reduzindo a segregação. Atuam ainda como redutores do consumo de cimento, gerando redução dos custos, da retração e das tensões térmicas.

Segundo Metha & Monteiro (1994) os aditivos superplastificantes também conhecidos como redutores de água são capazes de reduzir o conteúdo de água de três a quatro vezes em relação aos aditivos plastificantes sem que haja

<sup>1</sup> Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland

<sup>2</sup> <http://www.iphan.gov.br/legislac/cartazpatrimoniais/atenas-31.htm>

retardamento no tempo de pega.

Foi no final dos anos 60 que os superplastificantes foram usados pela primeira vez no concreto, com a introdução ocorrendo quase simultaneamente no Japão e na Alemanha. Esse uso iniciou-se tarde, pois a utilização de redutores de água baseados em policondensados de naftaleno foi realizada já em 1938 (Aitcin, 2000).

Atualmente encontram-se disponíveis aditivos lignosulfonados, condensado formaldeídico do ácido naftalenosulfônico (NSF), condensado formaldeídico de melanina sulfonada (MSF), éster policarboxílicos e outros.

Na década de 70 os superfluidificantes eram quase que exclusivamente compostos por melanina sulfonada e naftaleno sulfonado condensado com formaldeído, considerados como aditivos de primeira geração. Entretanto, nos concretos em que foram utilizados esses aditivos, surgiram problemas relativos à exudação e à segregação, com acentuada perda de trabalhabilidade com o tempo. Elaboraram-se novos produtos com o objetivo de suplantar essas deficiências, obtendo-se os chamados aditivos de segunda geração, que correspondiam a misturas de lignosulfonados modificados e de aditivos de primeira geração, conforme relata Alves (1994). Recentemente foram lançados no mercado aditivos de terceira geração, a base de policarboxilatos.

O efeito do aditivo superplastificante é diretamente sobre as partículas de cimento, caracterizado pela ação defloculante ou dispersante. As partículas de cimento Portland têm uma tendência para flocular quando misturado com a água. Essa tendência é resultado de forças eletrostáticas e forças de Van der Waals entre partículas, que induzem à formação de uma rede aberta de canais entre as partículas, onde pode aprisionar parte da água, ficando indisponível para hidratação da superfície das partículas e para fluidificação da mesma (Legrand & Wirquin, 1992 *apud* Silva, 2000). Os aditivos atuam no sentido de carregar as partículas de cimento equidirecionalmente causando conseqüentemente a sua repulsão.

A escolha do superplastificante é importante quando se faz concreto de alto desempenho, pois nem todos os tipos e marcas reagem da mesma forma com um determinado cimento. Deve-se estudar a compatibilidade entre uma determinada marca de superplastificante diretamente através das características reológicas de uma pasta ou concreto, em relação ao cimento e superplastificante.

#### Projeto do concreto

Não existe um procedimento único para mistura dos materiais. No entanto, é bom que se saiba que, dependendo dos materiais que irão constituir um

concreto, há uma condição ideal de procedimento de mistura para se alcançar a maior eficiência em homogeneidade, consistência e trabalhabilidade da mistura, permitindo-se que se alcancem facilmente todas as hipóteses que foram pré-estabelecidas para o concreto armado, além da satisfação de uma expectativa idealizada.

Num primeiro instante, poderia ser escolhido qual o melhor aditivo para ser utilizado com determinado tipo de cimento. É óbvio que a metodologia que se pretende mostrar não resolve todas as questões do ponto de vista científico, mas é muito prático e efetivo e tem sido experimentado por esse autor, em obras e nas pesquisas, desde 1988, e os resultados têm sido muito bons! De outra maneira, é fácil, e pode ser utilizado em obra.

O procedimento foi descrito por Bucher (1988), como sendo ensaio de Kantro, que consiste em avaliar a eficiência de teores diversos de aditivo, na plastificação de uma pasta de cimento portland, ou cimento com adição ou adições diversas. A determinação do teor de agregados é feita mediante misturas, com teores de argamassa diversos, até que se encontre o teor ideal, para que se possa obter concretos.

#### Mistura de materiais para produção de concretos

Além do estudo dos materiais isoladamente, para qualquer tipo de concreto, a ordem de sua colocação em um misturador deve ser uma tarefa estudada.

Pode-se dizer que não existe uma melhor forma e sim situações que deverão ser estudadas para cada caso.

De um modo geral, sempre que possível, quando utilizada sílica ativa, convém que seja misturada inicialmente com água e brita, afim de melhor dispersar os flocos de sílica. Na medida em que a sílica vai se tornando cada vez mais fina, ocorre a formação de minúsculos flocos que devem ser defloculados o máximo possível. Uma defloculação total, nem sempre é possível, pelos processos usuais de produção de concreto.

De outra forma, a distância medida entre o local a ser lançado um concreto e o local onde ele é misturado, é o tempo. Dessa forma, algumas vezes, convém que seja feita uma calda com a sílica e, parte da água de amassamento que é adicionada ao concreto, *ao pé da obra*, instantes antes do lançamento.

Ainda assim, é importante ser observada qual a melhor forma de misturar outros ingredientes. Na tabela 1, é evidenciada essa ocorrência.

<sup>3</sup>SILVA, V.S. & LIBORIO, J.B.L. (Orientador)  
"Aderência de chapiscos em concretos estruturais  
- melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da sílica da casca de arroz"  
- Interinidades em Ciência e Engenharia de Materiais  
- EESC, IFSC, IQSC  
- USP. Tese de Doutorado. São Carlos, 2004.

**TABELA 1: VARIAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE MISTURA E OS CORRESPONDENTES TEMPOS DE ESCOAMENTO MEDIDOS NO CONE DE MARSH, PARA PASTAS CONTENDO SÍLICA ATIVA\***

Seq.	Passo	Procedimento de mistura			Tempo de medida (min)	Tempo de escoamento (s)	
		Material incorporado	T <sub>mesura</sub> (s)	T <sub>repouso</sub> (s)			Vel. de mistura
1	1	CP, SP e água (a/c= 0,36) 1/2	---	60	baixa	10	59,25
	2	SFS	60	60	baixa	30	68,29
	3	1/2 água restante	60	30	baixa	40	74,23
2	1	CP, 1/2 SP e água (a/c= 0,36)	---	150	alta	60	90,80
	2	SFS	---	60	baixa	10	43,27
	3	1/2 água restante	60	60	baixa	30	55,70
3	1	CP e água (a/c= 0,36)	---	150	alta	60	80,53
	2	SFS	---	60	baixa	40	60,41
	3	SP e água restante	60	30	baixa	60	80,41
4	1	CP e SFS	---	150	alta	60	107,32
	2	Água (a/c= 0,36)	---	30	baixa	10	40,26
	3	SP e água restante	60	60	baixa	30	68,55
							79,19
							106,53

\*CASTRO, Alessandra, L. & Liborio, Jefferson B. L. "Reologia de pastas e argamassas no estado fresco - um avanço na produção de concreto de alto desempenho" In XXXI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, 17-21/05/2004. Mendoza-AR, CD-ROM E-2-3 0403131853-578785.

Na Tabela 1, são apresentadas quatro misturas, identificadas como "Seqüências", de 1 a 4. Nela estão identificados 3 passos de mistura, como p. ex., da seqüência 1, que significa que os materiais: Cimento Portland, o superplastificante e metade da água (de uma quantidade total de uma relação a/c = 0,36), que são misturados num misturador de pasta, de 6 litros, durante 60 s, em velocidade baixa, deixando-se em repouso por 60 s, após o que se adiciona a sílica ativa (SFS), e se mistura por mais 60 s, em velocidade baixa, deixa-se a seguir por 60 s em repouso, após o que se adiciona o restante da água e se mistura por 30 s em velocidade baixa e a seguir por 150 s em velocidade alta. Em seguida o material é levado ao cone de Marsh, e são realizadas medidas nos

tempos de 10 min, 30 min, 40 min e 60 min. Cada um desses tempos é então anotado, para o escoamento de um determinado volume. Deve ser notado que há diferenças enormes em eficiência, considerando-se um hipotético tempo de lançamento do concreto e forma de mistura de

Recuperação



- Tratamento de Solos
- Fibra de Carbono
- Fibra de Vidro
- Fibra de Kevlar
- Cristalizantes
- Elastômeros
- Hidroexpansivos e Géis
- Epóxis Subaquáticos
- Epóxis Resistentes à Químicos
- Proteção Catódica
- Sistemas de Monitoramento
- Reatividade Alcali Agregado
- Hidrofugantes Inibidores
- Equipamentos para Laboratórios
- Bomba Venda e Aluguel
- Microscopia
- Suporte Técnico
- Estamos com Você

## SOLUÇÕES para

- Recuperação Estrutural
- Reforço Estrutural
- Impermeabilização por Injeção
- Corrosão
- Pisos Epóxicos
- Secagem de lodo industrial
- Barragens - de Concreto
- - de Enrocamento
- - de Terra
- Pisos de Concreto
- Consolidação de Solo
- Patologias de Tintas
- Amizades Duradouras



Materiais Inteligentes  
Consultoria Global

www.rogertec.com.br  
rogertec@infolink.com.br  
tel.: (21) 2494-4099 / 2493-6740  
fax: (21) 2493-5553

materiais.

Então, a melhor sinergia entre os materiais deverá sempre ser buscada para uma maior eficiência da composição.

### Cura dos concretos

Conforme modelo desenvolvido por SCRIVINER (1988), a perda de água pode ocasionar sérios prejuízos em nível de microestrutura do material, com hidratação parcial do cimento e isso poderia determinar um comportamento como que se a mistura tivesse uma quantidade menor de material aglomerante e ainda assim contivesse uma grande quantidade de poros e canaliculos interligados.

A cura, desde longa data, é algo tão importante, quanto o próprio projeto da estrutura. Até onde se tem conhecimento, na maioria dos cursos de Engenharia Civil, se tem mostrado a importância dessa atividade.

No entanto, na maioria das vezes, pouca importância é dada a essa atividade durante a fase da construção. A questão é tão mal conduzida e concebida no projeto e na obra que parece que os engenheiros nunca deram importância para tal questão, desmerecendo portanto as atribuições que lhe são conferidas para a prática da construção civil. A deterioração precoce das estruturas está muito fortemente relacionada com a ausência de cura e a alta relação água/aglomerante, que provoca uma conexão com capilares abertos, atingindo a armadura de reforço.

Os Engenheiros mais antigos eram mais dignos das atribuições que lhe eram confiadas. Cita-se aqui, que esse autor tem conhecimento de que, em 1960, Martinelli<sup>5</sup> já realizava argamassas estruturais, com relação água/cimento de 0,37, com  $f_{c28} > 50$  MPa, com cura de alta qualidade, e que, 25 anos depois, as armaduras dos elementos estruturais estavam íntegras, e tinham apenas 10mm de efetivo cobrimento.

MARTINELLI (1990) produziu um material que basta que fosse hidratado em torno de 60% do cimento, haveria a desconexão de poros e, assim, o material produzido já seria de alto desempenho. Se aquele material contivesse 10% de sílica ativa, e houvesse a hidratação de cerca de 42% do cimento, essa desconexão também ocorreria.

### A durabilidade dos concretos

A durabilidade de um concreto está associada às solicitações e ações para o qual foi dimensionado. Assim sempre que se produz um concreto a resistência mecânica é apenas um dos fatores a ser projetado.

Os concretos com adição de sílica ativa são resistentes à ação de cloretos.

Por exemplo, para concretos com relação a/agl = 0,35, com adições de 0%, 5% e 10% de sílica ativa (da produção de silício metálico e a extraída da casca do arroz), consistência de 230mm ± 10 mm, com consumos de cimento de 468, 491 e 512 kg por metro cúbico de concreto, obtiveram-se concretos as resistências à ação do cloreto conforme figura 1.

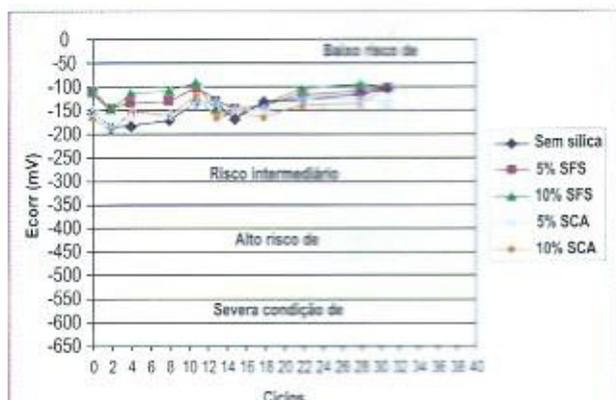
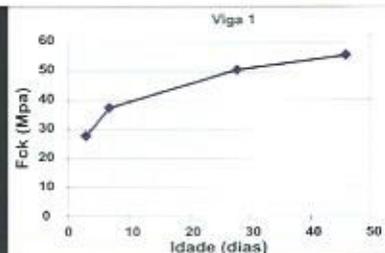


FIGURA 1: CONCRETOS ENSAIADOS À AÇÃO DE CLORETOS - FONTE: SILVA & LIBÓRIO (2004)<sup>6</sup>

Outra questão importante, refere-se à ação da carbonatação sobre os concretos. Realizou-se um ensaio de carbonatação (câmara com concentração de 80% de  $CO_2$ ) em viga armada na máxima condição de subarmadura, carregada nos terços, que foi ensaiada sob tensão, em câmara de carbonatação, com umidade relativa (UR) controlada, em torno de 63%. O carregamento foi realizado com uma protensão externa, de modo a manter constante o carregamento sobre a viga, a fim de poder ser introduzida na câmara de carbonatação. O concreto foi confeccionado com as seguintes características: CP II E 32, traço 1:5, a/c = 0,47, consistência (ensaio de tronco de cone) = 100mm, C = 383 kg/m<sup>3</sup>, brita composta por pedras com  $D_{max} < 12,5$ mm (30%) e 19mm (70%). O desenvolvimento da resistência à compressão se deu conforme gráfico da figura 2.

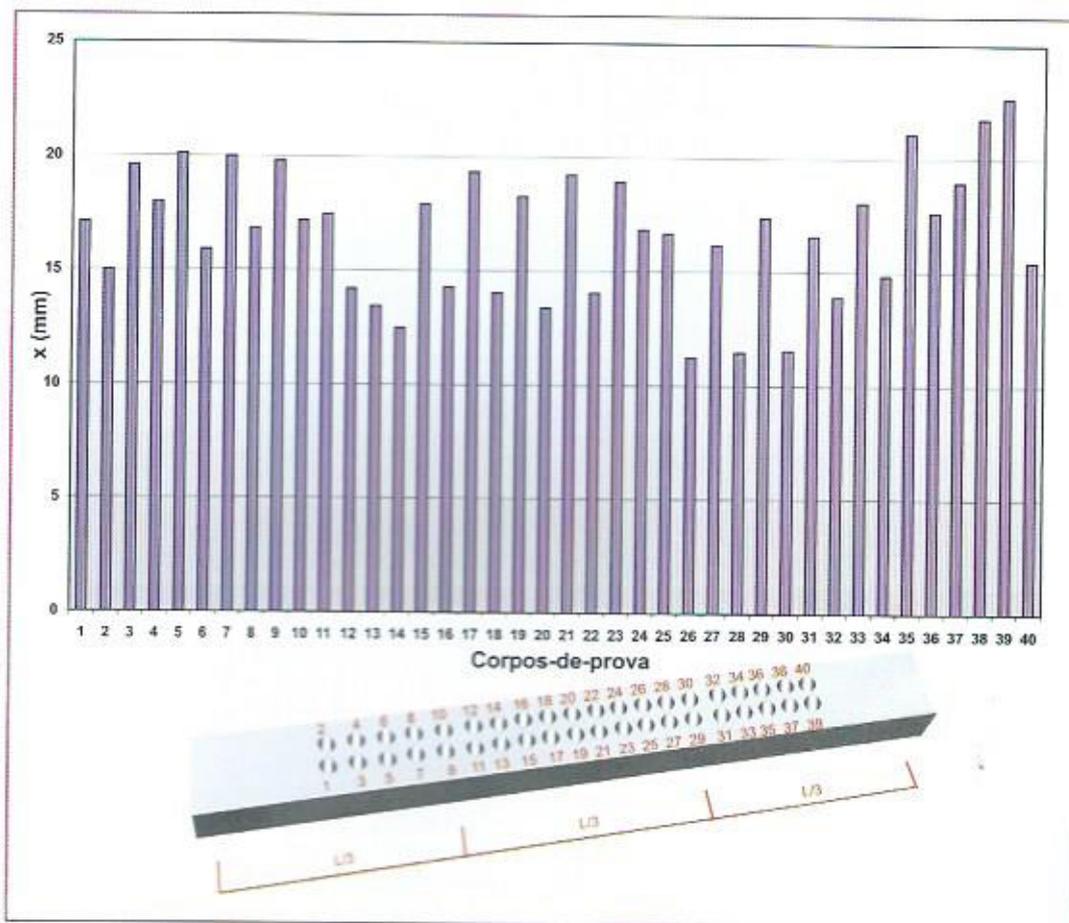
FIGURA 2: RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA EM CONCRETO UTILIZADO NO ENSAIO DE CARBONATAÇÃO EM VIGA SOB TENSÃO



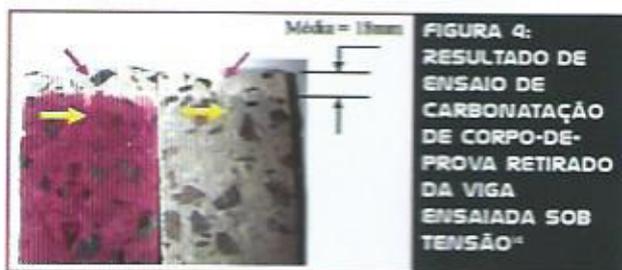
<sup>5</sup> MARTINELLI, Dante A. O.  
- Introdutor da tecnologia da Argamassa Armada no Brasil  
- USP  
- Escola de Engenharia de São Carlos  
- 1960.

<sup>6</sup> SILVA, Fernanda G. & LIBÓRIO, Jefferson B.L.  
"O emprego do potencial de corrosão como método de monitoramento da corrosão em estruturas de concreto armado"  
In XXXI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, 17-21/05/2004, Mendoza-AR, CD-ROM E-2-3 0403131853-578785.

Os resultados são apresentados nas Figuras 3 e 4.



**FIGURA 3:**  
PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO VERIFICADA EM VIGA SOB TENSÃO EM ENSAIO DE CARBONATAÇÃO ACELERADA



**FIGURA 4:**  
RESULTADO DE ENSAIO DE CARBONATAÇÃO DE CORPO-DE-PROVA RETIRADO DA VIGA ENSAIADA SOB TENSÃO

Os resultados indicam que um concreto elaborado como tratado nesse trabalho, mesmo que sem sílica ativa, que a profundidade à carbonatação não foi muito intensa, tendo em vista que se trata de um ensaio acelerado. Esse bom resultado se deveu a uma boa compactidade do concreto, uma baixa relação água/cimento e a um bom planejamento na concretagem.

A única problemática que existe refere-se às posições onde ocorrem as fissuras. Essas fissuras alcançam a armadura e, a simples adoção de um baixo cobrimento, e resistência para o material não são suficientes para conter a frente de carbonatação. Essa frente, conforme figura 9, atinge a armadura, despassivando-a em pontos,

criando condições para uma possível ação de outros agentes agressivos.

Assim, parece não ser suficiente a simples associação da sílica. Para tornar esse concreto de alto desempenho, deveria haver uma colmatação das fissuras, impedindo assim a ocorrência do favorecimento da corrosão por outras razões.

#### Concretos de Alta Resistência e Alto Desempenho

A resistência mecânica desses concretos, assim elaborados, é elevada. É possível construir-se concretos com mais de 200MPa, na idade de três dias e, 145MPa, com idade de 01 dia.

Alguns resultados de grande consistência no desenvolvimento dos concretos de alto desempenho, foram conseguidos por MELO, Aluisio, B. (1996, 2000)<sup>7</sup>, SILVA, Isac J. (2000)<sup>8</sup>, COSTENARO, Fernanda L. (2002)<sup>9</sup> além dos já citados aqui.

Só para exemplificar, apresentam-se algumas dosagens avaliadas, conforme tabelas 2 e 3, para

concretos com agregados com  $D_{max} < 9,8\text{mm}$  e traço em massa 1:2,1:1,4 e consistência de 220mm  $\pm$  10mm, medida na mesa de consistência.

**TABELA 2: DOSAGENS DE CONCRETO COM BRITA 0, EXECUTADOS SOB CURA: EM CÂMARA ÚMIDA E TÉRMICA (VAPOR) SOB PRESSÃO ATMOSFÉRICA**

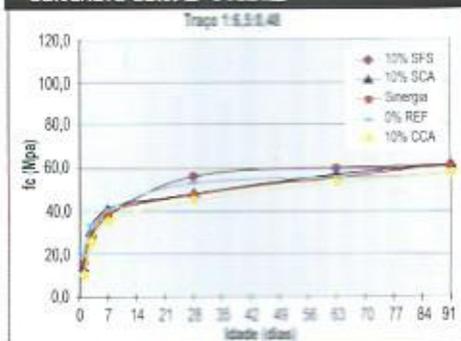
amostras	Cimento Portland	a/c	Teores			
			SP	Escória	Silica ativa	Cimento
		kg/kg	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Controle C	CP V ARI Plus	0,45	0	0	0	480 (100%)
	D	0,45 <sup>8</sup>	4,8 (1%)	0	0	480 (100%)
Estudo 1 E1	CP V ARI Plus	0,45 <sup>8</sup>	4,8 (1%)	0	48 (10%)	480 (90%)
Estudo 2 E2	CP V ARI RS	0,45 <sup>8</sup>	4,8 (1%)	144 (30%)	48 (10%)	336 (70%)
	F	0,45	0	144 (30%)	0	336 (70%)
	G	0,45 <sup>8</sup>	4,8 (1%)	144 (30%)	0	336 (70%)

**TABELA 3 - RESULTADO DE CONCRETOS OBTIDOS, COM AGREGADOS COM  $D_{max} < 9,8\text{MM}$ , EM DIVERSAS IDADES, MEDIANTE CURA EM CÂMARA ÚMIDA (NORMAL) E CURA ACELERADA (VAPOR) SOB PRESSÃO ATMOSFÉRICA**

Composição da pasta endurecida do concreto	Idades					
	0h (MPa)	15h (MPa)	1dia (MPa)	7dias (MPa)	28dias (MPa)	91dias (MPa)
CONTROLE			26,1	52,2	61,1	73,8
Clinque + gipsita + filer calcário	13,4		27,0	44,7	54,6	65,8
CP V ARI Plus		35,5	42,7	54,2	66,5	
ESTUDO 1			33,8	57,5	67,7	76,7
Clinque + gipsita + filer calcário + superplastificante (1%) + silica ativa (10%)	16,8		35,5	53,9	65,6	74,4
CP V ARI Plus		50,5	54,8	58,1	66,2	
ESTUDO 2			23,9	56,5	71,9	75,7
Clinque + gipsita + filer calcário + superplastificante (1%) + silica ativa (10%) + escória (30%)	19,2		29,5	52,7	67,1	69,5
CP V ARI RS		46,6	49,8	54,6	60,3	

Na figura 5, apresentam-se os resultados obtidos por COSTENARO, Fernanda & LIBORIO, Jefferson (2002), com o traço com cimento CP V ARI RS, com 310kg/m<sup>3</sup>, e relação água/aglomerante de 0,48 kg/kg.

**FIGURA 5 - RESULTADOS OBTIDOS COM CONCRETO COM CP V ARI RS**



Na Figura, os símbolos SFS = sílicas oriundas da fabricação de ligas de Fe-Si ou silício metálico, SCA = sílica extraída da casca do arroz, CCA = cinza da casca do arroz, SINERGIA = 5% de SCA + 5% de CCA, e REF = referência, sem adição de sílica. Todas essas adições foram utilizadas em substituição volumétrica ao cimento Portland.

Na Tabela 4, são apresentados alguns valores do módulo de elasticidade atingido, por exemplo, nos estudos de SILVA (2000).

Na tabela 5 é apresentado os resultados das resistências à tração em flexão, para diversas idades.

**TABELA 4: MÓDULO DE ELASTICIDADE**

Traço - concreto CP II E 32	E (GPa)	Traço - concreto CP V ARI Plus	E (GPa)	Traço - concreto CP V ARI RS	E (GPa)
1:3,2 sem SA	49,8	1:3,2 sem SA	49,1	1:3,2 sem SA	48,6
1:3,2 com SA	51,8	1:3,2 com SA	54,2	1:3,2 com SA	52,3
1:4,64 sem SA	37,4	1:4,64 sem SA	41,1	1:4,64 sem SA	40,3
1:4,64 com SA	44,3	1:4,64 com SA	46,3	1:4,64 com SA	44,5
1:6,5 sem SA	26,6	1:6,5 sem SA	27,5	1:6,5 sem SA	29,3
1:6,5 com SA	29,5	1:6,5 com SA	32,1	1:6,5 com SA	33,0

**TABELA 5 - RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO - CP V ARI RS**

Idade (dias)	Resistência à tração na flexão ( $f_{tr}$ ) - concretos - (CP V ARI RS) em MPa					
	Traço 1:2,75:3,75:0,5		Traço 1:1,82:2,82:0,4		Traço 1:1,2:2,0:0,3	
	1:6,5 com SA	1:6,5 sem SA	1:4,64 com SA	1:4,64 sem SA	1:3,2 com SA	1:3,2 sem SA
7	5	5,2	7,5	5,9	7,3	7,2
14	5,9	5,7	8,6	6,8	8,9	7,8
28	6,9	6	9,1	8,1	9,5	9,2
63	8,3	6,9	10,8	9,8	12,4	11,4

<sup>7</sup> Leia mais MELO, Aluisio B. de

- "Estudo da cura térmica (vapor) sob pressão atmosférica na produção de elementos pré-moldados" Área: Tecnologia do Ambiente Construído. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Escola de Engenharia de São Carlos, USP (Dissertação de Mestrado) 1996, São Carlos. 223p.

- "Influência da cura térmica (vapor) sob pressão atmosférica no desenvolvimento da microestrutura dos concretos de cimento Portland". Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. 271p.

<sup>8</sup> Leia mais SILVA, Isac J. "Contribuição ao estudo dos concretos de elevado desempenho: propriedades mecânicas, durabilidade e microestrutura

". Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. 279p.

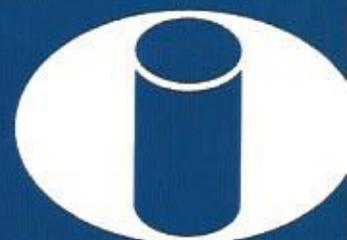
<sup>9</sup> Leia mais COSTENARO, Fernanda L.

"Desenvolvimento de concretos com adições de cinza e sílica da casca de arroz". (Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. 165p

## Comitês Técnicos do IBRACON

**Diretrizes gerais:** Cada Comitê Técnico será dirigido por um Coordenador nomeado pelo Presidente, dentre os sócios titulares quites com o Instituto, com a aprovação da Diretoria.

Os mandatos do Coordenador e dos membros dos Comitês Técnicos terminam com o mandato do Diretor Presidente, podendo ser reconduzidos. Poderão ser membros dos Comitês Técnicos profissionais indicados pelo Coordenador do respectivo Comitê, ou aqueles que apresentarem, por escrito, sua intenção de participação, desde que sócios quites com o Instituto. O Coordenador de Comitê Técnico deve ser sócio individual titular do Instituto por pelo menos 4 anos na data do início de mandato. As conclusões dos estudos ou os pareceres emitidos pelos membros de qualquer um dos Comitês Técnicos, somente representarão a opinião do Instituto se tiverem a aprovação da Diretoria do IBRACON



# IBRACON

### Artefatos de Concreto e Argamassa

Coordenador: Rubens Curti

### Atividades Estudantis

#### Concrebol

Coordenador: Robson Lopes

#### Certificação de Mão de Obra

Coordenador: Francisco Gonçalves e Sousa

#### Sub-Comitês

Mangoteiro para Concreto Projetado

Recepcionista de Concreto Usinado

Vibradorista de Concreto

#### Projeto e Execução de Concreto

Coordenador: Francisco Rodrigues Andriolo

#### Sub-Comitês

Projeto e Execução de Concreto Auto Adensável

Coordenador: Eliron Maia Souto Júnior

Projeto e Execução de Concreto Compactado com Rolo

Coordenador: Francisco Rodrigues Andriolo

Projeto e Execução de Concreto de Alto Desempenho

Coordenadora: Denise Carpena Coitinho Dal Molin

Coordenador: Walton Pacelli de Andrade

Projeto e Execução de Concreto Projetado

Coordenador: Antônio Domingues de Figueiredo

#### Durabilidade do Concreto e Argamassa

Coordenador: Geraldo Chechella Isaia

#### Sub-Comitês

Avaliação Física-Mecânica das Estruturas de Concreto

(Abrasão, erosão e cavitação)

Coordenador: Waldomiro de Almeida Jr.

Avaliação a Ataques Químicos as Estruturas de Concreto

(Reação álcali-agregado, ataque por sulfato, ataque por águas puras, etc.)

Coordenadora: Nicole Pagan Hasparyk

#### Proteção de Metais Embutidos no Concreto

Coordenador: Osvaldo Mattos Cascudo

#### Estruturas de Concreto

Coordenador: José Zamarion Ferreira Diniz

#### Execução de Obras de Concreto

Coordenador: Jorge Batlouni Neto

Execução de Alvenaria Estrutural

Coordenador: Fernando Henrique Sabattini

#### Execução de Estruturas Pré-Moldadas

Coordenador: Paulo Eduardo Campos

Preparo, Controle e Produção do Concreto

Coordenador: Cláudio Sbrighi Neto

Projetos de Estruturas de Concreto

Coordenador: José Zamarion Ferreira Diniz

Segurança de Estruturas de Concreto

Coordenador: Fernando Rebouças Stucchi

Materiais para Concreto e Argamassa

Coordenador: Vladimir Antônio Paulon

#### Sub-Comitês

##### Aços

Coordenador: Luiz Rodolfo Araújo de Moraes Rêgo

##### Adições Minerais e Pozolânicas

Coordenador: Guilherme Gallo Neves Rocha

##### Aditivos

Coordenador: Carlos Eduardo de Siqueira Tango

##### Aglomerantes

Coordenador: Arnaldo Fortes Battagin

##### Água

Coordenador: Valdecir Angelo Quarcione

##### Meio Ambiente

Coordenador: Salomon Mony Levy

Pesquisa e Desenvolvimento

Coordenador: João Bento de Hanai

##### Pisos e Pavimentos de Concreto

Coordenador: Marcio Rocha Pitta

#### Sub-Comitês

##### Pavimentos de Concreto

Coordenador: José Tadeu Balbo

##### Propriedades do Concreto e Argamassa

Coordenador: Humberto Rodrigues Gama

#### Sub-Comitês

Avaliação da Permeabilidade do Concreto

Coordenador: José Pedro Kirilos

Deformação Lenta, Fluência e Relaxação

Coordenador: Selmo Chapira Kupperman

Dosagem de Concreto

Coordenador: Flávio Moreira Salles

Ensaio Não Destrutivos no Concreto

Coordenador: Ênio José Pazini Figueiredo

Argamassa Colante

Coordenador: Alexandre Baumgart

Argamassa de Assentamento e Revestimento

Coordenadora: Helena Carasek

##### Propriedades Físicas, Elásticas e Mecânicas do Concreto e Argamassa

Coordenador: Carlos de Oliveira Campos

Propriedades Térmicas do Concreto

Coordenador: Moacir Alexandre de Souza Andrade

Na tabela 6 é apresentada as resistências químicas dos concretos constituídos com os cimentos CP V ARI RS, CP V ARI Plus e CP II E 32, para diversos tipos de soluções.

**TABELA 6 - RESISTÊNCIA QUÍMICA DOS CONCRETOS - SOLUÇÃO DE ÁCIDO SULFÚRICO - PH INICIAL = 0,9 E NA IDADE DE 14 DIAS = 1,5**

Perda de massa (%) / tempo de imersão (dias) - CP V ARI Plus							
Solução	Tempo de imersão	Traço 1:1,2:2,0:0,3		Traço 1:1,82:2,82:0,4		Traço 1:2,75:3,75:0,5	
		1:3,2 com SA	1:3,2 sem SA	1:4,64 com SA	1:4,64 sem SA	1:6,5 com SA	1:6,5 sem SA
Ácido sulfúrico 10% em volume	1	1,2	2,3	1,2	3,1	2,2	3,1
	3	3,8	5,3	3,6	6,5	4,3	6,4
	7	7,1	9,5	7,3	10,7	9,5	12,6
	14	10,4	12,5	11,2	13,7	14,1	18,3
	28	13,9	16,2	16,2	19,8	19,9	24,8

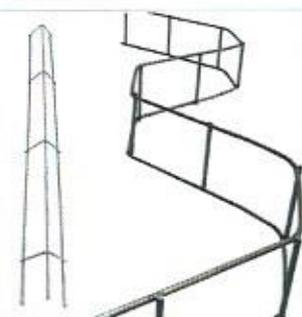
Perda de massa (%) / tempo de imersão (dias) - CP II E 32							
Solução	Tempo de imersão	Traço 1:1,2:2,0:0,3		Traço 1:1,82:2,82:0,4		Traço 1:2,75:3,75:0,5	
		1:3,2 com SA	1:3,2 sem SA	1:4,64 com SA	1:4,64 sem SA	1:6,5 com SA	1:6,5 sem SA
Ácido sulfúrico 10% em volume	1	1,7	2,9	1,4	3,6	2,4	4
	3	3,9	5,8	5,6	6,6	6,1	7,6
	7	7,5	8,6	7,6	9,4	8,9	10,5
	14	9,9	13	10,6	13,6	12,9	15,6
	28	12,8	16,1	13,9	17,9	17,3	23,4

Perda de massa (%) / tempo de imersão (dias) - CP V ARI RS							
Solução	Tempo de imersão	Traço 1:1,2:2,0:0,3		Traço 1:1,82:2,82:0,4		Traço 1:2,75:3,75:0,5	
		1:3,2 com SA	1:3,2 sem SA	1:4,64 com SA	1:4,64 sem SA	1:6,5 com SA	1:6,5 sem SA
Ácido sulfúrico 10% em volume	1	2	1,8	2,8	2,2	3,5	3,1
	3	3,5	4,5	3,8	5,8	5,5	7,3
	7	5,6	8,4	8,3	9,3	9,5	11,5
	14	8,9	11,9	11,7	14,5	14,6	16,8
	28	14,3	16,8	16,4	19,1	17,1	22,1

## SOLUÇÕES PARA PISOS DE CONCRETO

Barras de Transferência, Lubrificadas e Encapadas, prontas para uso. Redondas, Quadradas e Quadradas com EPS.



Apoio para Barra de Transferência e Distanciador Metálico Linear para posicionamento de segunda armadura.

Linha completa de Distanciadores Plásticos para cobertura de concreto, Acessórios de Protensão, Cantoneiras Plásticas e Conjunto Nivelador para Pisos Elevados Externos.



Rua das Camélias, 14  
Mauá - SP - 09370-990  
Caixa Postal 510  
www.coplas.com.br  
(11) 4543-6126  
coplas@coplas.com.br



Nas análises realizadas com solução de Na(OH), a 20%, para todos os cimentos estudados, a deterioração foi desprezível. Ainda assim vale registrar que se observou um ganho de massa para todos os traços, estabilizando-se aos 28 dias de idade, exceto para os traços 1:3,2, com SA.

Observou-se um aumento de massa de 1,5%, 2,1% e 3,2%, respectivamente para os traços sem sílica ativa 1:3,2; 1:4,6 e 1:6,5 em relação à massa inicial de ensaio. Observou-se um aumento de massa de 0,4%, 0,8% e 1,9%, respectivamente para os traços com sílica ativa 1:3,2, 1:4,6 e 1:6,5.

#### Aplicações na área de segurança

Têm sido produzidos concretos, com resistência mecânica, na tração na flexão, de até 25MPa, com muita facilidade, que, mesmo que ainda rompidos, com uma trinca de 15mm, ainda resistem a 15 MPa na resistência à tração.

Esses concretos, moldados com alto grau de cientificismo, permitem que, com uma espessura de 43mm, resistam a impactos de balas de fuzil, calibre 7.62mm (arma de altíssimo poder de fogo), num alvo de 150mm de diâmetro. Quanto aos

projéteis de metralhadoras convencionais e revólveres, esse concreto é extremamente resistente.

Resistem à perfuração de brocas de vídea, destruindo-a numa profundidade de 5mm a 10mm, tornando assim o material impenetrável. Esse concreto já vem sendo utilizado na construção de caixas-fortes de bancos.

#### Conclusões

O uso do concreto de alto desempenho, conforme mencionado pelo Eng. Amaral Filho, não é uma boa idéia, é "a" idéia.

A boa prática na execução de uma estrutura de concreto é o seguro mais barato ao alcance de todos.

A Tecnologia dos Concretos é simples e deve ser ensinada de modo simples, e praticada intensamente, antes de se deixar a bancada e partir para a prancheta!

## Elkem Materials - Excelência, Inovação e Qualidade



### Microsilica<sup>®</sup> Elkem sinônimo de concreto de alto desempenho

A Elkem Materials é o maior produtor mundial de Microsilica<sup>®</sup> e somos líderes no desenvolvimento e implementação da tecnologia do uso de Microsilica<sup>®</sup> mundialmente.

A Elkem Materials oferece solução total ao seu cliente. Isto inclui orientação e suporte técnico na utilização de Microsilica<sup>®</sup> em concretos e argamassas para as mais variadas aplicações.

Os mais de 50 anos de pesquisa do uso de Microsilica<sup>®</sup> feito pela Elkem Materials fazem com que a Microsilica<sup>®</sup> seja um componente fundamental nas seguintes propriedades do concreto:

- Aumento de resistências mecânicas
- Redução da permeabilidade
- Maior durabilidade
- Maior resistência a cloretos e sulfatos
- Melhor trabalhabilidade
- Menor segregação

Fale conosco:  
Elkem Materials South America Ltda.  
Tel./Fax: (11) 4056-7900  
www.microsilica.com.br

 **Elkem Materials**  
**South America**

# por que anunciar?

As revistas são 40% mais eficientes do que a televisão e 60% mais eficientes do que o rádio, pois:

- Quanto mais tempo de exposição do anúncio, maior o impacto sobre as vendas;
- Aumentando o investimento nas revistas aumenta-se a eficiência das ações promocionais;
- A revista age de maneira sinérgica com todos os elementos do marketing e do mix de mídia.

Formato do anúncio	Índice de confiança	Credibilidade (100 é o padrão)	Índice de descontentamento	Maçante (100 é o padrão)
Anúncios impressos	47%	194	5%	15
Anúncios de TV	42%	173	13%	39
Banner de Internet	8%	33	53%	160

Credibilidade da publicidade veiculada em:	
Meio	%
Revistas	43
TV Aberta	32
TV à Cabo	15
Internet	10

## Conceptus Editora Ltda.

Criada com o propósito de editar revistas e livros técnicos, a Conceptus Editora vem consolidando sua posição no mercado editorial de publicações especializadas através do trabalho conjunto de profissionais da área jornalística, de engenharia e arquitetura.

### Revista Impermeabiliza

Direcionada ao segmento de impermeabilização, telhados e isolamento térmico. Conta com o apoio do IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização e do PBI – Programa Brasileiro de Impermeabilização.



### Revista PI – Pisos Industriais

Lançada em junho de 2003, tem seu foco nas necessidades dos usuários e fabricantes de pisos industriais. Sua estrutura editorial baseia-se em artigos e trabalhos de profissionais respeitados do mercado e nas matérias produzidas pela redação.

### SERVIÇOS

- JORNALISMO
- FOTOGRAFIA
- EDITORAÇÃO

Conceptus Editora Ltda.  
Rua Aechi, 27 - Vila Madalena  
05453-020 - São Paulo - SP  
tel.: (11) 3021-3775



Conceptus

EDITORA

## Eventos promovidos e apoiados pelo IBRACON em 2004

Evento	Data	Local	Realização	Modalidade	Informações	Comentários
II Simposio Internacional Sobre Concretos Especiais	4, 5 e 6 de setembro	Universidade Estadual do Vale do Aracajú, Sobral - (CE)	UVA	Evento Nacional	www.sobrai.org/concretos especiais, simposio.concretos especiais@sobrai.com.br ou pelo telefax: 88 611 0250	Proporcionar a divulgação de conhecimentos sobre materiais, técnicas e tecnologias utilizadas na elaboração dos Concretos Especiais, assim como nas possibilidades de suas aplicações
XVII Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural	15 a 17 de setembro	Centro Argentino de Ingenieros na Cidade de Buenos Aires - Argentina	Asociación de Ingenieros Estructurales Apoio: Ibracon	Evento Internacional	www.aiearg.org.ar	
IV Simpósio Brasileiro sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas	19 a 22 de setembro	Summer Beach Resort - Porto de Galinhas - PE	CHESF	Evento Nacional	Tel.:(81) 3229-2408 www.cbdb.org.br	Planejamento Projeto e Construção Equipamentos eletromecânicos Auscultação de obras e capacitação de usinas
Conferência Internacional sobre Durabilidade de Concretos de Alto Desempenho	23 a 24 de setembro	Universidade de Essen - Alemanha	MC-Bauchemie Brasil	Evento Internacional	Tel.:(55)(11) 4787-3185 ou do e-mail: info@mc-bauchemie.com.br	Disseminar os resultados do projeto CONLIFE para uma grande audiência científica que combina pesquisadores e usuários do CAD
Jornada de Estudos sobre Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios	25 e 26 de outubro	Universidade Mackenzie, rua da Consolação, 930, prédio 6, Consolação, São Paulo, SP	Universidade Mackenzie	Evento Nacional	Tel.:(11) 3236-8119 ou do e-mail: lex bandeira@terra.com.br	Disseminar os resultados do projeto CONLIFE para uma grande audiência científica que combina pesquisadores e usuários do CAD

**La Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de las Construcciones (ALCONPAT), le invita a participar al: VIII Congreso Latinoamericano de la Construcción y X Congreso de Control de Calidad en la Construcción. Del 18 al 23 de Septiembre de 2005 - Paraguay**



El primer CONPAT se realizó en Córdoba, Argentina durante 1991 en unión con el Tercer congreso de Control de Calidad debido a la afinidad entre ambos eventos. Debido al éxito obtenido en este evento se programó el siguiente en Barquisimeto Venezuela durante 1993 y el de la Habana, Cuba para 1995.

Con el paso del tiempo el número de profesionales participantes se incrementó considerablemente, lo cual ayudó a que en Porto Alegre (1997), Montevideo (1999), Sto. Domingo (2001), Telchac, Mérida (2003) aumentara y se enriqueciera con los trabajos de un importante número de países.

En 1999, debido al crecimiento y transformación de la Asociación Q+Pareco (nacida con el primer CONPAT en 1991) ésta cambió su nombre al de Asociación Latinoamericana para el Control de Calidad, Patología y Recuperación de las Construcciones (ALCONPAT) y se estrenó en el VI CONPAT (República Dominicana, 2001). La Asociación, es ahora Latina debido a la participación que en los últimos años se ha tenido de países latinos, por lo que los CONPATs tendrán ahora esta connotación.

Es en México donde se otorga a Paraguay la responsabilidad de organizar el CONPAT 2005. Durante este evento se realizarán el VIII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y el X Congreso de Control de Calidad en la Construcción. La Temática propuesta para estos CONPATs ha aumentado significativamente, pues la patología y el control de calidad interesan a todas las áreas del quehacer de la Ingeniería. Esta característica permite integrar a numerosos profesionales de la misma.

Mayores informaciones:

Ing. Angélica Ayala Piola - Presidente CONPAT 2005 e-mail: aayala@uca.edu.py  
 Facultad de Ciencias y Tecnología - Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción" - Campus Universitario  
 Ttl. Cantaluppi esq. G. Molinas - Barrio Sta. Librada Tel: (595-21) 334650 int. 108 - Fax: (595-21) 311820  
 e-mail: conpat2005@uca.edu.py www.conpat2005.uc.edu.py

# Fosroc Reax

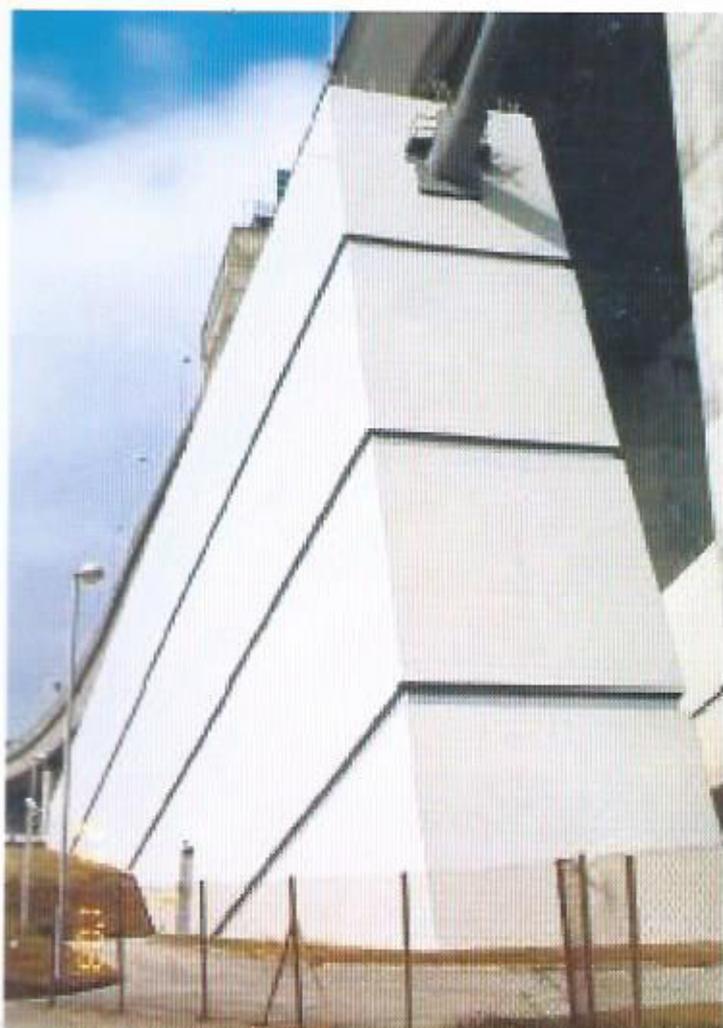
FOSROC



- ✓ Argamassas e microconcretos
- ✓ Aditivos para concreto
- ✓ Tintas e vernizes de proteção superficial
- ✓ Injeção de fissuras
- ✓ Proteção de armaduras
- ✓ Sistema de reforço com fibra de carbono

Lembre-se deste nome  
na hora de construir  
ou recuperar

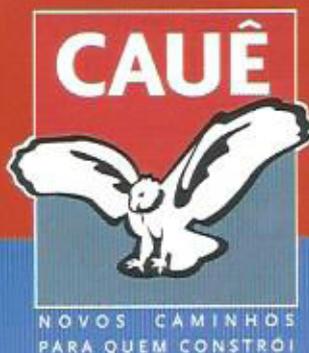
Fosroc Reax  
(11) 4791-9900  
[fosroc@fosroc.com.br](mailto:fosroc@fosroc.com.br)  
[www.fosrocreax.com.br](http://www.fosrocreax.com.br)



# CAUÊ CONCRETO. SUA CONSTRUÇÃO LEVADA A SÉRIO.

Centrais com sistema dosador computadorizado, rastreamento de entregas na obra pela internet, Concreto Tecnicamente Controlado com ensaios de resistência à compressão, equipe treinada, frota nova e flexibilidade para elaborar dosagens conforme a necessidade de sua obra: tudo isso pensando em você, que precisa do melhor produto, no tempo certo. É a Cauê facilitando a sua vida e a organização da sua obra. Pode confiar.

[www.cauê.com.br](http://www.cauê.com.br) Central de Atendimento Cauê 0800 703 9003



O Concreto Cauê é produzido com 100% de cimento

**100%  
CIMENTO**

100% de cimento

future

Qualidade  
CAMARGO CORRÊA