

CONCRETO

& Construções



IBRACON

Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XXXIV | N° 43
Jun. • Jul. • Ago. | 2006
ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br

TECNOLOGIA



Navios de concreto

CONCRETO PROTENDIDO



Selantes para juntas
de barragens

HOMENAGEM IBRACON



70 anos
da ABCP

**PRÉ-FABRICADOS
DE CONCRETO:
RAPIDEZ, ECONOMIA
E SUSTENTABILIDADE
NA CONSTRUÇÃO**



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

ADITIVOS

Duroolit

GRACE
Construction Products

LIGNOSULFONATO

MELBAR

degussa.

MC

OTTO BAUMGART VESSELY

Sika

CHRYSO

REABILITAÇÃO

RR COMPACTA

Engenharia Restauração Recuperação

JUNTAS

JEMNE

PERÍCIAS

IBAPE

IBAPE-SP

ADIÇÕES

Elkem Materials
South America

Metacaulim

Tecnosil



Universidade de Brasília

PCC
Escola Politécnica - USP



PEF
Escola Politécnica - USP

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PUC
CAMPINAS

norie
Instituto de Engenharia e Arquitetura

UNIP



MACCAFERRI
AMÉRICA LATINA

GERDAU
AÇO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

ARMADURA

FIBRA STEEL



ESCRITÓRIOS DE PROJETOS

Pasqua & Graziano
associados

TQS

THEMAG
ENGENHARIA

FRANÇA & ASSOCIADOS
ENGENHARIA CONSULTORIA

PhD ESIGN

JKMF

JUNTE-SE A ELAS

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

PRÉ-FABRICADOS



EQUIPAMENTOS



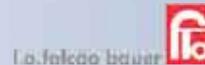
Equipamentos e Sistemas de Ensaio



CONTROLE TECNOLÓGICO



ISO 9001
TECNOLOGIA EM ENGENHARIA



EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.

CONSTRUTORAS



MACPROTENSÃO



FÓRMAS



AGREGADOS



CIMENTO



ITAPESSOCA



CONCRETO



GOVERNO



Diretor Presidente
Paulo Helene

Diretor 1º Vice-Presidente
Cláudio Sbrighi Neto

Diretor 2º Vice-Presidente
Eduardo Antonio Serrano

Diretor 3º Vice-Presidente
Mário William Esper

Diretor 1º Secretário
Antônio Domingues de Figueiredo

Diretor 2º Secretário
Sônia Regina Freitas

Diretor 1º Tesoureiro
Luiz Prado Veira Jr.

Diretor 2º Tesoureiro
Laércio Amâncio de Lima

Diretor Técnico
Rubens Machado Bittencourt

Diretor de Eventos
Luiz Rodolfo Moraes Rego

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento
Túlio Nogueira Bittencourt

Diretor de Publicações
Ana E. P. G. A. Jacintho

Diretor de Marketing
Wagner Roberto Lopes

Diretor de Relações Institucionais
Paulo Fernando Silva

Diretor de Cursos
Juan Fernando Matias Martin

Diretor de Certificação de Mão-de-obra
Julio Timerman

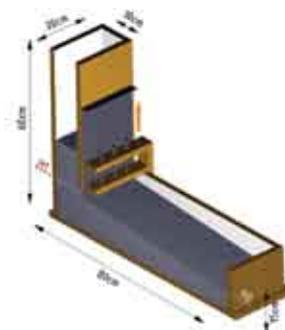
Assessores da Presidência
Alexandre Baumgart
Augusto Carlos de Vasconcelos
Jorge Bautlouni Neto
Martin Eugênio Sola
Ruy Ohtake

SUMÁRIO

Concreto auto-adensável

Inovação tecnológica na
construção civil

46



Concreto protendido

Sistema de cabos

87

E MAIS...

- 5 Editorial
- 6 Manifesto Público
- 7 Converse com o IBRACON
- 10 Personalidade Entrevistada
- 13 Revisão da NBR 9062
- 14 Navios de Concreto
- 22 Concreto pré-fabricado ou moldado no local?
- 26 Acontece nas Regionais
- 30 Concreto auto-adensável em empresas de pré-moldado
- 36 Ensino de Engenharia
- 39 Estruturas pré-fabricadas para edifícios altos
- 42 Mercado Internacional
- 44 Selo de Excelência ABCIC
- 53 Seminário Internacional de Atualização Tecnológica
- 55 A química a serviço dos pré-fabricados
- 59 Concreto auto-adensável em incêndios
- 62 Selantes para barragem
- 66 Custos para lajes de vigotas treliçadas
- 80 Compósitos com fibras em pré-moldados
- 95 Concreto nos dormentes do Metrô de Recife depois de 16 anos
- 108 Recordes de Engenharia
- 110 Estatuto do IBRACON

REVISTA CONCRETO e CONSTRUÇÕES

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

ISSN 1809-7197

Tiragem desta edição 5.000 exemplares
Publicação Trimestral
Distribuída gratuitamente aos associados

PUBLICIDADE E PROMOÇÃO

Arlene Regnier de Lima Ferreira
arlene@ibracon.org.br

EDITOR

Fábio Luís Pedrosa – MTB 41728
fabio@ibracon.org.br

DIAGRAMAÇÃO

Gill Pereira (Ellementto Arte)
gill@ellementtoarte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO

Valesca Lopes
valesca@ibracon.org.br

Gráfica: Ipsi Gráfica e Editora

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

Copyright 2006 IBRACON. Todos os direitos de reprodução reservados. Esta revista e suas partes não podem ser reproduzidas nem copiadas, em nenhuma forma de impressão mecânica, eletrônica, ou qualquer outra, sem o consentimento por escrito dos autores e editores.

COMITÊ EDITORIAL

Ana E. P. G. A. Jacintho, UNICAMP, Brasil
Antonio Figueiredo, PCC-EPUSP, Brasil
Fernando Branco, IST, Portugal
Hugo Corres Peiretti, FHECOR, Espanha
Paulo Helene, IBRACON, Brasil
Paulo Monteiro, UC BERKELEY, USA
Pedro Castro, CINVESTAV, México
Raul Husni, UBA, Argentina
Rubens Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil
Ruy Ohtake, ARQUITETURA, Brasil
Túlio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil
Vitervo O'Reilly, MICONS, Cuba

IBRACON

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



Foto Capa: Fase de execução do Estádio João Havelange

Créditos: CPI Engenharia/Racional

Consolidando as vitórias



Este primeiro semestre de 2006 caracterizou-se por um período de intenso trabalho de consolidação da documentação de suporte das atividades do IBRACON, jamais ocorrido em tempos passados.

O IBRACON ampliou muito suas ações nos últimos tempos e as vitórias alcançadas necessitavam ser consolidadas com documentação transparente e legal que assegure a sua continuidade coerente hoje e no futuro.

Conscientes dessa necessidade, a Diretoria e o Conselho Diretor do IBRACON revisaram e aprovaram uma nova versão dos Estatutos, documento máximo da Instituição, e os doze Regulamentos que disciplinam as ações do Instituto.

Com 34 anos de existência, é razoável que o Estatuto deva ser revisado e atualizado para melhor refletir o dinamismo da Instituição. Essa modernização foi criteriosamente realizada preservando todos os princípios básicos de seus fundadores, porém incorporando práticas consagradas e corrigindo aspectos imprecisos.

Os associados podem encontrar nesta edição a nova versão do Estatuto, aprovada pelo Conselho Diretor do IBRACON, que deverá ser referendada na Assembléia Geral ordinária do Instituto a realizar-se no Rio de Janeiro durante o 48º Congresso Brasileiro do Concreto CBC2006.

Novos Regulamentos foram criados e todos os Regulamentos originais foram modernizados e revistos compatibilizando-os com a nova redação do Estatuto, de tal forma que hoje o IBRACON dispõe dos seguintes 12 regulamentos:

- ◆ Regulamento de "Eleição do Conselho Diretor do IBRACON"
- ◆ Regulamento de "Regionais"
- ◆ Regulamento de "Comitês Técnicos-CT"
- ◆ Regulamento de "Certificação de Pessoal" (*ainda não aprovado mas em processo adiantado de discussão*)
- ◆ Regulamento de "Master em Produção de Estruturas de Concreto – Programa MasterPEC"
- ◆ Regulamento de "Concurso para Premiação de Dissertações e Teses"
- ◆ Regulamento de "Concurso OUSADIA" com respectivo Regulamento "Desafio"
- ◆ Regulamento de "Concurso Aparato de Proteção ao Ovo – APO"
- ◆ Regulamento de "Concurso CONCREBOL"
- ◆ Regulamento de "Revista IBRACON de Materiais. IBRACON Materials Journal" (*ainda não aprovado mas em processo adiantado de discussão*)
- ◆ Regulamento de "Revista IBRACON de Estruturas. IBRACON Structural Journal" (*ainda não aprovado mas em processo adiantado de discussão*)
- ◆ Regulamento de "Revista Concreto & Construções" (*ainda não aprovado mas em processo adiantado de discussão*)

Convido os sócios do IBRACON a consultarem e cumprirem as orientações constantes desses documentos que estão disponíveis na *homepage* do IBRACON (www.ibracon.org.br).

Mudando de assunto, acabo de receber com muita alegria e uma pitada de orgulho que o IBRACON teve o nosso livro "Concreto. Ensino, Pesquisa e Realizações" escolhido como um dos

dez finalistas ao prêmio Jabuti, laurel máximo da área editorial no país. Segundo a Câmara Brasileira do Livro, os dez primeiros colocados do 48º Prêmio Jabuti estão classificados para a segunda fase na qual serão conhecidos os vencedores deste ano, em julgamento a realizar-se nas instalações da Câmara no próximo dia 8 de agosto, às 10h. Neste ano, foram inscritos 2.074 livros e aguardamos com esperança que o nosso livro seja escolhido entre os finalistas para receber o prêmio máximo na categoria de "Ciências exatas, tecnologia e informática". A cerimônia solene de premiação será na sala São Paulo da Estação Júlio Prestes, no dia 13 de setembro de 2006.

O IBRACON tem uma nobre missão de contribuir para o desenvolvimento do mercado de concreto com uma visão ampla, ética, abrangente e sistêmica. Neste número, a matéria de capa está dedicada à valorização e reconhecimento do histórico, vitorioso e significativo papel da indústria de pré-fabricados no Brasil, que têm colocado o setor em destaque com as inovações introduzidas nos processos construtivos, sendo que um dos grandes incentivadores dessa modernização tem sido a política construtiva que a ABCP vem aplicando na área de pré-fabricação.

A Diretoria e Conselho do IBRACON felicitam a Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP pelos seus 70 anos de enorme contribuição à construção civil do país e estão promovendo várias ações de reconhecimento por essa memorável data. Entre outros reconhecimentos, durante a realização do 48º CBC2006 a ABCP será justamente homenageada pelo IBRACON.

O IBRACON, desde de sua fundação, tem se caracterizado como forte instrumento de aproximação da academia (pesquisadores, mestres e doutores) com o setor produtivo. As atividades do Instituto são claramente caracterizadas como importantes fontes de informação que fortalecem as relações de cooperação entre agentes da produção e da inovação.

A ABCP e a Otto Baumgart, dois grandes, importantes, permanentes e indispensáveis sócios mantenedores e fundadores do IBRACON comemoram, neste ano, seus 70 anos de contribuições ao desenvolvimento do país e à melhoria da qualidade de vida de sua gente. Inserem-se, portanto, dentro das ações do IBRACON e têm tido forte influência positiva nelas. A comunidade de concreto, que tão bem o IBRACON representa, parabeniza os funcionários, diretores e investidores dessas reconhecidas entidades que valorizam e dignificam o setor.

Juntos chegaremos mais longe...

Paulo Helene

PAULO HELENE
Diretor Presidente do IBRACON
paulo.helene@poli.usp.br

Segurança das obras civis

Os recentes sinistros ocorridos no País, com evidentes prejuízos pessoais, morais e patrimoniais à população, vêm demonstrar a imperiosa necessidade da introdução de medidas técnicas e legais para a redução dos riscos de acidentes, razão pela qual várias entidades de reconhecida competência promoveram o Debate Técnico “LIÇÕES DO AREIA BRANCA – Acidentes Responsabilidades e Segurança das Obras” e manifestam-se publicamente apresentando as conclusões alcançadas.

Conceito

Entendem-se como quatro as grandes etapas do processo construtivo: concepção, projeto, execução e uso/manutenção. Considerando uma vida útil das estruturas de 50 a 100 anos, a etapa de USO/MANUTENÇÃO passa a ter importância fundamental na segurança, eis que as primeiras são desenvolvidas no período inicial do processo, e sempre supervisionadas por profissionais habilitados, enquanto o uso/manutenção, estende-se pelo longo tempo restante, e no mais das vezes, ficam sob supervisão de proprietários leigos ou à mercê de pseudo-técnicos. Essa assistência incipiente e despreparada pode não perceber, que as hipóteses iniciais de segurança e funcionamento estrutural estão sendo alteradas para pior. Outras vezes, nem percebem que intervenções e reformas inadequadas podem comprometer seriamente as hipóteses inicialmente formuladas nas etapas de PROJETO e CONSTRUÇÃO. As experiências em cidades como Porto Alegre, Buenos Aires e Nova Iorque, onde têm sido aplicadas com sucesso leis que prevêem a inspeção e manutenção periódicas das edificações e obras-de-arte, garantiram a diminuição de acidentes com perdas humanas e a redução dos custos de intervenções corretivas.

PROPOSTAS

PARA EDIFICAÇÕES EXISTENTES

Deverá ser instituída por legislação federal, estadual e municipal, criada especialmente para esta finalidade, a inspeção periódica de patrimônios públicos e privados, cujas estruturas estejam sujeitas à ação agressiva do meio ambiente, tais quais, fachadas, marquises, balcões, varandas em balanço, contenções, fundações, estádios de esportes, galpões de feiras e exposições, pontes, viadutos, túneis, obras de saneamento e edifícios residenciais e comerciais com mais de dez metros de altura.

Esta inspeção deverá ser realizada por profissionais e/ou empresas especializadas, habilitadas e credenciadas.

A partir de um diagnóstico fruto dessa inspeção técnica, e se assim for orientado, as edificações deverão receber as intervenções necessárias e urgentes, bem como ser mantidas permanentemente mediante rotinas técnicas específicas. Cabe à Prefeitura local e Órgãos Públicos esti-

mular, através do uso inteligente de descontos em impostos ou multas, essa inspeção e manutenção periódicas.

PARA CERTIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA

Mediante legislação federal, estadual e municipal a ser formulada, a mão-de-obra vinculada às atividades de construção com conseqüências diretas na qualidade estrutural (desenvolvidas por mestres e encarregados de estruturas e fundações, armadores, soldadores, montadores, vibradoristas, operadores de betoneira, bombas e caminhões betoneira, operadores de concreto projetado, laboratoristas, etc), deverá ser reciclada e certificada periodicamente em seus conhecimentos, cabendo a fiscalização da utilização de mão-de-obra credenciada aos Sindicatos da Construção SINDUSCONs, e aos CREAs a punição do empregador no caso do não atendimento.

PARA APERFEIÇOAMENTO DO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA

Por meio de medidas nacionais a serem implantadas via MEC: a introdução no último ano de engenharia civil e arquitetura, de uma ou mais disciplinas versando sobre segurança, vida útil, patologia e terapia das estruturas, assim como ética profissional; o treinamento e atualização contínua de todos os professores das disciplinas relacionadas a fundações, estruturas e materiais de construção; a ampliação da exigência da participação de Doutores como professores dessas disciplinas, tendo como meta a totalidade até 2.015.

PARA O EXERCÍCIO PROFISSIONAL

Deverá ser implantado por parte do Sistema CONFEA um programa permanente de conscientização e controle (com prazo de validade) das habilitações profissionais, sujeitas a uma comprovação de conhecimentos e do efetivo exercício profissional.

Deverá ser implantado via MEC e CREAs um amplo incentivo aos programas de educação continuada nas universidades e entidades afins envolvidas com a segurança das obras civis, visando o aprimoramento profissional nas áreas de projeto, execução, inspeção e manutenção de estruturas.

PARA O REGRAMENTO TÉCNICO

Considerando a necessidade absoluta do estabelecimento de regras técnicas para as atividades da Inspeção em Obras Civis no País, padronizando definitivamente conceitos e atividades no sentido da garantia de segurança, torna-se imprescindível a elaboração, via ABNT, de Norma Brasileira de Inspeção de Obras Civis. Diante da importância destes aperfeiçoamentos para o benefício da comunidade, espera-se mobilizar a sociedade civil e órgãos governamentais dos três níveis administrativos, para que juntos, possam pôr em prática as medidas aqui propostas.

ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural; IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo; IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto

Converse com o IBRACON

Novo Diretor do IPT

Prezado Paulo Helene,

É com muita satisfação que recebo a notícia da nomeação do Prof. Vahan Agopyan para o cargo de Presidente acumulado com o de Superintendente do IPT. O IPT estava merecendo um Diretor de alto nível. Na POLI você e o Vahan foram meus grandes inspiradores para "amar" a ciência dos materiais e o concreto.

Dê meus parabéns ao Vahan e meus votos de sucesso nessa nova e respeitável empreitada.

Rogério Galante

Sócio Individual. Categoria Ouro.

Concursos IBRACON

Prezado amigo Presidente,

Concrebol, OUSADIA e Aparato de Proteção ao OVO... Posso afirmar que os jovens estudantes de engenharia e de arquitetura vivem aguçando de vontade de participar de concursos como esses. Razão de dizer: Parabéns IBRACON!, sem mácula de bajulação. Vou divulgar os respectivos regulamentos, na medida de minhas limitações, para os amigos por este Brasilão afora.

Te conto que quando jovem, ainda estudante, eu inventava desafios para superar. No início da década de 50 eu prefabricava vigas e pilares sem necessidade de usar fôrmas convencionais. Fazia estruturas de concreto empregando inteligentemente os primeiros tijolos furados de cerâmica recém introduzidos no Brasil pelos irmãos Miranzzí através da instalação no país de uma das primeiras marombas (extrusoras). No início dos anos 80 introduzi o concreto auto-adensável e construí em Campinas as primeiras laje zero. Desde há 10 anos atrás faço galpões com CAD (HSC ou HPC).

Fico contagiado com o entusiasmo do IBRACON. Parabéns a vocês a essa magnífica e voluntária Diretoria cheia de idéias profícuas. Um grande abraço a você que é a fera dos concretos fcmil....Nosso líder que modernizou a atuação do IBRACON. Voilà!!!!

Luiz Roberto Fortes Furtado

Sócio Individual. Categoria azul

IBRACON

Estimado Fortes

Uma mensagem tão estimulante como essa merece ficar num QUADRO de Galeria de Ciência e TECNOLOGIA para comprovar o empreendedorismo do brasileiro, o seu empreendedorismo, superando tantos desafios.

Vou tomar a liberdade de publicar partes de sua mensagem na revista CONCRETO na seção Converse com o IBRACON. Por favor Fábio programe isso para nossos associados poderem disfrutar e apreciar, como eu, esta mensagem.

Sobre os Concursos você pode ser o orientador de algum grupo do OUSADIA pois somente o APO e o CONCREBOL exigem que o orientador seja professor registrado em alguma faculdade (pessoa jurídica). Você também é Professor da Escola da Vida que é a mais difícil de vencer e nela é UM GRANDE VITORIOSO. Arrume um grupo de alunos de arquitetura e de engenharia são 4 no total e oriente-os para o concurso OUSADIA (Desafio2006).

Não sei sua idade mas pela sua "energia" eu daria uns 20anos.... Ontem estive com Oscar Niemeyer, no escritório dele no Rio de Janeiro. Trabalha TODO dia das 9h da manhã às 17h. Pode? Tem 98 anos! Projeta coisas lindas. Me mostrou uma nova Catedral que está projetando. É incrível como ao olhar para aquele desenho a gente sente a mão de Deus por trás. E isso que ele é comunista convicto, gosta do Lula e adora mulher. Um mundano abençoado por Deus que lhe conferiu uma Genial CRIATIVIDADE. Um MOZART do Concreto.

Dá muito prazer ver, conviver e sentir a vibração dele pelo CONCRETO e pela vida, assim como dá prazer sentir também a sua paixão, meu caro Fortes, pelo concreto, pelos desafios construtivos que você mais, muito mais que muitos tem superado com sucesso, criatividade, conhecimento e perseverança. Nós adoecemos da mesma enfermidade: "temos PRAZER em APRENDER em SABER cada dia um pouquinho mais."

Só posso agradecer a Deus a graça que ele me concede de estar compartilhando com vocês dois e tantos outros HOMENS MARAVILHOSOS ACIMA DE QUALQUER SUSPEITA. No Rio de Janeiro estive também com Marco Paulo Rabelo, diretor presidente da Construtora Rabelo, que me contou coisas incríveis de sua experiência de vida como construtor de Brasília, da Catedral e de obras inovadoras como na Argélia a Universidade Constantine, entre tantas e tantas outras que marcaram o século XX. Vamos fazer uma justa homenagem a ele e à contribuição por ele dada à boa imagem da construção civil brasileira, no dia do Construtor durante o Congresso Brasileiro do Concreto CBC2006.

Conto com você no Rio de Janeiro.

Abraços "fortes" de

Paulo Helene

Concursos de Teses e Dissertações

Caro Túlio,

Na qualidade de membro da Comissão de avaliação das teses e dissertações, posso afirmar que foi de fato um grande prazer conhecer melhor o elevado nível das Teses de Doutorado que já são produzidas entre nós. Todas as Teses analisadas são excelentes!! Exatamente assim como eu, há 20 anos atrás, sonhava e almejava que fossem. Muito bom estar vivo para ver um belo sonho se fazer realidade! Conte sempre comigo!

Um forte abraço,

Prof. Laranjeiras

Sócio Individual. Conselheiro. Categoria Diamante

Reunião Conjunta da Diretoria e do Conselho do IBRACON

Prezado Presidente,

Gostaria de cumprimentá-lo pela forma democrática, aberta e eficiente como foi realizada e conduzida a Reunião conjunta da Diretoria e Conselho do IBRACON no dia 02 de junho de 2006, no Rio de Janeiro. Apesar de uma agenda extensa, o grupo de diretores e conselheiros apreciou, com a atenção necessária, todos os itens da pauta. Gostaria de salientar a discussão, Artigo por Artigo, e aprovação do novo Estatuto do Instituto. O novo Estatuto aprovado representa um avanço nas relações administrativas internas e com os associados, o que, certamente, culminará no atendimento dos anseios da comunidade técnica e científica nacional ligada ao Concreto.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Enio Pazini Figueiredo

Sócio coletivo. Categoria Azul. Conselheiro do IBRACON

Recorde Nacional

Dr. Paulo Helene,

Quero inicialmente parabenizá-lo pelo brilhante trabalho que vem sendo conduzido dentro do IBRACON. Tenho acompanhado os eventos promovidos pelo Instituto há uns 15 anos. Mas o motivo do contato é para consultá-lo a respeito do recorde nacional de especificação do f_{ck} em estruturas. Em Curitiba, já participamos do edifício Evolution Towers, o qual utilizou f_{ck} de 60MPa, em 2003, quando recebi o Prêmio Epaminondas Melo do Amaral Filho, na reunião do IBRACON em Vitória. Agora, estamos com um novo desafio, o de fazer uma estrutura de edifício comercial com a especificação de f_{ck} = 90MPa, no Paraná. Gostaríamos de consultá-lo e saber se esse valor seria um recorde e qual é o recorde atual.

Atenciosamente,

Eng. Jorge Luiz Christófolli

Sócio Mantenedor. Categoria Ouro. Concrebras S.A

IBRACON

Prezado Jorge

O recorde nacional atual de f_{ck} é do e-Tower, obtido em 2002, com 80MPa, numa obra da TECNUM (Eng. Jorge Batlouni), num projeto do Prof. Eng. Ricardo França, com concreto fornecido pela ENGEMIX e com minha consultoria e estudo de dosagem.

Também é recorde internacional de f_{c28} = 125MPa de resistência média alcançada nas 4 garagens, térreo, mezanino e dois andares tipo (6 pilares em 7 andares). Recorde mundial

de resistência de concreto em obra e recorde mundial de projeto e resistência de CONCRETO COLORIDO em obra. Acho lindo a idéia de elevar esse recorde para f_{ck} = 90MPa. Conte comigo.

Abraços de

Paulo Helene

Amor pelo Concreto

Caro Dr. Paulo Helene:

Foi um imenso prazer assistir a sua palestra. Como é bom escutar alguém que sabe e ama o que faz. Eu fiquei entusiasmado com que vi e ouvi, parabéns, e é muito confortante saber que nesse país tão castigado temos CASES tão maravilhosos com os apresentados pelo senhor. Igualmente, foi um imenso prazer conhecê-lo pessoalmente, tenho acompanhado seu trabalho no IBRACON. Parabéns.

Grande Abraço

Renato Raboch

Sócio Individual. Categoria Azul

Seminário ABCIC

Caro Paulo Helene,

Cabe a nós parabenizar você, cuja participação no seminário da ABCIC representou um dos pontos mais altos do encontro, seja pelo conteúdo de sua conferência seja pela força e entusiasmo que você conseguiu transmitir aos presentes. Vai aqui o nosso agradecimento sincero.

Paulo Eduardo Fonseca de Campos

Sócio Individual. Categoria Ouro. Presidente de Comitê Técnico de Pré-Moldados. PRECAST Consultoria & Desenvolvimento de Produto

Convenção do American Concrete Institute ACI

Caro Prof. Paulo Helene

Parabenizo-o por suas conquistas durante a Convenção do American Concrete Institute fortalecendo o nosso IBRACON, firmando convênios importantes para a engenharia brasileira. Transmita ao Prof. Mário Franco os meus votos de aplausos pela divulgação da qualidade de nossa engenharia de concreto. Parabéns, amigo!

Divulguei no grupo Calculistas da Bahia, e para o Moderador da TQS, o texto de sua mensagem pertinente (e endossando) ao que escrevi sobre a norma NBR 6118. Obrigado por sua consideração.

Abraços caetés

Eng.º Civil Marcos Carnaúba

Sócio individual. Categoria Ouro

Livro sobre Materiais de Construção Civil

Caro Paulo,

Como estás? Espero que bem. Olha, acho que deveríamos retomar a idéia sobre o livro de Materiais de Construção Civil, onde pensei que seria interessante propor a mesma durante o IBRACON. Seria uma boa oportunidade de retomar as atividades do COPMAT, lançando tudo no mesmo evento. O que achas?

Lembranças,

Prof. Dr. Jairo José de Oliveira Andrade

Sócio Individual. Categoria Ouro. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUC/RS

IBRACON

Estimado Jairo

Excelente lembrança. Vamos retomar. Já aprovei esse novo Projeto do IBRACON no âmbito da Diretoria e Conselho. Agora é fazer o livro, mãos à obra...

Abraços de

Paulo Helene

Manifesto Público do IBRACON

Prezado Prof.

Ao ler o Manifesto Público do IBRACON há algum tempo atrás, recebido através da comunidade TQS, eu já tinha gostado e concordado com as propostas.

Agora ao ler novamente, me pergunto porque essas idéias, aparentemente tão simples e tão lógicas, não foram ainda colocadas em prática neste país?

Alexandre Jacob da Costa Laranjeira

Sócio Individual. Categoria Azul. Engenheiro Civil – COBRAPI

Prezado Helene,

O Manifesto Público do IBRACON é inquestionável, pois trata de um assunto que pode acarretar grandes prejuízos à comunidade e, principalmente, também coloca a vida dos usuários em risco. Com a criação das "leis" propostas, os Condomínios, Síndicos e Proprietários, se bem informados, poderiam desenvolver a consciência da necessidade e importância da inspeção e manutenção preventivas.

Com isso, os usuários passariam automaticamente a valorizar mais os projetistas, os controles e os construtores que gerassem obras com mais qualidade.

Renato Luís Pompéia Gioielli

Sócio Individual. Categoria Azul

Prezado Presidente

O Manifesto Público do IBRACON, endossado por várias entidades de comprovada competência, é um ato de coragem e pioneirismo. Os recentes acidentes em estruturas, algumas delas fazendo vítimas fatais, no Brasil, nos faz despertar para o futuro. Esse futuro significa falar em conhecimento, competência e atualização permanente. O Despertar para essa mobilização em favor de garantir a segurança estrutural das construções me parece que deveria ser feito bem antes, um assunto que parece óbvio, na frente de nossos olhos e não demos atenção. O Concreto imaginava-se um material eterno, que não precisa de manutenção. Mas não é. O importante é a criação de uma legislação - federal, estadual ou municipal, para inspeção de obras públicas e particulares, diminuindo as chances de acidentes com perdas humanas e reduzindo os custos com a intervenção corretiva. Essa mobilização abrange todo o setor produtivo.

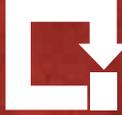
André Von Ah

Sócio Individual. Categoria Azul ◆

www.concreta.com.br

Sua escolha tem que ser Concreta.

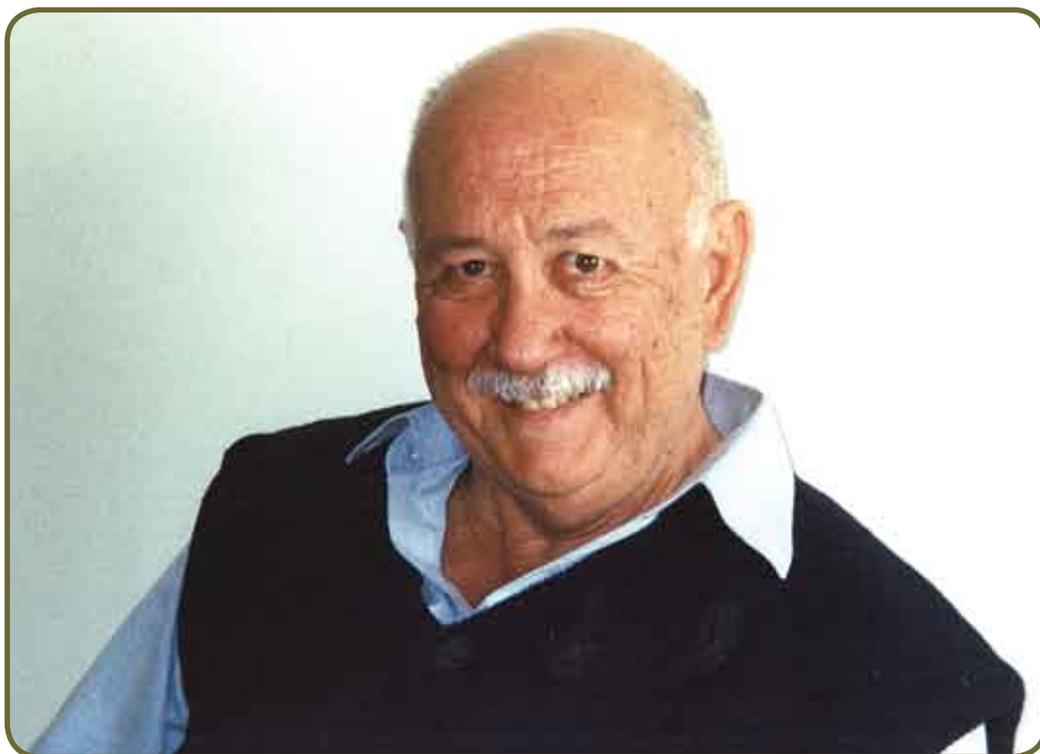
Para ser a sua melhor escolha, a Concreta há 36 anos não pára de crescer. Uma das primeiras empresas de engenharia civil da Bahia a ter a certificação ISO 9001, atua nas áreas de tecnologia do concreto e materiais, estudos geotécnicos, recuperação de estruturas de concreto, contenção de encostas, execução de estacas raiz e construção civil. Sempre investindo nos seus profissionais e em novas tecnologias, a Concreta conquista importantes clientes porque acredita que todo cliente é importante. Faça uma escolha Concreta você também.

 **CONCRETA**
SUA MELHOR ESCOLHA

José Zamarion Ferreira Diniz

- Formado em engenharia civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, em 1956, com pós-graduação na Universidade da Flórida, Gainesville, Fla, USA.

- Membro do Conselho Diretor, Diretor Presidente nos biênios 1993-1995 e 1995-1997, Diretor Vice-Presidente no biênio 1997-1999 e Diretor Técnico no biênio 1999-2001 do IBRACON.



- Prêmio Emílio

Baumgart do IBRACON pela sua contribuição ao desenvolvimento da engenharia estrutural no Brasil, particularmente no campo dos pré-moldados de concreto.

- Membro de várias comissões de Normas Brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas, inclusive da revisão da NBR 6118 (NB-1) Projeto de Estruturas de Concreto e da NBR 9062 Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado.

- Ex-professor de concreto armado e protendido da Escola de Engenharia da Universidade de Minas Gerais.

- Autor do livro "Manual para Cálculo de Concreto Armado e Protendido" e de vários trabalhos em publicações internacionais e nacionais.

- Sócio Diretor da Zamarion e Millen Consultores S/S Ltda.

- Atividade profissional ligada ao projeto, execução e consultoria no campo de estruturas de concreto, principalmente pré-moldados, estruturas industriais, concreto de alto desempenho.

IBRACON – O que é o concreto pré-moldado?

Zamarion: Conforme a definição clássica, é o elemento concretado fora de seu lugar de uso na estrutura final. A construção em pré-moldado é tradicionalmente feita através de elementos ligados por articulações fixas ou móveis. As peças pré-moldadas são montadas a seco, sobre argamassa, sobre almofadas de elastômeros, livres

para se movimentar, ou fixas através de pinos ou outro dispositivo. Outra alternativa é a solidarização, ou seja, as peças pré-moldadas são montadas na condição de articulação e posteriormente são ligadas entre si com o elemento de suporte através de concretagem no local, proporcionando continuidade da estrutura através de armadura passiva ou ativa de várias maneiras, dependendo da situação local. O elemento-chave do pré-moldado, de onde advêm suas vantagens, é a repetitividade do processo de construção das peças, que permite a racionalização da construção e, conseqüentemente, a redução de tempo e custos.

IBRACON – Concreto pré-moldado ou pré-fabricado?

Zamarion: A diferença entre o concreto pré-moldado e o pré-fabricado é bastante sutil. Ela foi estabelecida pela norma NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado: Procedimentos, publicada no início da década de 80. A revisão da norma NBR 9062, terminada em junho de 2006, após consulta pública, deixa mais clara a distinção, prescrevendo para o pré-moldado o controle de qualidade usual para as estruturas convencionais e acrescentando o conceito de garantia da qualidade através de exigências adicionais, tais como, controle de materiais, o desvio padrão, o controle individual ou por lote das peças, resistência mínima do concreto, qualificação da mão de obra, entre outras. Este último é fabricado em usinas, ou instalações semelhantes, onde é atestada a qualidade de cada processo da etapa de fabricação do concreto: a peça ou o lote de peças possui uma ficha, onde são anotados todos os acontecimentos em torno de sua elaboração, chegando inclusive a verificar a localização da peça pré-fabricada na estrutura, possibilitando a garantia de sua rastreabilidade. Não quer dizer que o concreto pré-moldado seja um produto de

O pré-moldado é um tipo de tecnologia que possibilita a execução em tempo muito curto de obras de grande porte e com grande economia.

segunda categoria, mas que é um tipo de peça de concreto que serve a aplicações diferenciadas na execução de uma obra bem executada, atendendo as prescrições das normas pertinentes.

IBRACON – Quais as vantagens do concreto pré-moldado em relação aos outros sistemas construtivos?

Zamarion: A principal vantagem do pré-moldado continua sendo a econo-

mia de tempo e de dinheiro a médio e longo prazo. É um tipo de tecnologia que possibilita a execução em tempo muito curto de obras de grande porte, como hidroelétricas, hipermercados, shoppings center e fábricas, com grande economia resultante de ganho devido à antecipação da produção ou da venda.

Outra vantagem está no custo devido à economia de fôrmas e escoramentos, pela sua reutilização num ciclo de 24 horas, minimizando os custos da obra, demandando rapidez de execução das estruturas (conseqüentemente, um concreto de maior resistência à compressão, mais compacto e de maior durabilidade) e, principalmente, reduzindo o impacto da construção sobre o meio ambiente.

É uma tecnologia muito útil para fazer frente aos programas de habitação dos governos, pois permite a construção de habitações populares com custos menores e em tempo recorde.

A limitação dessa tecnologia refere-se à altura da edificação. Até a década de 90, raramente via-se uma grua trabalhando numa obra; o transporte vertical era feito por elevador, o que restringia bastante a altura das obras. Hoje, esta limitação relaciona-se à capacidade das gruas, que pode chegar a levantar peças de até duas toneladas a distâncias adequadas.

IBRACON – Qual é o estágio de desenvolvimento do pré-moldado hoje?

Zamarion: Hoje em dia, usa-se de sistemas que combinam o pré-moldado com o concreto moldado no local: concreta-se os pilares no local, monta-se os pavimentos com pré-moldados e, por fim, solidariza-se a estrutura com uma cobertura de concreto (usualmente cinco centímetros) lançado no local. O sistema completa-se com o uso dos painéis pré-moldados de fachada, que, além de agilizarem a construção, possuem um apelo estético forte. Esse processo representa o que há de mais desenvolvido

no uso do pré-moldado, por ser uma solução adequada para a execução.

Pode-se citar ainda o uso de peças de grande porte usadas em hidroelétricas, aeroportos e em estádios esportivos, como um estágio avançado no uso da tecnologia dos pré-moldados no Brasil e no mundo.

IBRACON – Quando surgiu o pré-moldado e como foi sua evolução?

Zamarion: Costuma-se dizer que o concreto armado surgiu simultaneamente ao concreto pré-moldado, porque a tecnologia de armar o concreto com fios de aço foi usada para moldar vasos de flores e barcos de transporte fluviais, em meados do século XIX. Depois, essas tecnologias caminharam para as edificações e, no caso do pré-moldado, para a construção de galpões e fábricas.

Houve uma disseminação maior dessa tecnologia no pós-guerra, na Europa, principalmente com a reconstrução das cidades na Alemanha e na França, para dar rapidez à construção de habitações para a população. Nesta época, desenvolveu-se as paredes portantes e as placas de pisos, mas que, posteriormente, devido à rigidez desse tipo de estrutura, do ponto de vista estético e arquitetônico, acabou caindo em desuso.

Os Estados Unidos, por sua vez, tomaram outro rumo, ao desenvolverem peças como o duplo T e a laje alveolar, usadas para a construção de estruturas de grande área e poucos andares.

Embora não fossem pioneiros do sistema de protensão por aderência prévia que surgiu na década de 30 na Europa, os Estados Unidos aperfeiçoaram a produção e conseguiram padronizar peças para pontes rodoviárias e edifícios garagem, aproveitando o crescimento do mercado automobilístico do pós-guerra a partir de 1945.

O sistema de aderência prévia consiste em estabelecer ancoragens para protender o aço, independentemente da peça de concreto, ancorando-o em dispositivo externos, proporcionando comprimentos de pistas de concretagem de até 150 metros ou mais de comprimento. O concreto é lançado nas fôrmas e, após o tempo necessário para alcançar a resistência especificada em projeto, o aço transfere ao concreto a força que estava ancorada nas extremidades, aliviando e cortando a ligação com as ancoragens.

IBRACON – E como foi o desenvolvimento do pré-moldado no Brasil?

Zamarion: No Brasil, o pré-moldado foi introduzido, em escala industrial, na década de 50. Em São Paulo, surgiu a Protendit fabricando estacas e vigas protendidas utilizadas em pontes rodoviárias. A primeira obra em concreto pré-moldado protendido no Brasil é de 1949, a ponte ligando o continente a Ilha do Governador dando acesso ao Aeroporto do Galeão no Rio de Janeiro. Seu grande desenvolvimento se deu a partir da década de 60, particularmente com as atividades realizadas na CINASA – Construção Industrializada S.A. e com a construção de Brasília, cidade onde foram construídas passagens de nível e Estação Rodoviária que utilizavam de longarinas pré-fabricadas e protendidas.

A CINASA interessou-se pelo ramo de produção de agregado leve para concreto através da expansão da argila em fornos rotativos tipo KILN (onde se entra com a matéria-prima e sai com as pelotas), usado para a construção de casas e edificações até quatro andares pelo sistema de placas pré-moldadas. O sistema permitia economia na espessura das peças e nas fundações e no desempenho acústico. Chegou-se a fabricar os protótipos, mas o governo optou por não financiar o projeto. A razão alegada foi de que a construção civil era o ramo por excelência para a empregabilidade da mão-de-obra não qualificada no Brasil. Infelizmente, esse tipo de mentalidade representa um atraso enorme no desenvolvimento do Brasil e, particularmente, no desenvolvimento do concreto pré-moldado.

IBRACON – O que o IBRACON tem feito para disseminar o pré-moldado no Brasil?

Zamarion: O IBRACON tem contribuído para disseminar a tecnologia do pré-moldado através dos Congressos Brasileiros do Concreto. Já, na segunda reunião do IBRACON, em 1973, houve a exposição de uma viga pré-fabricada tipo seção Y de 25m de vão protendido e largura de 2m, construída pela CINASA. O Comitê Técnico do IBRACON de concreto estrutural, inicialmente concreto protendido, tem acompanhado a evolução da tecnologia do pré-moldado e emitido pareceres técnicos sobre as normas e problemas específicos relativos a esse sistema construtivo.◆

O grande desenvolvimento do concreto pré-moldado no Brasil se deu a partir da década de 60 e com a construção de Brasília.

Revisão da NBR 9062 – Projeto e Execução das Estruturas de Concreto Pré-Moldadas

Carlos Eduardo Emrich Melo
Presidente da Comissão de revisão
da Norma NBR 9062

Após a revisão da Norma NBR 6118, todo o conjunto de normas que se relacionam a ela necessitam ser revisadas. Estando em vigor, desde 1985, a NBR 9062 está passando por este processo de revisão, e estamos chegando ao fim. Em poucas semanas, terminamos a análise dos comentários realizados no período de consulta pública, e a norma estará pronta para ser publicada.

A revisão da norma teve como objetivo sua adequação em relação a NBR 6118, além de serem agregados os avanços tecnológicos ocorridos no período. A comissão se preocupou em realizar uma revisão que não limitasse o desenvolvimento futuro, evitando a necessidade de novas revisões no curto prazo.

Com base na tendência atual, a norma se preocupou em agregar, melhorar e ratificar alguns conceitos que estão no foco do mercado:

- 1 – Durabilidade
- 2 – Estrutura em serviço
- 3 – Análise não só nos elementos, mas na estabilidade global da edificação
- 4 – Controle de Qualidade
- 5 – Segurança
- 6 – Economia

Dentro de cada grande grupo, foram revisados conceitos e situações específicas:

- As alterações em relação aos cobrimentos das peças, correlacionando às classes de agressividade ambiental do local onde a edificação será executada;
- Para as edificações, foram definidos limites de deslocamentos em serviço, limitando deslocamentos e, com isto, evitando-se patologias nas interfaces com outros sistemas construtivos;
- Definição de parâmetros para a utilização de ligações semi-rígidas, que influenciam diretamente os efeitos de segunda ordem na edificação;
- Definição de parâmetros para melhor utilização das ferramentas de softwares de cálculo automatizados, fato do dia a dia de qualquer profissional que desenvolve um projeto;
- O Controle de qualidade, que já tinha um



tratamento bastante detalhado, teve um reforço importante na utilização de coeficientes de segurança diferenciados para estruturas com maior controle de qualidade, gerando principalmente economia na execução, beneficiando as empresas que optam em investir neste segmento;

- Melhoria na segurança, impedindo e orientando a utilização de alças e sistemas de içamentos inadequados, que geram acidentes e prejuízos;
- Melhoria nos sistemas de cálculo de blocos, reduzindo taxas e propiciando economia, deixando o sistema de pré-moldados, a que a norma se refere, mais competitivo no mercado.

Por ter sido muito bem redigida em 1985, a norma manteve seu corpo principal, onde continuou abordando o projeto e a execução. Mais uma vez, ficou clara a necessidade de valorização do projeto, que teve sua responsabilidade aumentada, por conter mais detalhes, verificações e obrigações.

Com a revisão de várias normas, e principalmente maior cobrança da sociedade, através do código de defesa do consumidor, ou ainda, de órgãos públicos, como o Corpo de Bombeiros que recentemente publicou sua instrução técnica nº 08, com maior rigor no detalhamento de estruturas de concreto em situação de incêndio, os profissionais da área do pré-moldado estão sentindo a necessidade de maiores estudos e dedicação às atualizações técnicas e normativas, principalmente nesta grande revisão que o mercado vem sofrendo, na forma de abordar, projetar e produzir estruturas.♦

Navios de Concreto

Juliana Ferreira Fernandes
Paulo Helene
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo

Este artigo relata o maior programa de construção de navios de concreto descrito na literatura internacional. Esse programa decorreu durante as duas guerras mundiais quando houve grandes perdas de navios mercantes devido à ação de submarinos, aumentando a demanda de aço no uso militar.

Os americanos, os alemães e os ingleses sugeriram o uso do concreto armado como um material alternativo na construção do casco do navio, a partir daí foi estabelecido o “emergency shipbuilding programmes” nos Estados Unidos.

A necessidade de uma estrutura forte, durável, simples e econômica para a casca de navio favoreceu a opção por estrutura de concreto que é um material versátil e rápido de construir, transformando-o numa grande e efetiva alternativa para a substituição do aço em estruturas flutuantes.

Introdução

Foi em 1848 que por primeira vez o concreto armado foi utilizado ainda de uma forma primitiva. Na França, Joseph Louis Lambot desenvolveu a primeira aplicação do concreto armado ao construir um barco. Ele o construiu com uma amarração de barras de ferro finas e grossas, moldando o esqueleto do barco com o formato desejado. Depois da malha de

ferro pronta, Lambot a preencheu com argamassa, de cimento Portland primitivo obtido de fornos verticais, ao estilo da hoje denominada argamassa armada, Fig. 1. Em 1855, obteve a patente para seu produto, então denominado barco de “cimento armado”.

Em Roma por volta de 1890, um engenheiro italiano denominado Carlo Gabelline também começou a construir barcos e pequenos navios de concreto, sendo que o mais conhecido destas embarcações foi o navio Liguria, construído em 1905. Doze anos depois, foi relatado por Eberhardt(1995), que ele se encontrava em bom estado de conservação.

No Reino Unido por volta de 1910, vários pequenos barcos foram construídos, sendo um dos mais conhecidos o Violette, construído em 1917 e utilizado por décadas como casa noturna sobre o rio Medway na Inglaterra. Nesse mesmo ano, no mês de abril, os Estados Unidos se associaram à primeira guerra mundial. Naquela ocasião, houve uma grande falta de aço no mercado, além de vários navios mercantes afundados.

No mês de agosto de 1917, o norueguês Nicoley K. Fougner lançou o primeiro navio de concreto para navegação em alto-mar, possuindo 28 metros de comprimento e denominado Namsenfjord. Nesse mesmo ano, o governo americano convidou Fougner para liderar o “Emergency Concrete Shipbuilding Programme” recém-criado.

O executivo W. Leslie Comyn tomou a iniciativa e constituiu a empresa “San Francisco Ship Building Company” com sede em Oakland na Califórnia, para ser a construtora dos navios de concreto para o governo americano. Ele em conjunto com os engenheiros Alan Macdonald e Victor Poss projetaram a primeira embarcação de concreto americana, um navio cargueiro, denominado S.S. Faith. Essa embarcação foi lançada ao mar em 18 de março de 1918, com um custo de U\$750.000,00. Ele foi usado como navio cargueiro até o ano de 1921, quando foi vendido a Cuba.

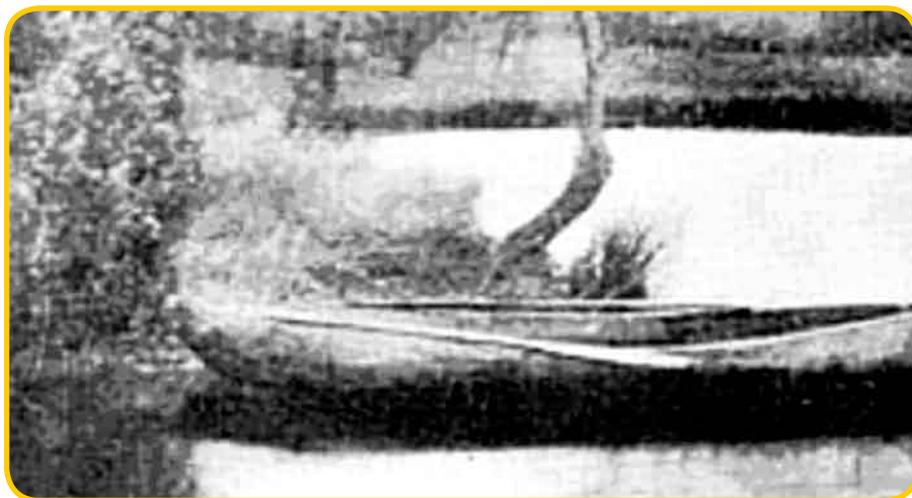


Figura 1 – Foto de um barco de “cimento armado” de Lambot. (<http://www.concreteships.org>)

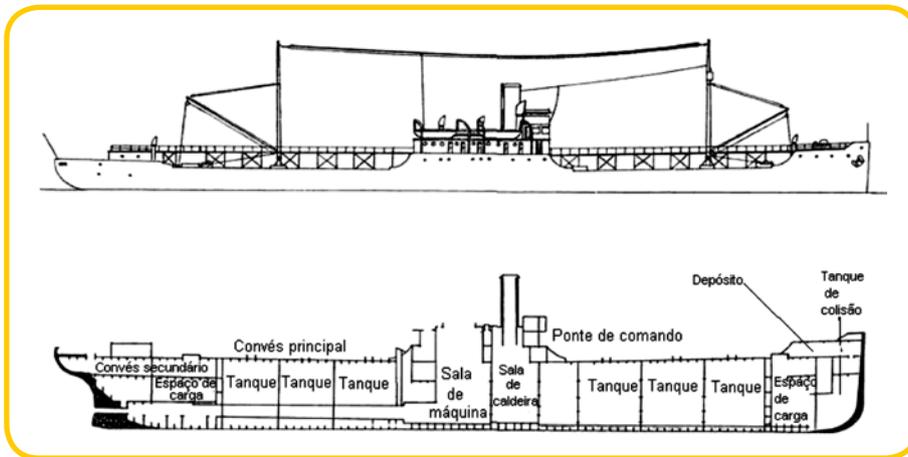


Figura 2 – Perfil de um navio de concreto petroleiro com peso próprio de 7500t, construído pela “U.S. Shipping Board’s Emergency Fleet Corporation” em 1920 e 1921. (Eberhardt, 1995)

Com o desenvolvimento da técnica, da construção e da qualidade operacional de vários navios de concreto construídos em toda a parte do mundo, o presidente dos Estados Unidos, naquela época, Woodrow Wilson finalmente aprovou um outro programa, o “Emergency Fleet Program” com uma verba de U\$ 500.000.000,00. Inicialmente, o programa consistia na construção de aproximadamente 24 navios com casca de concreto armado, com perfil indicado na Fig. 2.

Somente 12 embarcações foram construídas durante a 1ª guerra. Esses navios mais tarde foram vendidos para companhias particulares, os quais foram usados para transporte de passageiros, armazenagem e até para quebra-mares constituindo uma das primeiras aplicações bem sucedidas de reciclagem do concreto. De acordo com Rowland Morgan(1972), foram lançados ao mar mais de 500.000 toneladas de concreto em navios durante as duas guerras mundiais, veja Tabela 1.

No intervalo entre as duas guerras mundiais, não foi dada continuidade ao programa de construção de navios de concreto. Mas, na primavera de 1941, a produção de placas de aço não atendia toda a demanda do mercado. Então, a “US Maritime Commission” aprova mais uma vez a construção de navios de concreto.

Existiram cinco projetos de navios diferentes e mais um projeto que foi uma extensão do programa inicial, veja Tabela 2.

Tabela 1

Embarcações de concreto durante as duas guerras mundiais em toneladas (Morgan, 1972)

País	Peso próprio total das embarcações x 1000t			
	Primeira Guerra Mundial		Segunda Guerra Mundial	
	Projetadas	Construídas	Projetadas	Construídas
Estados Unidos	560	69	700	488
Reino Unido	250	2	-	4
Alemanha	-	-	21	18
Escandinávia	-	13	-	2

Tabela 2

Navios de concreto construídos na segunda guerra mundial (Tuthill, 1945)

Local de produção	Número navios	Comprimento (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Deslocamento* (tf)	Concreto (m³)	Aço (kg)
Savannah	7	106,7	16,5	10,7	10930	2084,5	1525
Houston	4	106,7	16,5	10,7	10930	2084,5	1520
Tampa	24	106,7	16,5	10,7	10930	2368,4	1250
San Francisco	20	106,7	16,5	10,7	10930	1986,4	1100
Nacional City	22	109,8	17,1	11,6	12750	2444,8	1655
Nacional City	27	80,8	14,6	5,33	4000	859,5	490

* Peso de água deslocada por um navio flutuando em águas tranquilas

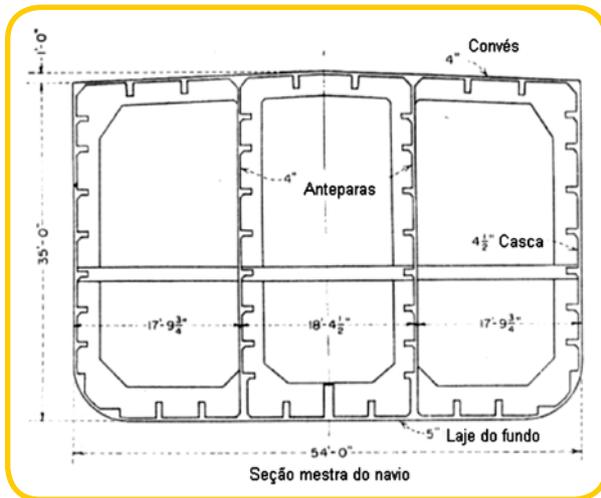


Figura 3 – Seção mestra dos navios construídos em Savannah e Houston (Tuthill, 1945)

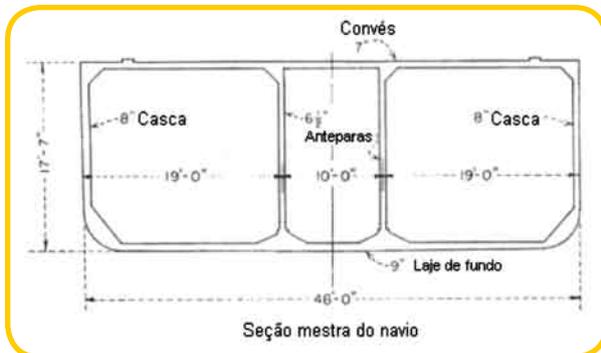


Figura 4 – Seção mestra do navio construído em Nacional City (Tuthill, 1945)

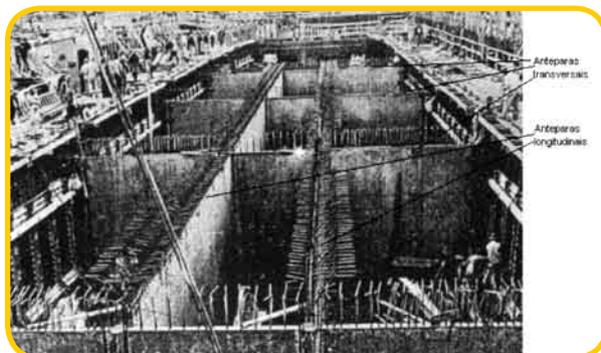


Figura 5 – Anteparas ou painéis parcialmente pré-fabricados em Nacional City (Tuthill, 1945)

As embarcações de Savannah, Houston e o da primeira Nacional City foram navios petroleiros. Os navios de Tampa foram barcas com a finalidade de transportar cargas secas. Todas as embarcações foram submetidas a testes hidrostáticos com água a 2,5 metros acima do convés através de “bottle tight”. As espessuras das cascas dos navios variaram de acordo com cada projeto de aproximadamente 11,4 cm (4 ½ polegadas) à 20,3 cm (8 polegadas) de espessura. Nessas cascas havia dois painéis (anteparas) longitudinais e dez transversais. As espessuras do convés e da laje de fundo do casco variaram de

acordo com o projeto de 10,2 cm (4 polegadas) à 17,8 cm (7 polegadas) e de 12,7 (5 polegadas) cm à 22,9 cm (9 polegadas), respectivamente, conforme Fig. 3 e 4.

As espessuras das anteparas ou dos painéis longitudinais para cada projeto variaram de aproximadamente 10,2 cm (4 polegadas) à 16,5 cm (6 ½ polegadas) e foram executados com o lançamento da armadura pronta, pré-fabricada, como ilustra a Fig. 5. As anteparas ou os painéis transversais eram construídos de uma só vez, e os longitudinais, em várias vezes de comprimento igual ao vão entre as transversais.

Materiais utilizados

O material utilizado nas embarcações da primeira guerra mundial foi o concreto leve, com valores de resistência à compressão próxima de 35MPa (um ano mais tarde chegou-se a 46MPa) e massa específica em torno de 1760 kg/m³, enquanto o valor usual de resistência à compressão dos concretos tradicionais era de 15MPa, naquela época. O conteúdo de cimento utilizado na mistura foi alto chegando até 528kg/m³. O agregado leve utilizado foi o xisto expandido fabricado em forno rotativo de marca comercial Haydite. Esse agregado foi desenvolvido por Stephen Hayde em meados de 1900 em Kansas City, Missouri nos Estados Unidos.

Nas embarcações construídas durante a segunda guerra mundial, foram gastos aproximadamente 2300 m³ de concreto leve no casco de cada navio. O agregado leve utilizado foi o da marca comercial Haydite, o mesmo utilizado nos navios

Tabela 3

Composições químicas do cimento Portland tipo II utilizado nas misturas do concreto (Tuthill, 1945)

Local de produção	San Francisco
Cimento Portland	Tipo II
Análise química (%)	
CaO	65,0
SiO ₂	21,4
Al ₂ O ₃	5,4
Fe ₂ O ₃	4,3
MgO	1,6
SO ₃	1,7
Perda ao fogo	0,6
Resíduo insolúvel	0,1
Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	1,2
C ₃ S	55
C ₃ A	7
Total de álcalis expresso em Na ₂ O	1,06

Tabela 4
Dosagem do concreto Portland
utilizado nos navios construídos
em San Francisco

Materiais	Proporções
Cimento Portland II	589 kg
Agregado leve graúdo (Haydite)	
3/8" (% de volume de sólido)	20
1/2" (% de volume de sólido)	35
Areia natural (% de volume de sólido)	45
Relação água/cimento (kg/kg)	0,43
Slump (mm)	155
Tempo de mistura (minutos)	3

da década de 20. O cimento Portland tipo II foi selecionado para ser utilizado no traço do concreto por apresentar moderado calor de hidratação, boa durabilidade e melhor resistência ao ataque de sulfatos. Por essas razões, a fabricação desse cimento sofreu algumas alterações em sua composição, com o intuito de reduzir o calor e aumentar a resistência a sulfatos. As Tabelas 3 e 4 ilustram a composição do cimento Portland tipo II e a dosagem do concreto utilizado nas embarcações construídas em San Francisco. O diâmetro máximo do agregado utilizado nessas embarcações foi de 12,7 mm, a

quantidade de cimento foi de aproximadamente 589kg por metro cúbico

A resistência média à compressão para esse concreto foi, aos 28 dias, de 40MPa e, aos 365 dias, de 52MPa. O módulo de elasticidade, aos 28 dias, foi 22,4GPa.

Mistura

A mistura do concreto era executada no canteiro por betoneira estacionária, próximo à estrutura, depois de pronta ela era colocada em grandes caçambas e içada até o nível mais alto do navio. As caçambas eram levadas por carrinhos de mão até a linha central do esqueleto da embarcação, Fig. 6(a). O lançamento do concreto era por escorregamento através de grandes tubos inclinados até o local de moldagem, Fig. 6(b).

A mistura do concreto na segunda guerra mundial foi executada em caminhões betoneiras, Fig. 7. Naquela ocasião, não havia métodos novos de lançamento do concreto para o preenchimento das fôrmas. Na maioria dos casos, o lançamento do concreto foi similar ao lançamento da primeira guerra já descrito anteriormente.

Slump

Nos concretos utilizados nos cascos dos navios, a questão da consistência foi muito discutido, o slump do concreto do primeiro navio foi em média 7,6 cm (3 polegadas). À medida que foram construindo mais navios, o slump variava de 10,2 cm (4 polegadas) à 15,2 cm (6 polegadas), por fim, chegou-se a 11 cm, para o mesmo conteúdo de água. A intenção era obter um

concreto mais trabalhável, pois o casco do navio era delgado além de toda a armação existente.

Em alguns casos, houve imperfeições na concretagem devido a vazamentos ou à ruptura da fôrma, contudo os problemas foram fácil e rapidamente contornados.

Fôrmas

Em todos os projetos de navios de concreto, foram utilizados fôrmas de madeira, exceto os projetos da Nacional City e de Tampa que foram utilizados fôrmas de aço na seção mestra do navio.



Figura 6 – Concretagem de uma embarcação construída durante a primeira guerra mundial (Eberhardt, 1995)

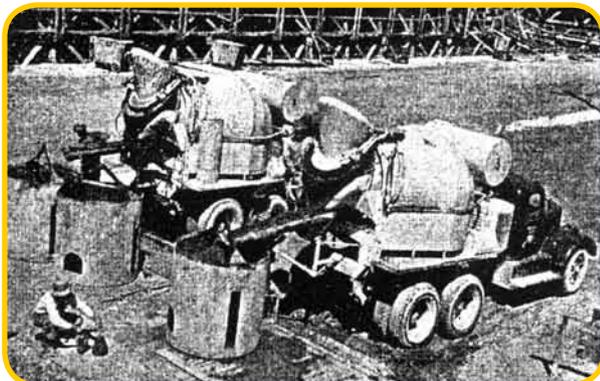


Figura 7 – Slump-teste realizado no canteiro de Tampa, Florida

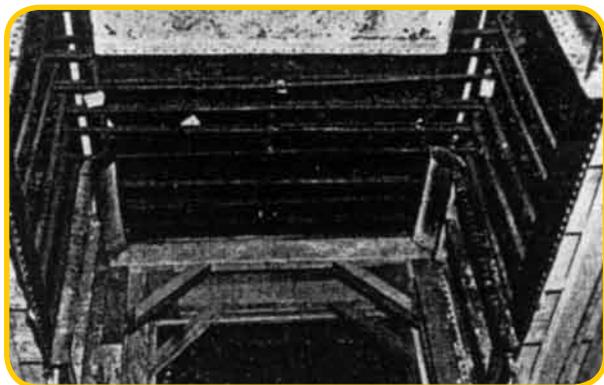


Figura 8 – Fôrmas de aço deslizante utilizada nas embarcações de Nacional City

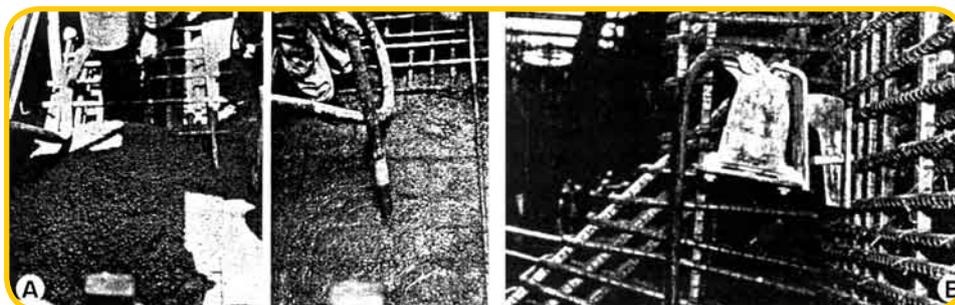


Figura 9 – (A) Vibrador de imersão utilizado no lançamento do concreto; (B) equipamento vibratório acoplado diretamente na armadura durante o lançamento do concreto, utilizado nos navios da Nacional City

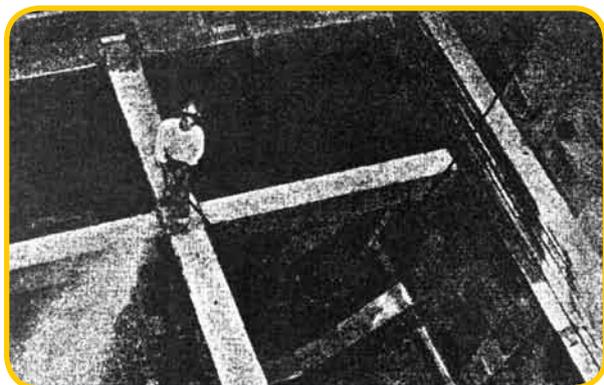


Figura 10 – Cura do concreto feita por jatos de água lançada nas fôrmas da parte interna dos navios de Nacional City

As espessuras das fôrmas de madeira eram de aproximadamente 1,9 cm ($\frac{3}{4}$ polegadas), exceção nas lajes de fundo dos cascos do projeto de Tampa, as fôrmas possuíam 2,5 cm (1 polegada).

Vibração

Um dos fatores de sucesso do lançamento do concreto foi a eficiente vibração e o adensamento do concreto. O vibrador que obteve melhores resultados foi o do tipo imersão, Fig. 9a. Foram utilizados outros dispositivos para a acomodação do concreto, como ilustra a Figura 9b.

Cura

A cura nas primeiras idades do concreto foi realizada com jatos de água lançados da parte interna do navio, como ilustra a Fig. 10, exceção à superfície do convés do navio. As fôrmas externas dos navios não eram removidas antes da concretagem do convés. Foi decidido pelo programa que a cura através de jatos d'água perdurariam no mínimo por 30 dias.

Peso do casco

Essas embarcações foram construídas sob condições emergenciais e sob pressão. Os cascos dos navios de concreto construídos durante as duas guerras mundiais eram muito mais pesados do que se fossem construídos de aço, mas mesmo assim, obtiveram uma excelente performance em alto-mar, além de mostrar

um ótimo comportamento ao impacto, à colisão, à explosão e ao fogo.

Estimativas realizadas por Morgan(1972) prediz que o peso do casco para embarcação de concreto protendido acima de 100.000t tende a se igualar ao peso do casco de aço.

O peso do casco não é necessariamente o único critério para estimar a eficiência do casco de um navio, mas é o maior problema que o concreto pode enfrentar para este tipo de aplicação. Para que haja sucesso neste tipo de empreitada o peso do casco de concreto deve ser tratado realisticamente.

Quantidade de aço armado

Foram utilizadas uma grande quantidade de armaduras nas embarcações de concreto construídas durante as duas guerras mundiais, veja Fig. 11. Na ocasião, foi estimado que se utilizaria em armaduras o equivalente a 33% da quantidade de aço necessário para construir um navio metálico.

Custos de construção

A principal proposta do "emergency ship-building programmes" foi economizar placas de

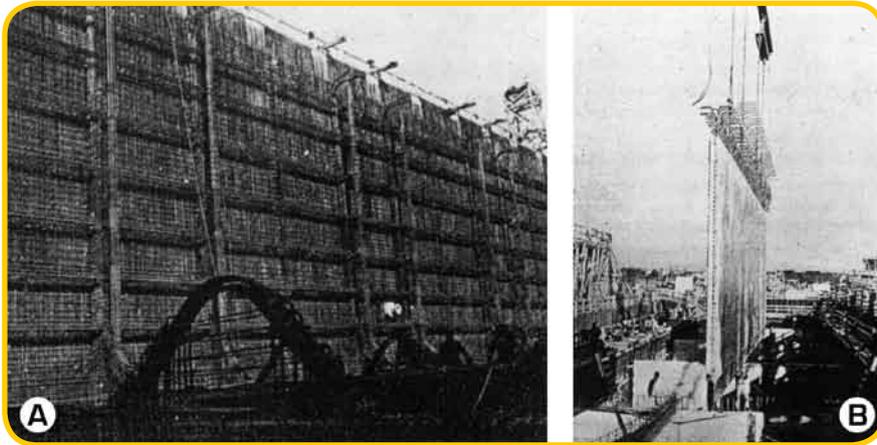


Figura 11 – (A) Excesso de armaduras nas cascas laterais dos navios de Savannah; (B) posicionamento das armaduras prontas na execução da antepara longitudinal, projeto em Nacional City. (Tuthill, 1945)

aço, contudo a tentativa de obter uma construção econômica foi de longe excedida. De acordo com Morgan(1972), foram gastos em média de U\$ 200,00 por tonelada do peso próprio. Com o uso repetitivo dos projetos e das execuções, houve uma redução significativa nesses valores. No projeto em Nacional City com 22 embarcações de navios petroleiros de peso próprio 6375 tf cada um, a redução foi de U\$300,00 para U\$135,00 por tonelada de peso próprio. Em Tampa, os 24 tanques auto-impulsionados construídos, com peso próprio de 5200 tf, sofreram redução de gastos de U\$410,00 para U\$314,00 por tonelada de peso próprio.

Custos de reparos e de manutenção

A durabilidade do concreto em alto-mar é bem determinada e mostrou custos consideravelmente econômicos de manutenção em relação aos cascos de aço. Os custos da manutenção média de barcos de concreto citados por Morgan(1972) são em torno de U\$2830,00 por barco por ano, em contrapartida os barcos de aço são U\$8200,00 por barco por ano. Já os custos dos reparos em navios de concreto são cotados em 50% dos valores dos reparos dos navios de aço.

Sturm et al.(2000) relatam um estudo com 10 navios de guerra, um da primeira guerra mundial com 80 anos de vida, o “S S Peralta”, e os outros nove são da segunda guerra mundial com 55 anos de vida. Hoje, eles estão na Powell River em British Columbia no Canadá como quebra mar, Fig. 12. Esses pesquisadores fizeram estudos petrográficos nesses navios e constataram excelente contato na zona de transição agregado/matrix, completa hidratação do cimento e um dano insignificante devido aos efeitos gelo e degelo. Esse estudo microscópico mostrou claramente a hidratação contínua da pasta de cimento, resultando em incrementos contínuos na resistência à compressão nos cascos dos navios. As resistências à compressão do concreto desses navios nos dias de hoje foram superiores a 60MPa.

Berger/Abam Engineers (2000) cita que essas embarcações exibiam excelente durabilidade e baixo custo de manutenção. Um dos relatos mais bem documentados é o do navio USS Selma, construído na primeira guerra mundial com a função de transportar petróleo, Fig. 13a. Durante a inspeção de 1953, testemunhos do tanque de concreto foram retirados acima e abaixo do nível da água. Foram realizados ensaios de compressão simples, de aderência aço-concreto e de módulo de elasticidade. Após 34 anos de vida, foi verificada uma resistência média de 77MPa, praticamente o dobro da encontrada aos 28 dias (39 MPa), uma resistência de aderência média de 3,6MPa e um módulo de elasticidade médio de 22,8GPa. Nessa embarcação, foram utilizadas 1500 toneladas de armaduras de aço doce.

Histórias incríveis são encontradas na literatura sobre esses navios, como a da embarcação S S San Pasqual, Fig. 14b. Essa embarcação, com

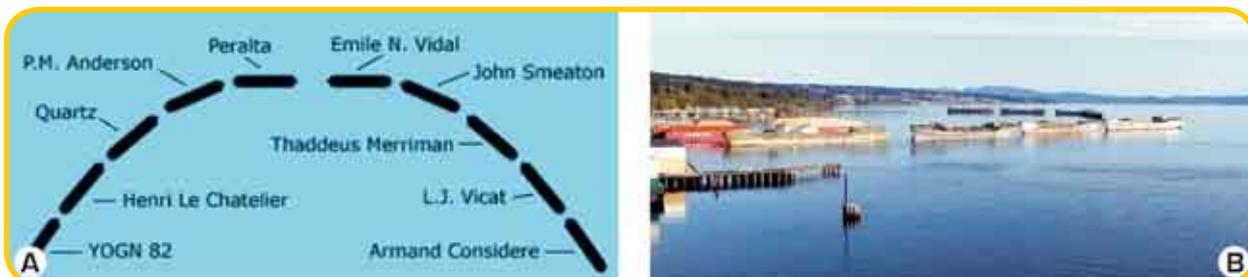


Figura 12. Corrente formada por navios de guerra como quebra mar em Powell River, Canadá. A fig. (a) ilustra a configuração dos navios pelos seus respectivos nomes.(www.concreteships.org)

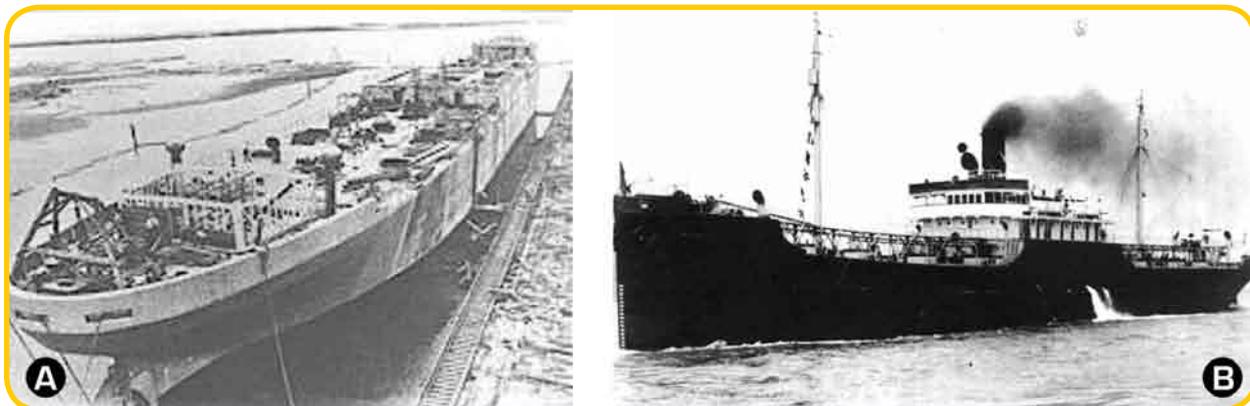


Figura 13 – Navios de concreto construídos na primeira guerra mundial: (a) Navio SS Selma; (b) Navio Palo Alto em alto-mar em 1920



Figura 14 – Navios de concreto construídos na primeira guerra mundial: (a) navio SS Cuyamaca em San Diego, Julho 1920; (b) Navio SS San Pasqual, hoje um hotel em Cuba (www.concreteships.org)

132m de comprimento, 16,5m de largura e 8m de altura, foi lançada ao mar em 28 de junho de 1920 com a função de transportar petróleo. Em março de 1921, ela foi atingida por um temporal e permaneceu durante os três anos seguintes ancorada. Em 1924, ela foi comprada pela Old Times Molasses Company of Havana em Cuba e usada como navio cargueiro em Santiago. Oito anos depois, San Pasqual foi desmontada e usada como depósito de navios em Havana. No período da segunda guerra mundial, essa embarcação foi utilizada para procurar submarinos

alemães. Durante a revolução de Cuba, esse navio serviu como prisão de soldados capturados pelo exército de Che Guavara. Desde então, o navio serviu para várias propostas, incluindo em seu currículo um clube de esporte para homens e um quartel general para competições de pescaria. Finalmente, na década de 90 o navio foi convertido em um hotel e permanece até os dias de hoje. O navio internamente pode ser visto no site: <http://www.geocities.com/vedado-habana/sanpasqual.html>. A embarcação San Pasqual está completando 86 anos e é a mais antiga dos navios de guerra.



Figura 15 – Barcaça Ardjuna construída na Indonésia pela Berger/Abam Engineers

Embarcações futuras

Hoje, com o aprimoramento da tecnologia dos concretos e com o desenvolvimento de novos materiais componentes, como os aditivos redutores de água e as adições pozolânicas, pode-se obter com facilidade alta resistência mecânica e elevada durabilidade. Além dos concretos de alta resistência, há a tecnologia da protensão com cabos

de aço de altíssima resistência, a tecnologia do pré-fabricado e os conceitos mais perfeitos de projetos com uso de computadores.

Com tudo isso, já se encontra no mercado grandes barcas de concreto que transportam gás natural liquefeito à -162° C, conforme Fig. 15. Uma dessas barcas é a Ardjuna Sakti, localizada no Mar Java na Indonésia. Ela possui um volume de 15.707

metros cúbicos de concreto protendido, 17 metros de altura, 41,5 metros de largura e 140,5 metros de comprimento, lançada ao mar em 1974 e está em excelente estado de conservação.

O que já era viável, simples, forte e econômico em outros tempos, um navio de concreto hoje, pode ser uma excelente opção para estruturas offshore.◆

Referências Bibliográficas

Berger/r Engineers, Inc.(2000) "Final Report Phase 1 – Concept Development Modular Hybrid Pier (MHP)". Naval Facilities Engineering Service Center. CR 00-001-SHR, february. 121 p.

Eberhardt, R. (1995) "Concrete Shipbuilding in San Diego, 1918-1920". The Journal of San Diego History. V.41, N.2.

Heron, D. W. (1991) "Forever Facing South: The Story of the S. S. Palo Alto "the Old Cement Ship" of Sealiff Beach". Ed. Otter B Books, july.104pp.

Morgan, R.G. (1972) "Concrete Ship". In Proceedings of the FIP Symposium Concrete Sea Structures. Tbilisi, September,1972. pp 114-119.

Morgan, R.G. (1977) "History and Technical Development of Concrete Ship". The Naval Architect. January, pp. 8 – 11.

Sturm, R. D.; McAshkill, N.; Burg, R. G.; Morgan, D. R. "Evolution of Lightweight Concrete Performance in 55 to 80 Year Old Ship". In ACI – SP189-7.

Tuthill, L. H. (1945) "Concrete Operations in the Concrete Ship Program". Journal of the American Concrete Institute. Detroit, Michigan, V.16, N.3, January. pp. 137-177.



CASSOL

PRÉ-FABRICADOS

Soluções pré-fabricadas em concreto com selo de qualidade.



FLORIANÓPOLIS - SC

RIO DE JANEIRO - RJ

CANOAAS - RS

CURITIBA - PR

Curitiba-PR • Tel.: (41) 3641-5900 • Fax.: (41) 3643-1524 • comercial@cassol.ind.br
Florianópolis-SC • Tel.: (48) 3381-2900 • Fax.: (48) 3259-1011 • cassolsc@cassol.ind.br
Rio de Janeiro-RJ • Tel.: (21) 2682-0864 • Fax.: (21) 3787-3465 • cassolrj@cassol.ind.br
Canoas-RS • Tel/fax.: (51) 3462-5900 • cassolrs@cassol.ind.br

www.cassol.ind.br



Concreto pré-fabricado ou moldado “*in loco*”? Às vezes, convém combinar os dois.

Carlos Franco

Diretor da CAL-FAC Consultoria & Engenharia Ltda.

Introdução

Pesquisas mostram que, no mundo ocidental, praticamente 50% das construções multi-pavimentos novas são hoje mistas. Geralmente, são a combinação de componentes pré-fabricados de concreto estrutural ou arquitetônico com outros materiais. Pela ordem de uso, o pré-fabricado é combinado com o aço, o concreto moldado “*in loco*”, alvenaria e madeira, em geral laminada.

Este movimento decorre de uma série de fatores:

Em primeiro lugar, o próprio desenvolvimento observado pela indústria de pré-fabricados nos últimos 15-20 anos, quer em qualidade e homogeneidade, quer em recursos técnicos e estéticos oferecidos.

Em segundo lugar, as vantagens globais da fabricação fora do canteiro, como melhor controle tecnológico, redução das limitações decorrentes de mau-tempo, redução de mão de obra, redução de prazos, tornaram-se de grande apelo para um mercado cada vez mais competitivo e restrito, como se observa a partir dos anos 90.

Em terceiro lugar, como qualquer material, a aplicação da pré-fabricação tem também as suas limitações. Desta sorte, o Mercado passou a exigir dos projetos uma Combinação Racional do pré-fabricado de concreto com outros materiais, de sorte a se obter SINERGIAS, OTIMIZAÇÃO DE FUNÇÕES e FLEXIBILIDADE dos diversos componentes da edificação. Desta forma, o projeto dos edifícios tornou-se MULTI-FUNCIONAL para cada um de seus componentes.

Assim, o concreto Estrutural/Arquitetônico pré-fabricado passou a ser utilizado num número crescente de edificações de prestígio, porém com uma demanda técnica, sobretudo no nível do projeto, cada vez mais complexa. A concepção destes edifícios também mudou. Muito da evolução conceitual que ocorreu veio da maior exigência de ROBUSTEZ e DURABILIDADE das estruturas. Daí, por exemplo, o uso da combinação com o concreto

moldado “*in loco*” para emular ligações contínuas ou próximas disso.

O objetivo deste artigo é mostrar alguns exemplos brasileiros de aplicação do concreto pré-fabricado e Moldado “*in loco*” com as justificativas técnicas que levaram a esta adoção, bem como os detalhes construtivos utilizados nas interfaces ou ligações. É nosso objetivo também mostrar que as soluções adotadas decorrem de uma boa interação entre as diversas disciplinas envolvidas; portanto, um bom trabalho de equipe, e de um bom conhecimento dos materiais empregados.

É importante salientar que a combinação pré-fabricado x moldado “*in loco*” é apenas uma dentre tantas situações de estruturas mistas a que podemos recorrer.

Exemplo 1: Supermercado de 5.000 m² de área total*

O 1º exemplo que descrevemos, é uma loja de supermercado de porte médio construída entre setembro e dezembro de 2005 na cidade de GOIÂNIA – GO. A loja tem um subsolo, Térreo e um mezanino.

O construtor que venceu esta concorrência muito apertada tinha já em mãos um pacote de todos os projetos para a loja, mas previu que para atender aos orçamentos, precisaria de alguma forma refazer o projeto estrutural, previsto inteiramente em pré-fabricado. Pelas condições do local, este não se viabilizaria economicamente.

Ocorre que nas vizinhanças não foi encontrada nenhuma indústria de pré-fabricados que pudesse executar o projeto proposto. Apenas em São Paulo existiam pré-fabricadores que poderiam produzir as peças dentro da geometria proposta no projeto original. O custo de transporte era proibitivo.

De início, previu fazer a obra em concreto convencional, mas verificou que não conseguiria atender aos prazos.

Quando contratados, sugerimos o uso de pré-fabricados executados em canteiro. As áreas disponíveis atendiam às necessidades de produção. Pensou-se executar o piso da garagem e sobre ele

produzir as peças necessárias com um mínimo de fôrmas.

Pela pouca experiência em obras pré-fabricadas e receio do construtor com o sistema empregado num prazo tão apertado, partiu-se para um sistema misto, mesmo que a um custo ligeiramente superior

Em conjunto optamos por fazer os pilares e consolos da obra moldados "in loco" (fig. 1), com fôrmas racionalizadas por um projetista local e adquirir de um fornecedor de Belo Horizonte (MG) a 1.000 km de distância, as vigas e as lajes alveolares. A modulação típica da obra é de 8,00 x 8,00 m com vigas e lajes unidirecionais e sobrecarga útil de 7 KN/m² para a loja.

Optou-se pelo concreto de 35 MPa para pilares, vigas e capa e 45 MPa para as lajes alveolares.



Fig. 1 – Pilares e consolos Moldados "in loco".

No sentido de reduzir os custos, o pré-fabricador propôs o uso de lajes alveolares de 15 cm de espessura; e 5 cm de capa para as lajes que fossem bi-engastadas; e 20 cm de espessura + 5 cm de capa para os demais casos.

Com a facilidade dos pilares moldados "in loco", cujo topo era concretado junto com a capa das lajes, as vigas internas protendidas foram otimizadas de forma a se poder contar com a continuidade para as cargas de enchimento, alvenaria, revestimento e sobrecarga útil, sendo cada vão isostático para peso próprio das vigas e lajes e capa moldada "in loco". Mesmo com a elevada sobrecarga, para a qual foi considerado o efeito de alternância que atenua o efeito de continuidade, conseguiu-se uma sensível redução do volume de concreto e uma boa economia de armaduras. Além disso, reduziu-se o volume de concreto que deveria percorrer os 1.000 km de distância entre a fábrica e o canteiro. Para a loja, os escoramentos foram totalmente eliminados.

De fato, o que se fez foi considerar o funcionamento de pré-vigas protendidas, complementadas em obra, conforme mostra o detalhe das (figs. 2 e 3).

Para as vigas de borda, não se utilizou nem a protensão nem a continuidade, sendo em-

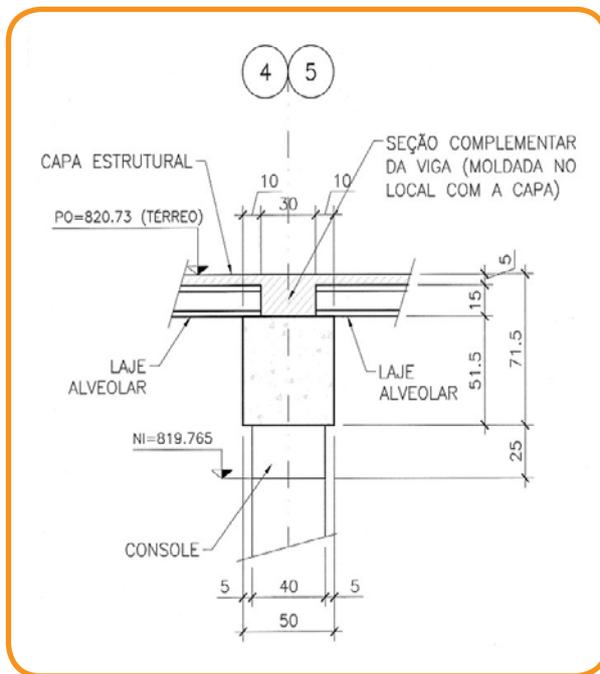


Fig. 2 – Corte típico da estrutura da loja.



Fig. 3 – Vigas internas e de borda prontas para a montagem. Notar superfícies rugosas para melhorar a aderência.

pregada apenas uma armadura de ligação entre o pilar e a viga que já vinha completa da fábrica. Esta solidarização ocorria também no momento da concretagem da capa.

Cuidados foram tomados nas juntas de concretagem, como limpeza adequada e saturação com água das superfícies de concreto seco.

Com esta solução, conseguimos atender a custo, prazos e desempenho da obra.

A adoção desta solução trouxe outros benefícios marginais :

1. Como os pilares foram moldados "in loco", não foi necessária a execução de cálices na fundação, cuja produção é demorada e exige muitas fôrmas. Sendo a fundação em tubulões com fustes escavados mecanicamente e o terreno superficial de boa qualidade, os blocos de fundação foram



Fig. 4 – Obra concluída.

simples prolongamentos cilíndricos dos fustes, produzidos com concreto de 35 MPa convenientemente armados com espiras e concretados contra o terreno. Houve grande economia de tempo com este sistema.

2. Pelo fato de não termos a operação de manuseio dos pilares, que muitas vezes os solicita mais que nas condições finais de uso, houve sensível economia de armadura nestes em relação ao projeto original.

Exemplo 2 : Capela de 150 m² de área total.*

O 2º exemplo que indicamos é o de uma capela construída dentro do “Campus” de São Bernardo do Campo, da Universidade Metodista.

Quando a obra nos foi proposta e vimos a arquitetura pela 1ª vez, vimos que tínhamos em mãos um grande desafio em propor uma solução estrutural para esta pequena e complexa obra:

- Apesar da reduzida dimensão em planta, a obra tem uma grande altura proporcionalmente (aprox. 12,00 m).
- Os planos inclinados que compõe a obra, não se tocam. Além disso, por terem alturas diferentes, geram esforços desequilibrados na estrutura.
- Internamente, os planos inclinados não poderiam mostrar nenhuma estrutura por questões arquitetônicas.
- O vão interno da “Nave” da capela excede longitudinalmente aos 10,00 m.
- Na parte superior, existia um pequeno campanário a ser sustentado.

Desde o início, vimos que seria necessário construir uma “espinha dorsal” moldada “in loco” para sustentar os planos inclinados (Fig. 5). Para executá-los, imaginamos inicialmente terças em estrutura metálica, sustentando externamente o granito que daria também a vedação da cobertura; e internamente “DRY-WALL” que formaria o plano interno da estrutura e melhoraria as condições termo-acústicas, com efeito, de fachada ventilada.

A evolução do projeto, com a eliminação do granito e o custo proibitivo que a estrutura metálica representou, fez com que partíssemos para uma outra solução.

Dentro do princípio de que as idéias surgem

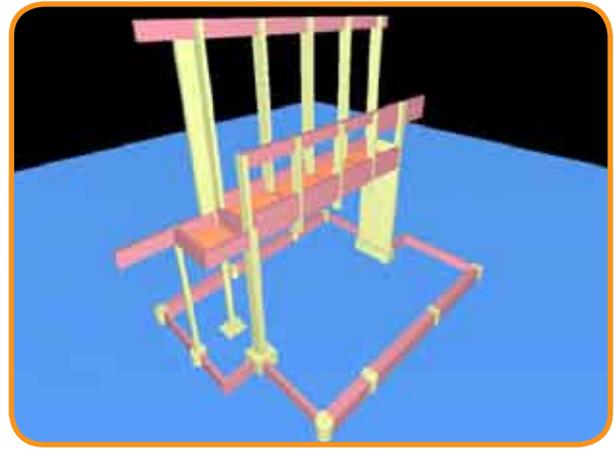


Fig. 5 – “Espinha dorsal” para a capela.

de associações do arsenal de nossa memória de exemplos bem sucedidos, tivemos num determinado momento e em grupo o “insight” de usar as lajes alveolares que vínhamos de empregar na obra anterior, no presente caso. A isso, somou-se também a experiência de conexões metálicas em Painéis Arquitetônicos que tínhamos pela vivência anterior de coordenação numa fábrica deste produto.

Desta sorte, mantivemos o conceito da “espinha dorsal” moldada “in loco” e associamos o emprego de lajes alveolares pré-fabricadas para a composição dos planos inclinados da obra.

Utilizamos ligações metálicas dúcteis soldadas na conexão superior das lajes alveolares; e ligações grou-teadas na base e nas chaves entre-lajes (figs. 6 e 7).

A solução só trouxe vantagens, pois :

- Permitiu fazer toda a obra em concreto reduzindo o seu custo.
- As lajes alveolares permitiram a aplicação do “FULGET”, material finalmente adotado para o acabamento exterior.
- As lajes protendidas com cabos praticamente centrados e 26,5 cm de altura sem capa foram eficientes para vencer os quase 12,50 m de vão desenvolvido.
- A presença dos alvéolos e da massa do concreto resultou num bom desempenho termo-acústico.
- Com ligações convenientemente estudadas, houve

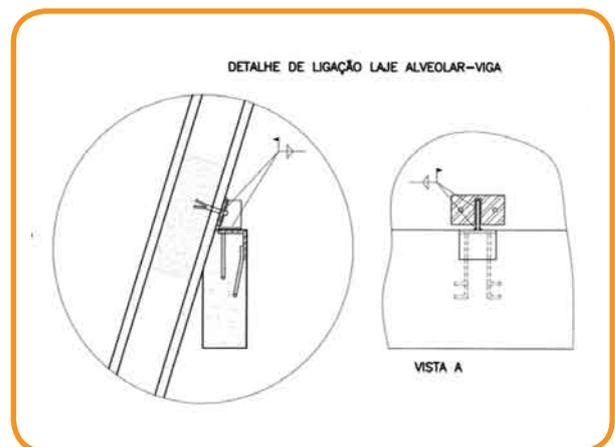


Fig. 6 – Topo da ligação das lajes alveolares. Os alvéolos foram preenchidos neste trecho. Empregaram-se chumbadores mecânicos e chapas soldadas ligadas a um “INSERT”, previamente deixado na viga.



Fig. 7 – Estrutura montada. Notar as ligações superiores.

importante redução de esforços na estrutura, pois as lajes alveolares foram utilizadas para travá-la ao vento significativo, devido a grande altura e a pequena largura da “espinha dorsal” de travamento. A cobertura em lajes alveolares de 290 m² foi montada em apenas um dia.

- Internamente, as lajes alveolares receberam somente pintura, tendo sido os frisos das juntas incorporados pela arquitetura.

Exemplo 3: Edifício Sede de uma Empresa de Telefonia em São Paulo.**

Nesta obra de 7 pavimentos, projetada brilhantemente pela VENDRAMINI Engenharia, optou-se por se fazer os elementos de fachada PORTANTES em sistema “TILT –UP”, em que o piso da obra é executado e desempenado, as peças convenientemente armadas concretadas contra este com o emprego de desmoldante e, finalmente, içadas para o local aonde ocorre sua solidarização.

Trata-se, portanto, de um caso de PRÉ-FABRICAÇÃO EM CANTEIRO.

No caso da presente obra, o primeiro conjunto de placas venceu 4 pavimentos, e superpostas a estas, um outro conjunto venceu os 3 pavimentos restantes.

As condições locais, com grande espaço em canteiro, facilitaram esta solução.

Internamente, devido aos grandes vãos bidirecionais pelas dimensões em planta da edifica-



Fig. 8 – Obra concluída.



Fig. 9 – Painéis “TILT UP” e lajes nervuradas em montagem.

ção, optou-se por um sistema de lajes nervuradas com fôrmas plásticas reaproveitáveis. Obteve-se assim um sistema estrutural de laje em grelha, de grande eficiência. Trata-se, portanto, de um sistema “MOLDADO IN LOCO”.

Foram deixados arranques nas paredes para engaste das nervuras, obtendo-se assim uma perfeita solidarização entre a laje e a parede.

A solução adotada para a estrutura possibilitou o atendimento ao cronograma da obra (reduzido em 4 meses por necessidade executiva) e uma redução no custo da estrutura de aproximadamente 10%.

O sistema acima e sua variante que utilizasse PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS INDUSTRIALIZADOS JÁ COM ACABAMENTO, apresentam uma alternativa pouco explorada em nosso país, porém com exemplos no exterior de mais de 40 anos. Mereceria ser melhor estudada. Existem exemplos também de painéis portantes acabados associados a lajes alveolares com mais de 12,75 m de vão e em regiões sísmicas, o que mostra a robustez da solução.

Conclusão

No nosso entender, o emprego de estruturas mistas oferece significativas oportunidades em Nosso Mercado. Talvez uma maior divulgação no meio técnico os torne mais freqüentemente empregados. ♦



Fig. 10 – Obra concluída.

** Vendramini Engenharia (Informações da obra nº 3)

Sinco 2006 contou com a presença de 300 profissionais

A Regional do Ceará junto com a Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) e o Instituto de Estudo dos Materiais de Construção (IEMAC) realizou nos dias 25, 26 e 27 de maio de 2006, em Sobral-CE, o III SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CONCRETOS ESPECIAIS – SINCO 2006.

O SINCO 2006 objetivou promover a divulgação dos novos conhecimentos na tecnologia do concreto, em especial, aqueles que se caracterizam por possuírem propriedades diferenciadas, buscando a formação de indivíduos mais conscientes e preparados, que possam contribuir para a melhoria da qualidade de vida na região do Vale do Acaraú.

“Estamos felizes com o resultado do SINCO 2006. O excelente nível das palestras, a participação de profissionais, professores e alunos oriundos de diferentes regiões brasileiras, e até mesmo do exterior, nos deixa com a sensação do dever cumprido. Somos gratos aos patrocinadores e a todos que nos apoiaram, especialmente o IBRACON. Nossos objetivos foram alcançados”, comentou o Prof. Francisco Carvalho, presidente da Comissão Organizadora.

O SINCO 2006 contou com a presença de mais de 300 participantes, oriundos de diversos estados brasileiros e também do exterior (Equador e Argentina).



Manaus realiza seu 3º curso MasterPEC

A regional IBRACON de Manaus realizou, nos dias 27 e 28 de abril, o terceiro curso do Programa MasterPEC. O engenheiro José Ramalho

Torres, do Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará, ministrou curso sobre o Controle Tecnológico de Obras.

Conheça os novos cursos MasterPEC de Manaus

Mês	Período	Assunto	Instrutor/Instituição
Maio	25 e 26	A Tecnologia do Concreto de Alto Desempenho	Jefferson Libório – USP São Carlos/SP
Julho	27 e 28	Conhecendo o Concreto Protendido	Ricardo Brígido – UNIFOR/CE
Agosto	24 e 25	Últimos Avanços nos Processos Construtivos	Luiz Henrique Ceotto – INPAR/SP
Outubro	5 e 6	Alvenaria Racionalizada e sua Economia	Fernando H. Sabbatini – USP/SP
Outubro	19 e 20	Pré-Fabricados em Concreto	Munir Kalil El Debs – USP/S.Carlos

Regional São Paulo apóia o 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado

Com o objetivo de promover a integração do setor acadêmico e do setor produtivo em torno ao concreto pré-moldado, foi realizado nos dias 03 e 04 de novembro de 2005, em São Carlos (SP) o Primeiro Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado.

Participaram do evento 252 profissionais, entre professores, alunos de graduação e pós-graduação, projetistas, fabricantes de equipamentos e produtos e construtores. Foram apresentados 45 trabalhos técnicos sobre os temas: Análise e sistemas estruturais; Ligações; Componentes e materiais; Lajes pré-fabricadas; e Aplicações especiais e outros assuntos.

O evento contou ainda com palestras de professores internacionais (Marco Menegotto; Björn Engström e; Maher K. Tadros); um painel sobre Pesquisa e Desenvolvimento/Financiamento, coordenado pelo Prof. Marcelo Araújo Ferreira (UFSCar); e uma Mesa Redonda, coordena-



nada pelo Prof. João Bento de Hanai (EESC-USP), que debateu os pontos de vista das instituições de pesquisa e ensino, dos fabricantes e dos projetistas de estruturas.

Regional do Rio Grande do Norte realiza Curso de Atualização da NBR 6118

A Regional do IBRACON no Rio Grande do Norte realizou, de 11 a 20 de maio de 2006, o Curso de Atualização sobre a NBR 6118/03 – Norma Brasileira de Projeto de Estruturas de Concreto, no Auditório do CREA da região. O curso teve a presença de mais de 50 profissionais.



O objetivo do curso foi informar a comunidade de engenheiros e arquitetos potiguares sobre os novos parâmetros de cálculo e de segurança adotados na NBR 6118, que entrou em vigor em 30 de março de 2004.

O palestrante foi o Prof. José Celso da Cunha, doutor em Mecânica de Solos e em Estruturas pela École Centrale de Paris (ECP) e pelo Centre d'Études et des Recherches du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP).

O engenheiro é membro da Comissão Nacional de Engenheiros, Professores e Pesquisadores, formada pelo COBRACON/CB-2 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, responsável pela revisão da Norma. O evento foi patrocinado pela Belgo – Grupo Arcelor.

Regional do Paraná promove curso de pós-graduação

Acontece na Universidade Tuiuti do Paraná – UTP, em Curitiba-PR, sob a coordenação dos Engenheiros Luis César S. de Luca e Cesar Henrique S. Daher, a Pós-graduação “lato-sensu” em Patologia nas Obras Civas, a qual conta com o apoio do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON. A solenidade de abertura



Prof. Luis Cesar de Luca, Prof. César Zanchi Daher (diretor regional do IBRACON no Paraná), Prof. Paulo Helene (Presidente do IBRACON) e Prof. Cesar Henrique Daher



Prof. Paulo Helene, recebendo a homenagem dos professores Cesar Henrique Daher e Luis Cesar de Luca durante a solenidade.



Prof. Luis Cesar de Luca proferindo seu discurso e os componentes da mesa, durante a solenidade de abertura.

ocorreu em 10 de março, no auditório do Sindicato da Indústria da Construção – SINDUSCON-PR, e contou com a palestra inaugural do Presidente do IBRACON, Prof. Paulo Helene, homenageado na ocasião.

O evento contou com a presença de mais de 140 pessoas, dentre estudantes, profissionais e pesquisadores. Segundo o Prof. Paulo Helene, trata-se do curso de especialização com a maior carga horária nesta área em nosso país.

Destaques para as presenças do vice-presidente do Instituto de Engenharia do Paraná – IEP, Eng. José Alfredo Brenner; do Presidente do Sinduscon-PR, Eng. Júlio César de Araújo Filho; do diretor regional do IBRACON, Eng. César Zanchi Daher; do Coordenador do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tuiuti do Paraná, Prof. Luiz Capraro; e da Pró-reitora de Pós-graduação da Universidade Tuiuti do Paraná, Prof.^a Elizabeth Sbardelini, os quais compuseram a mesa de abertura da solenidade, juntamente com o Prof. Paulo Helene.

O curso, que abrange as áreas de Edificações, Pontes e Viadutos, Barragens, Fundações, Pisos, Pavimentos Rígidos, Revestimentos, Sistemas Hidráulicos e Estruturas Metálicas, já contou com os seguintes módulos:

- ◆ Introdução à Patologia, ministrada pelo Eng. Cesar Henrique Sato Daher (DAHER Tecnologia em Engenharia / UTP);
- ◆ Ensaios, Sintomatologia, Vida Útil e Diagnósticos de Manifestações Patológicas nas Obras Civas, ministrado pelo Eng. Antônio Carmona Filho (EXATA Engenharia e Assessoria);
- ◆ Produtos para Recuperação, ministrado pelo Eng. Guilherme Buest (Hagen do Brasil);
- ◆ Técnicas de Recuperação, ministrado pelo Eng. Paulo Barbosa (PhDesign Engenharia).
- ◆ Patologia em Pisos Industriais, ministrada pelo Eng. José Eduardo Granato (Degussa CC Brasil);
- ◆ Patologia em Pavimentos Rígidos, ministrada pelo Eng. Carlos Roberto Giublin (ABCP – Região Sul);
- ◆ Sistemas de Impermeabilização, ministrada pelo Eng. Marcos Storte (Viapol Impermeabilizantes)

Maiores informações no site

<http://www.utp.br/proppe/latosensu/>

Regional de Florianópolis promove curso de Manutenção Predial

O IBRACON, através da Diretoria Regional de Florianópolis, está apoiando a iniciativa da UNIVALI de ministrar o Curso de Manutenção Predial.

O objetivo do curso é preparar o profissional técnico e eticamente para trabalhar com diversos aspectos da manutenção predial, dentre outros: ser capaz de identificar os diversos tipos de deterioração; conhecer materiais e técnicas de reparo para prolongar a vida útil das edificações.

O curso tem como coordenador o professor Andriei José Beber, do Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar da Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI.

A carga horária é de 375 horas/aula divididas entre os seguintes tópicos:

- ◆ Gerência da Manutenção
- ◆ Legislação
- ◆ Qualidade nas Obras Civis

- ◆ Patologia das Fundações
- ◆ Durabilidade e Vida Útil das Estruturas
- ◆ Tópicos Especiais em Estruturas de Concreto
- ◆ Patologia e Sintomatologia
- ◆ Inspeção e Avaliação da Segurança de Estruturas
- ◆ Tópicos Especiais em Estruturas Metálicas e de Madeiras
- ◆ Reforço e Recuperação de Estruturas
- ◆ Alvenaria de Vedação
- ◆ Revestimentos
- ◆ Análise de Desempenho de Projeto e Tecnologia
- ◆ Impermeabilização e Isolação Térmica e Acústica
- ◆ Manutenção de Sistemas de Ventilação e de Ar Condicionado
- ◆ Manutenção de Instalações Elétricas e de Telecomunicações
- ◆ Avaliação Pós Ocupacional

Para mais informações:

Tel. (47) 3341-7534/7652

www.univali.br ◆

48° CBC2006 congresso brasileiro do concreto

Concurso Ibracon

ousadia
engenharia + arquitetura

Comissão Julgadora:

Arq. Índio da Costa - RJ/Brasil;
Arqta. Gláydys Toledo - RJ/Brasil;
Arq. Jair Varela - RJ/Brasil;
Arq. Paulo Casé - RJ/Brasil;
Arq. Ruy Ohtake - SP/Brasil;
Eng. Adão da Fonseca - Porto/Portugal;
Eng. Bruno Contarini - RJ/Brasil;
Eng. Leonardo Garzón - NY/USA;
Eng. Paulo Helene - SP/Brasil.

Comissão Organizadora:

Arq. Maria Fernanda Pereira; Arq. Alessandra Alves Andradre;
Arq. Ricardo Alencar; Eng. Rubens Bittencourt.

tema:

PRAÇARELA

Elaborar projeto básico de uma praça+passarela, em concreto armado ou protendido, ligando o Maracanã com a quinta da Boa Vista no bairro de São Cristóvão - Rio de Janeiro/RJ

Rio Centro - Pavilhão 5 - Rio de Janeiro/RJ
Período: de 22 a 27 de setembro de 2006
Ibracon - Instituto Brasileiro do Concreto



Viabilidade técnica e econômica do concreto auto-adensável em empresas de pré-moldado

Tutikian, B. F.
Dal Molin, D.C.
UFRGS, NORIE, PPGEC
Eng^o Rodrigo Lamarga
Eng^o Fábio Vecilli

Degussa Construction Chemicals Brasil

Resumo

Foi realizada neste trabalho uma ampla comparação entre o concreto convencional (CCV) e o auto-adensável (CAA) em empresas de pré-moldados. Todas as principais etapas do processo foram medidas para os dois tipos de concreto, como o custo das misturas, o transporte, o adensamento, o acabamento, os reparos eventuais e outros itens não quantitativos, como o acabamento final das peças ou o ruído dentro das fábricas, para que fosse possível comparar não apenas os custos unitários dos materiais, e sim, o custo global de produção. Observou-se que o processo com o CAA pode ser viabilizado com vantagens em relação ao processo tradicional.

1 – Introdução

O termo concreto auto-adensável (CAA) identifica uma categoria de material cimentício que pode ser moldado nas fôrmas e preencher cada espaço exclusivamente através de seu peso próprio, sem necessidade de qualquer forma de compactação ou vibração externa.

A auto-adensabilidade do concreto no estado fresco é descrita como a habilidade de todo o material preencher espaços e envolver as barras de aço e outros obstáculos, através, exclusivamente, da ação da força da gravidade, mantendo uma homogeneidade adequada [1].

Há poucas referências a respeito da utilização do concreto auto-adensável em obras de engenharia. E, normalmente, as utilizações são em estruturas especiais, complicadas de se concretar com o concreto convencional, uma vez que, além da falta de conhecimento técnico à respeito do assunto, o custo deste tipo de concreto pode ser mais elevado do que de concretos convencionais (CC) [2].

De acordo com Bernabeu [3], o uso do CAA é economicamente viável em situações específicas: quando há dificuldade para o adensamento ou vibração do material ou armaduras muito densas. Já, em situações corriqueiras, necessita-se de um estudo global, abrangendo todas as variáveis, para a determinação do tipo de concreto mais viável economicamente, o CAA ou o CC. Em muitos casos, a economia proporcionada pelo CAA compensa o custo mais elevado de seus materiais, se comparado aos concretos convencionais. Estudos de caso realizados na França e na Suécia apontaram uma economia de 10% no custo final da estrutura realizada com CAA.

Tabela 1
Massas específica e unitária dos materiais

	Massa Específica (kg/dm ³)	Massa Unitária (kg/dm ³)
Cimento ARI-RS	3,03	-
Areia Grossa	2,57	1,52
Areia Fina	2,70	1,51
Brita 1	2,84	1,43

Tabela 2
Análise granulométrica dos agregados

Aberturas das peneiras (mm)	Agregado Graúdo	Agregado Miúdo 1	Agregado Miúdo 2
	Quantidade Retida Acumulada (%)	Quantidade Retida Acumulada (%)	Quantidade Retida Acumulada (%)
# 19,00	0	0	0
# 12,50	0	0	0
# 9,50	94	0	0
# 4,80	99	0	3
# 2,40	100	0	10
# 1,20	100	15	52
# 0,60	100	35	85
# 0,30	100	75	99
# 0,15	100	91	100
Módulo de Finura	6,93	2,16	3,49
Dimensão Máxima	12,5 mm	2,4 mm	4,8 mm
Limite Granulométrico	BRITA 1	AREIA FINA	AREIA GROSSA

Gomes et al. [4] afirmam que o desenvolvimento de concretos especiais, especificamente o auto-adensável, que utilizam alta dosagem de resíduos sólidos industriais na forma de finos, é uma contribuição positiva para o desenvolvimento sustentável do concreto. Ao utilizar-se sílica ativa, cinza volante, metacaulim, escória de alto-forno e cinza de casca de arroz em substituição ao cimento, obtêm-se um ganho ecológico significativo, já que estes são resíduos ou subprodutos industriais.

Com a eliminação da vibração ou compactação mecânica, o ambiente pode melhorar bastante, o trabalho fica mais leve e o barulho da vibração é eliminado. O uso do CAA direciona a construção ci-

vil para uma produção industrializada, diminuindo o custo da mão-de-obra, aumentando a qualidade, a durabilidade, a confiança na estrutura e a segurança dos trabalhadores.

2 – Objetivos

O objetivo deste trabalho é de comparar o custo global em empresas de pré-moldados entre o sistema tradicional com o concreto convencional e um sistema alternativo, com o CAA. Foram comparados o custo das misturas,

Tabela 3
Custos comparativos das etapas na empresa "A"

ETAPA	EMPRESA "A"			
	CC		CAA	
	Nº Pessoas	Custo (R\$/m ³)	Nº Pessoas	Custo (R\$/m ³)
Composição do concreto	0	59,36	0	73,87
Mistura do concreto	1	1,43	1	1,43
Transporte	1	6,45	1	6,45
Aplicação do desmoldante	3	4,44	3	4,44
Adensamento	5	11,12	2	2,22
Acabamento	4	2,93	2	0,59
Reparos	2	6,06	0	0
TOTAL		90,37		87,58

Tabela 4
Custos comparativos das etapas na empresa "B"

EMPRESA "B"				
ETAPA	CC		CAA	
	Nº Pessoas	Custo (R\$/m³)	Nº Pessoas	Custo (R\$/m³)
Composição do concreto	0	298,01	0	335,48
Mistura do concreto	2	2,86	2	2,86
Transporte	2	8,40	2	8,40
Aplicação do desmoldante	2	2,42	2	2,42
Adensamento	9	19,91	4	3,98
Acabamento	5	3,66	2	0,73
Reparos	3	8,99	0	0
TOTAL		341,39		351,01

o transporte, o adensamento, o acabamento, os reparos eventuais e outros itens não quantitativos, como o acabamento final das peças ou o ruído dentro das fábricas.

3 – Vantagens do CAA

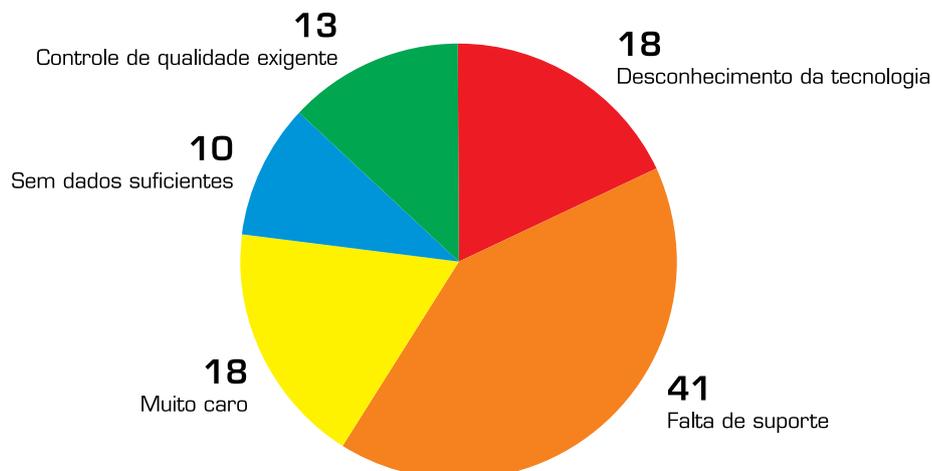
O CAA pode ser utilizado tanto moldado *in loco* como na indústria de pré-moldados, pode ser dosado no canteiro de obras ou em centrais de concreto, e depois transportado via caminhão betoneira para as construções. Também pode ser lançado com bombas de concreto, guas ou simplesmente espalhado, ou seja, o

CAA é tão versátil quanto o concreto convencional. Este concreto proporciona inúmeras vantagens, entre as quais [5]:

- a) Acelera a construção;
- b) Reduz a mão-de-obra no canteiro;
- c) Melhora o acabamento final da superfície;
- d) Pode aumentar a durabilidade por ser mais fácil de adensar;
- e) Permite grande liberdade de formas e dimensões;
- f) Permite concretagens em peças de seções reduzidas;
- g) Elimina o barulho de vibração;
- h) Torna o local de trabalho mais seguro, em função da diminuição do número de trabalhadores;

Figura 1
Pesquisa averiguando razões para não utilizar o CAA

Razões para não usar o CAA segundo empresários do setor



- i) Pode obter um ganho ecológico;
- j) Pode reduzir o custo final do concreto e/ou da estrutura.

O CAA vem sendo descrito por muitos pesquisadores como uma grande revolução ocorrida na tecnologia do concreto. Sua utilização, apesar de estar aumentando consideravelmente, ainda é pequena, se forem analisadas todas as vantagens que este material permite obter. Uma pesquisa, realizada por Szecsy [6], em 2005, nos Estados Unidos, retratada na figura 1, relata os motivos, segundo os produtores, para não utilizarem o CAA.

Observa-se que estas razões são discutíveis e revelam, na sua maioria, o desconhecimento dos empresários nesta nova tecnologia. Do total, 18% disseram não conhecer o CAA, 10% afirmaram não terem dados suficientes para maiores conclusões e 41% não utilizam o CAA, pois não têm assistência. Estas três razões somam 69% de empreendedores, que poderiam empregar o CAA em suas empresas, se obtivessem mais dados a respeito do material.

Deve-se ressaltar que, realmente, os 13% que relataram não utilizar o CAA por este exigir um controle de qualidade superior ao concreto convencional, estão corretos. Este novo tipo de concreto é uma evolução e é mais sensível, logo cuidados maiores são necessários. Porém estes cuidados não são excessivos, não sendo, na visão destes autores, motivo para o não uso, apenas uma preocupação a mais que deve ser levada em conta.

E quanto à exclusão de o CAA ser uma tecnologia mais cara, este é o objetivo deste trabalho: mostrar que há casos onde o CAA

pode compensar o aumento de custo dos materiais com ganhos de produtividade. Um estudo semelhante de Geyer [7], porém realizado em uma construtora, mostrou que a viabilidade econômica do CAA é possível de se alcançar, com largas vantagens em relação ao sistema tradicional.

4 – Programa experimental

Foram escolhidas duas empresas de pré-moldados no estado do Rio Grande do Sul – BR, para que fosse realizado o estudo. Primeiro, pesquisadores monitoraram o processo convencional destas empresas, influenciando o mínimo possível. Após, realizou-se a mesma medição, porém utilizando o CAA, com as mesmas características do CC no estado endurecido. Na empresa 'A', a resistência à compressão do concreto era de 30 MPa, com o valor do ensaio de Slump Test de 60 mm. Enquanto que na empresa 'B' a resistência à compressão era de 80 MPa, com a mesma trabalhabilidade do outro concreto.

O CAA foi dosado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através do método de dosagem proposto por Tutikian [6]. Foram usados os mesmos materiais nos dois tipos de concreto, nas duas empresas. O cimento foi o ARI/RS, cimento de alta resistência inicial, resistente a sulfatos. O fino utilizado foi a areia fina, por ser de fácil armazenagem e manuseio dentro das empresas e por ser abundante na região do estudo. As massas específicas destes materiais foram determinadas através do ensaio descrito na NBR NM 23, para o cimento, e NBR NM 53 e NBR NM 52, para os agregados graúdo e miúdo. Os resultados estão na tabela 1. Já as massas unitárias, que também estão expressas na tabela 1, foram determinadas baseado no ensaio da NBR 7251. A composição granulométrica foi feita de acordo com o estabelecido na NBR NM 248, mostradas na tabela 2. Para estes ensaios, a amostra foi coletada conforme a NBR NM 26.

E, por último, foi utilizado aditivo superplastificante de terceira geração, a base de policarboxilatos. As características destes materiais foram fornecidas pelo fabricante. O superplastificante de terceira geração possui um pH variando entre 5 e 7, massa específica entre 1,067 e 1,107 kg/dm³ e sólidos entre 38 e 42% [7].

Deve-se considerar que as características dos concretos das duas empresas não são iguais, não se devendo, assim, comparar custos entre uma empresa e outra.



Figura 2 – Concretagem com o CAA com poucas pessoas, na empresa "A".



Figura 3 – Aspecto final da peça, sem acabamentos, na empresa “B”.

5 – Resultados

Os resultados das medições estão expressas nas tabelas 3, para a empresa ‘A’, e na tabela 4, para a empresa ‘B’.

Observa-se que os custos totais foram equivalentes, com o sistema com o CAA apresentando uma redução de custo total de 3,09% na empresa ‘A’ e um aumento de custo total de 2,82% para a empresa ‘B’, viabilizando sua utilização nestes dois locais. Esta equivalência de custo ocorreu em função dos ganhos de produtividade que o CAA proporciona, já que o custo dos materiais do CAA em relação ao CC foi mais caro para as duas empresas, em 24,44% na ‘A’ e 12,57% na ‘B’. Na empresa ‘B’, que trabalha com a resistência à compressão superior, a diferença de custo entre o CAA e o CC foi menor, já que a medida em que aumenta os valores de resistência, se torna mais fácil à dosagem do CAA. Os ganhos do CAA para o CC foram obtidos na fase de adensamento, acabamentos e reparos, a qual não existe para o CAA. Devido à elevada fluidez do CAA, o adensamento é realizado através da força da gravidade, onde os operários têm o trabalho apenas de reguar a mistura, para facilitar o acabamento. Então se diminuiu muitos trabalhadores nestas etapas. A figura 2 ilustra uma concretagem, na empresa ‘A’, com poucos trabalhadores. Observa-se a possibilidade de aumentar a produção, concretando, por exemplo, várias peças ao mesmo tempo.

Devem-se salientar outros ganhos que o CAA obteve em relação ao CC, que não foram quantificados neste estudo. O número de trabalhadores diminuiu significativamente, chegando

a reduzir em quase 45% em uma etapa do processo, no caso, o adensamento da empresa ‘B’. Diminuir o número de trabalhadores em uma fábrica significa diminuir a probabilidade de ocorrência de acidentes de trabalho, a quantidade de equipamentos de proteção individual e a possibilidade de ações judiciais, entre outros.

Eliminou-se a vibração do concreto, onde se pode economizar na manutenção dos equipamentos, na conta de energia elétrica e no ruído dentro da planta, diminuindo mais uma vez riscos de acidentes de trabalho. A eliminação da vibração também aumenta a vida útil das fôrmas e a necessidade de grandes amarrações para evitar sua separação durante a concretagem.

Também a velocidade de concretagem das peças foi maior, possibilitando o aumento de produção global de uma determinada infra-estrutura. A qualidade do acabamento final foi facilitada e melhorada, com o concreto sendo mais bem compactado e diminuindo os poros da superfície das peças, aumentando assim, a durabilidade do concreto. Como pode-se observar na figura 3, as peças já saem prontas da fôrma, evitando inclusive, a necessidade de uma área de reparos na fábrica.

Apesar de não ter sido utilizado neste trabalho, pode-se utilizar cinza volante em substituição ao cimento, que é um componente mais barato e, ao mesmo tempo, ecologicamente correto, já que é um subproduto da indústria do carvão. Assim, ao invés de ser disposto de forma agressiva à natureza, pode ser usado no concreto em substituição ao cimento, cuja produção é altamente impactante ao meio ambiente.

Deve-se salientar que o CAA, ao contrário do CC, foi dosado e utilizado apenas para este trabalho experimental, então não se pôde racionalizar o traço ao máximo, o que só se conseguiria com uma seqüência de produção. Certamente se poderiam obter melhorias ao longo do tempo, melhorando ainda mais sua viabilidade.

No entanto, o CAA também possui algumas desvantagens, como a necessidade de utilização de um componente novo, como a areia fina ou a cinza volante, e fôrmas altamente estanques. A utilização de um componente novo exige um determinado investimento inicial, para adaptar a estrutura a esta nova realidade, como, por exemplo, a aquisição de um silo. E as fôrmas devem ser estanques para que não ocorra fuga de nata, mas no caso de indústrias de pré-moldados onde normalmente já se utiliza fôrma metálica estanques, este problema não existe.

6 – Conclusões

Após o trabalho experimental, pode-se concluir que o método com o CAA foi viável técnica e economicamente para as duas empresas, já que o CAA teve um custo global parecido nos dois casos. O

aumento de custo provocado pelos componentes do CAA foi totalmente compensado por seus ganhos de mão de obra, como no adensamento, no acabamento e nos reparos. O CAA também proporcionou uma série de vantagens que não puderam ser

mensuradas neste trabalho, como a diminuição dos funcionários no processo, a diminuição do ruído e a possibilidade de utilização de resíduos industriais em substituição ao cimento, podendo-se, inclusive, utilizar o concreto verde.◆

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BOSILJKOV, V.B. SCC mixes with poorly graded aggregate and high volume of limestone filler. In: Cement and Concrete Research, n. 33, p. 1279-1286, 2003.
- [2] AMBROISE, J.; ROLS, S.; PÉRA, J. Production and testing of self-leveling concrete. In: High Performance Concrete. CD-ROM, p. 555-565, Gramado, 1999.
- [3] BERNABEU. Productivity and economy. In: Brite EuRam Program: Rational production and improved working environment through using self compacting concrete. Task 8.6, p.1-30, 2000.
- [4] GOMES, P.C.C; GETTU, R.; AGULLÓ, L.; TENÓRIO, J.J.L. Concreto auto-adensável um aliado ao desenvolvimento sustentável do concreto. In: 45º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, CD-ROM, Vitória, 2003.
- [5] TUTIKIAN, B.F. Método para dosagem de concretos auto-adensáveis. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 2004.
- [6] SZECSY, R. Integration and application of self-compacting concrete as a technology into other typer of performance concrete. In: Second North American Conference on the Design and Use of SCC and the Fourth International RILEM Symposium on SCC, Chicago, Illinois, 2005.
- [7] GEYER, A. Utilização de concreto auto-adensável em estruturas de edifícios com custos inferiores ao concreto convencional. In: 12º concurso Falcão Bauer, 2005.



Rheotec

Especialista na fabricação de aditivos para concretos e argamassas, conferindo aos mesmos o incremento de suas propriedades técnicas.



"Parabenizamos a diretoria e funcionários da ABCP pelos seus 70 anos de inestimáveis serviços prestados à toda a sociedade brasileira, e em especial à engenharia nacional"

Rheotec



Continuamos iludidos em nossos cálculos de concreto armado?

Augusto Carlos de Vasconcelos
Consultor & Conselheiro do IBRACON

Fala-se muito que vivemos num mundo de ilusões. Que lutamos desesperadamente para conseguir algo, dinheiro, posição, mulheres, poder, etc, e, quando conseguimos, não lhe damos aquele valor que esperávamos.

Realmente, isto acontece com muitas pessoas. Isto acontece também em nossa atividade profissional. No começo da carreira, em que temos aquele ideal inato em nós mesmos, procuramos aprender, estudar, ouvir opiniões, para conseguir realizar nossa tarefa da melhor maneira possível. Estudamos as normas técnicas, procuramos entender seu significado e a razão de suas exigências, e acreditamos que estamos fazendo o melhor.

Com o passar dos anos, verificamos que as normas mudaram. Aquilo que era exigido antes, não o é mais. Ou então, novas exigências estão aparecendo, contrariando tudo o que aprendemos. Querem alguns exemplos? Tenho um monte deles.

No começo do concreto protendido, e eu me incluo nesse começo, acreditava-se que era necessário evitar qualquer tensão de tração. José Rudloff Mans, um dos pioneiros de sistemas da protensão no Brasil, dizia sempre: "É conveniente calcular de tal modo que, na situação mais desfavorável e depois da ocorrência de todas as perdas, ainda resulte um resíduo de, pelo menos, 5 kgf/cm² de compressão". Era o que Freyssinet recomendava.

Depois disso, os alemães "inventaram" a "protensão limitada" (begrenzte Vorspannung) e



mudamos nossas idéias: é possível aceitar tensões de tração no concreto, desde que essas tensões sejam menores do que a tensão de ruptura do concreto à tração na flexão. Mesmo assim, nunca deixávamos de colocar alguma armadura, como se fazia no concreto armado, para absorver a cunha de tensões de tração determinada no Estádio I. E a tensão nessa armadura não podia ser elevada, caso contrário o concreto fissuraria antes do aço ser solicitado. Isso permaneceu assim durante muitos anos.

Um dia, o famoso Fritz Leonhardt precisou resolver o problema de uma longa parede de uma usina termelétrica na Alemanha e pensou em aplicar a protensão para absorver as tensões de retração do concreto. Verificou que a quantidade de cabos de protensão necessários para exercer essa função, dentro das exigências das normas alemãs, era tão grande que não

compensava. Seria mais econômico colocar armaduras passivas. Ele então raciocinou: “É mais eficiente colocar alguns cabos esticados do que muitas barras frouxas”. E assim fez, contrariando os teóricos que fizeram as normas. Foi criticado em muitas situações como essa. Combateu, violentamente, até que conseguiu impor a chamada “protensão moderada” (mäßige Vorspannung). Hoje, as normas alemãs aceitam não somente a protensão moderada, mas ainda mais, a “protensão parcial” (teilweise Vorspannung). Essa protensão parcial começou com um depoimento do austríaco Paul Abeles no congresso de Liège, quando apresentou seus dormentes de estradas de ferro inglesas. Pelas suas experiências de que, ao protender os fios de protensão com aderência em dormentes especiais, a carga de ruptura era a mesma, quer todos os fios estivessem esticados ao máximo de sua capacidade, quer alguns fios estivessem frouxos. A diferença estava apenas no comportamento em serviço. Foi tão criticado por Freyssinet, que nunca mais falou nada a respeito da protensão parcial. Hoje, se aceita em todo o mundo a protensão parcial com o seguinte raciocínio: se, no concreto armado aceitamos o concreto com qualquer valor da tensão de tração (que não se calcula), desde que haja armadura suficiente para absorção dos esforços com pequenas deformações (fissuras finas), porque não aceitar também no concreto protendido?

Daí em diante, concreto armado e concreto protendido passaram a ser tratados do mesmo modo. Num deles existia uma tensão prévia na armadura, no outro não. Não existia mais qualquer outra diferença e o concreto armado ou protendido passou a fazer parte de uma categoria mais ampla: concreto estrutural, conforme denominação criada pelo notável holandês Anton Bruggeling. Freyssinet deve ter dado várias voltas em seu túmulo ao perceber tal “sacrilégio”.

As mesmas dificuldades teve o concreto protendido com os cabos não aderentes. Tendo eu tido oportunidade de assistir as primeiras aulas de “Construções Protendidas” do Prof. Hubert Rüschi, na Alemanha do pós-guerra em Munique, aprendi que não se devia usar cabos de protensão sem aderência. Todos os cabos imersos em bainha metálica corrugada deviam receber uma injeção de nata de cimento para estabelecer a aderência. Quando anos mais tarde, escrevi ao Prof. Rüschi perguntando sua opinião relativa ao uso de bainhas de plástico que estavam sendo introduzidas no Brasil, recebi uma resposta contundente: “Muito me admiro de V. me fazer uma pergunta dessas, depois de ter assistido o meu curso de Construções Protendidas”. Fiquei com “a cara no chão” com tal advertência, já que ele argumentava ficar o concreto com fissuras de grande abertura (muitas vezes sem o aparecimento de outras fissuras, depois da primeira !). Percebi logo a cretinice de minha pergunta.

Hoje, isto já está superado. Aceita-se, normalmente, a protensão sem aderência com cabos engraxados, resolvendo-se a questão das fissuras muito abertas com a inclusão de armadura passiva, que funciona como no concreto armado mantendo as fissuras finas.

Como se percebe, tudo muda. Ninguém é dono da verdade. O máximo que se pode dizer é: “No

estado atual do conhecimento, permite-se fazer tal coisa, desde que...”.

No início do concreto protendido, o cálculo era feito em serviço, limitando as posições do cabo resultante dentro de um fuso cuidadosamente determinado. Qualquer ultrapassagem desse limite significava que as tensões ficavam fora da faixa permitida, quer por excesso de tração, quer por excesso de compressão. Não se cuidava de saber qual era a segurança contra a ruptura. Foi o Prof. Rüschi o primeiro a considerar o cálculo de verificação da segurança à ruptura, antes do uso do termo “Estado Limite Último” (Bruchsicherheitnachweis). Freyssinet nunca havia feito tal verificação.

Em cada fase, os engenheiros se consideravam os mais modernos e os mais capacitados para qualquer expectativa futura. Hoje, minha pergunta ao Prof. Rüschi não seria considerada cretina. Se ele estivesse vivo, eu voltaria a escrever-lhe sobre o assunto...

Acabei de mostrar um exemplo no concreto protendido. Isto se repete em qualquer ramo do conhecimento humano. O que se aceita, hoje, em finanças, seria um sacrilégio no século passado. A escravatura era considerada normal em muitas partes do mundo 200 anos atrás. Hoje ainda existe escravidão, mas em outra área, por exemplo, “escravidão intelectual” em que somos obrigados a seguir determinadas normas, mesmo contra nossas idéias, que nem sempre são tão cretinas como parecem.

No campo da estabilidade global, a revolução foi enorme. Antes se determinava a carga de flambagem de um pilar, que era comparada com a carga em serviço. Como o perigo da ocorrência da flambagem é catastrófico, sem qualquer aviso, o afastamento para a carga de serviço devia ser maior do que para as ruínas avisadas. Considerava-se satisfatória a distância de 3 vezes a carga de uso em relação à carga de flambagem. No caso das estruturas em arco, o afastamento devia ser maior, pois a catástrofe decorrente da flambagem de um arco não se limitava apenas ao arco, e sim a toda a estrutura suportada pelo arco. A segurança devia ser, no mínimo, 5. Os estudos mais aprofundados do comportamento do concreto estrutural mostraram que não existe no concreto a passagem repentina de uma situação estável para outra instável. Vão surgindo deslocamentos não proporcionais às cargas até acontecer a ruína por incapacidade de resistência aos momentos decorrentes desse procedimento. Transformou-se o cálculo da flambagem no cálculo da amplificação dos momentos. Se a estrutura resistir bem aos momentos majorados, então a segurança estará garantida. É o pensamento de hoje. Mas ainda há muitos engenheiros que falam de flambagem... Isto não te pertence mais!!

Hoje, eu me sinto perdido. Em vários casos de consultoria, tenho-me deparado com cálculos de enormes amplificações de momentos, totalmente fora da faixa confiável. Mas o fato surpreendente é que as construções estão aí. Eu fui chamado por causa de problemas totalmente distintos: mudanças de uso, supressão de paredes, aberturas para escadas em lajes... Devo alertar o cliente que sua estrutura não resiste a qualquer valor da velocidade básica do vento? Devo ignorar a realidade?

Numa obra que calculei, em 1954, foi feita uma vistoria por mera curiosidade. A obra encontra-se em situação invejável: não existem fissuras, nem no concreto nem nas alvenarias. Não há sinais de corrosão de armaduras. Não há deformações excessivas. Não há desaprumo. Não há manchas de fungos características de infiltrações. Para minha surpresa, cálculos que foram feitos há alguns anos, mostraram que a estrutura não passava nas normas de 1978. Será que continua não passando na norma de 2003? Não quero morrer sem eliminar esta dúvida e encontrar a causa: norma exagerada? Insuficiência dos cálculos atuais? Desconhecimento dos materiais a longo prazo?

Ouçõ muita gente afirmar: que agora as normas chegaram a tal ponto de sofisticação que não é possível avançar mais. Não é o que está ocorrendo. Têm aparecido materiais diferentes. O concreto auto-adensável vai tomar conta do mercado, assim que os preços dos aditivos estiverem competitivos. Vai deixar de ser usado o vibrador em obras. As fibras metálicas substituirão as armaduras de vergalhões em vigas e lajes (não em pilares!). As cordoalhas de fibras de carbono vão substituir as de aço, assim que o mercado conseguir se livrar do cartel das siderúrgicas.

Não são somente os materiais que evoluirão. Os processos de cálculo evoluirão com as maiores capacidades dos computadores. Estão aparecendo novas normas. Processos de cálculo, hoje, inviáveis, estão se tornando cada vez mais promissores. Já está em fase de julgamento a nor-

ma de pré-moldados. A norma de segurança das estruturas contra incêndios está causando polêmica. Já se cogita de fazer cálculos levando em conta o crescimento progressivo das construções. Ao se fazer o projeto de um clube de grandes dimensões de 3 pavimentos, a situação crítica pode ser aquela em que o clube paralizou a construção ao ser concretada a 2ª laje, por falta de recursos. O cálculo feito para o prédio completo não vale! É o que se chama de "construção incremental". Isto constitui um acréscimo enorme de trabalho do projetista, sem qualquer compensação financeira. No futuro pode ser obrigatório.

Aonde vamos parar com tudo isto? Não sei responder. O certo é que não existe um limite estável. As normas estarão sempre em evolução e os projetistas vão sumindo do mercado e procurando novas profissões mais rentáveis. Os progressos dos computadores somente serão úteis aos empresários bem sucedidos, e os cálculos voltarão a ser feitos nos escritórios dos próprios empresários, que empregarão os projetistas que desistiram da profissão liberal. Hoje não existem mais os operários especializados em cantaria de pedra lavrada das construções góticas. Ninguém conseguirá hoje construir uma catedral gótica em pedra sem estrutura independente. Não há quem a execute. Isto é evidente, mas ninguém pára a fim de pensar nisso. Se nós resolvêssemos meditar um pouco sobre o que está acontecendo agora, ficaríamos surpresos com o que descobriríamos! Não temos tempo para desperdiçar. Mas o futuro revelará muitas surpresas...◆



55 anos de Projetos Estruturais



HOTEL UNIQUE – SÃO PAULO
Prêmio Talento ABECE-GERDAU
2003



TORRE ALMIRANTE – RIO
Prêmio Talento ABECE-GERDAU
2005

ESCRITÓRIO TÉCNICO JULIO KASSOY E MARIO FRANCO ENG. CIVÍS

Rua Luiz Coelho, 340 – 12º Andar – Fone: +55 (11) 3257-1411 – Fax: +55 (11) 3256-0701 – São Paulo – SP

jkmf@jkmf.com.br – www.jkmf.com.br

Estruturas pré-fabricadas para edifícios altos

Eng. Íria Lícia Oliva Doniak
Cassol Pré-fabricados

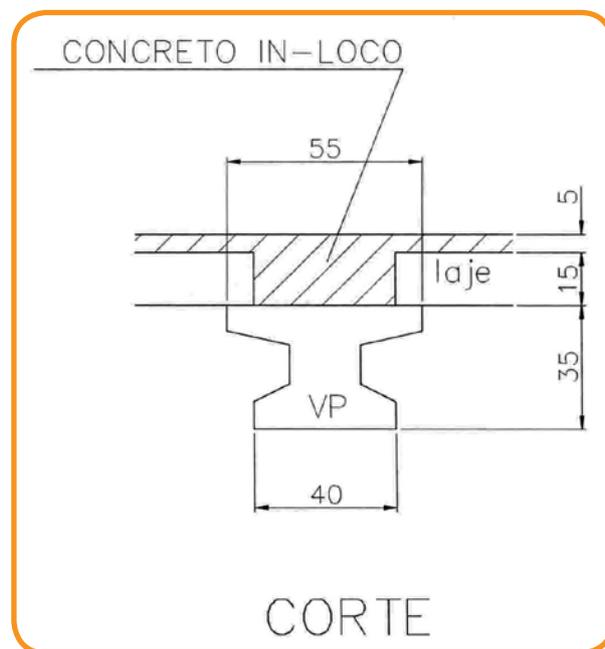
Muitos são os desafios no sentido de ampliar o conceito da construção industrializada no Brasil. Especialmente para o caso de edifícios altos, sujeitos a situações onde o próprio sistema financeiro habitacional provê maiores atrativos aos investidores, decorrentes dos índices das operações financeiras, em detrimento muitas vezes de uma melhor otimização de cronogramas, planejamento e qualidade dos empreendimentos.

Observa-se que nos últimos 20 anos o setor de pré-fabricados no país tem evoluído significativamente com a adoção e o investimento em novas tecnologias, similares às utilizadas na Europa e Estados Unidos, agregando qualidade e flexibilizando os sistemas de produção e montagem, permitindo uma maior liberdade de criação aos arquitetos.

Neste contexto, uma nova concepção estrutural, utilizando lajes alveolares, foi aplicada na execução do empreendimento Centro Empresarial São José da Terra Firme, da Kobrasol Empreendimentos Imobiliários, construído em Florianópolis-SC. Trata-se de um edifício comercial, com lojas no térreo (pé direito duplo) e dois andares de garagens, que totalizam aproximadamente 24000m², distribuídos em 14 andares.

O sistema proposto pelo arquiteto Ademar Cassol e pelo projetista de estruturas Hercílio Ferrari, viabilizado em conjunto com a Cassol Pré-fabricados, consiste na construção de um edifício em "L", com modulação entre pilares, aproveitando a região central de escadas e elevadores para a criação de núcleos rígidos de contraventamento e nós semi-rígidos nas ligações de vigas e pilares. Os pilares foram moldados no local, com concreto fck 30,0MPa, mesma resistência especificada para as vigas e lajes alveolares protendidas, ambas com cordoalhas aderentes.

A seqüência de montagem, estabelecida durante a fase de projeto, consistiu na execução dos pilares moldados no local, adotando-se fôrmas de madeira compensada e escoramento metálico. É realizada a primeira etapa de concretagem até o nível de apoio das vigas. As vigas foram transportadas através de guindaste tipo grua, com capacidade para 3,0tf, numa lança de 30 metros, e apoiadas nos pilares através de armaduras de esperas, não necessitando de escoramento. As esperas das vigas transpassaram as armaduras dos pilares. Foram montadas as fôrmas



Corte Esquemático

e concretadas as ligações (segunda etapa da concretagem). As lajes alveolares foram transportadas para o local de montagem, de forma análoga às vigas, através de dispositivos especiais (balancim e garras), visando evitar fissuras longitudinais, como consequência de um esforço de flexão transversal não previsto. Montado o pavimento, foram colocadas as armaduras complementares para as vigas e lajes, ficando pronto para a terceira e última etapa de concretagem que pode ser dividida em dois estágios: concretar inicialmente a altura de laje de 15 cm e, posteriormente, o capeamento de 5 cm, ou concretar a viga e a capa em uma única operação. No corte esquemático, é possível evidenciar que a altura final do fundo da viga ao piso acabado totaliza apenas 50 cm.

É importante destacar que as peças possuíam comprimento máximo de 8m, conforme a modulação. Por esta razão, o transporte com caminhões "trucks" foi realizado sem dificuldades, mesmo considerando a localização do empreendimento dentro de um centro urbano.

Grande parte da logística de concretagem no canteiro foi eliminada, o que impactou signifi-



Execução dos pavimentos

cativamente no processo, agregando segurança e qualidade, culminando na otimização de recursos e utilização de mão de obra qualificada. Conceito alinhado com a cultura da sustentabilidade para a construção civil, na medida em que beneficia não somente o construtor mas também o meio ambiente e desenvolvimento social.

Concluimos que, ao adotar este sistema, a necessidade de um efetivo planejamento ainda na fase de projeto é imprescindível. O tempo de projeto e desenvolvimento foi significativamente maior do que o tempo de execução, mas isto se refletiu em agilidade de operações, proporcionando resultados satisfatórios nas interfaces projeto, produção e montagem, e eliminando a possibilidade de modificações no canteiro. Outro aspecto a ser destacado é a velocidade imprimida aos serviços subseqüentes, principalmente as instalações que já nascem compatibilizadas. As passagens das tubulações foram concentradas em shafts, passando pelo forro e, quando necessário, as furações nas vigas já previstas no projeto e executadas na fábrica durante a produção das mesmas. Inclusive as aberturas para instalação do ar condicionado nas vigas armadas de contorno (externas) foram executadas na indústria.

Além da maior durabilidade da estrutura decorrente da utilização de pré-fabricados, a redução de resíduos gerados no canteiro, a redução de fôrmas e escoramentos, o planejamento prévio, a otimização de utilização da grua, a

redução na espessura de revestimento das alvenarias e a redução no cronograma de execução foram outros benefícios apurados.

Especialmente no aspecto redução de cronogramas, o sistema possibilita a execução de um pavimento a cada duas semanas, não estando o cumprimento do cronograma sujeito às condições climáticas.

A estimativa de redução de custos em relação a uma estrutura convencional, moldada no local, é da ordem de 20%.

Tendo em vista que os elementos pré-fabricados apresentam flexibilidade e integração com a estrutura

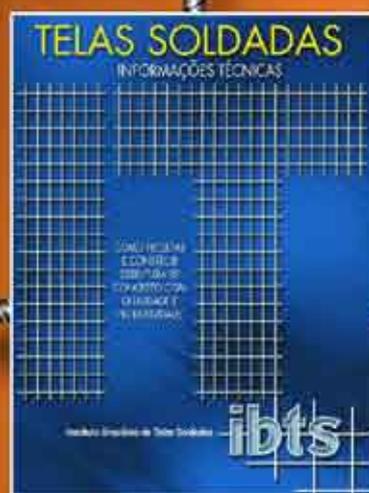
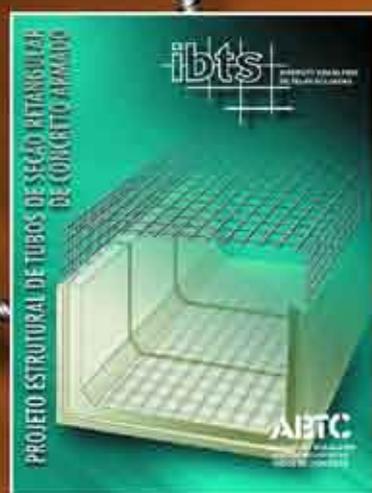
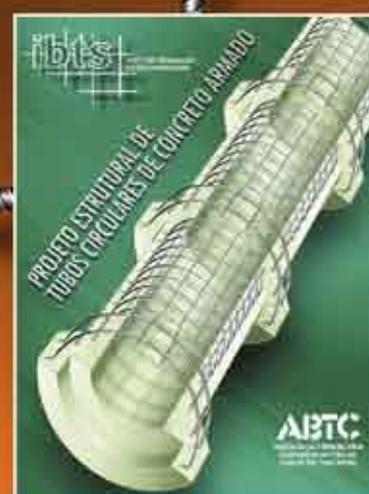
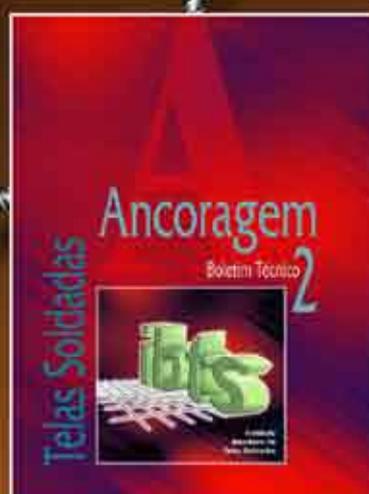
moldada no local, dependendo do tipo de obra, é possível escolher o sistema mais adequado, assegurando a qualidade e reduzindo significativamente os custos diretos e indiretos. Ênfase deve ser dada ao Selo de Excelência da ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto, que atesta a qualidade não só do processo de produção das fábricas, como também a montagem das obras no canteiro, o que facilita a interação com os sistemas de gestão da qualidade das construtoras, já certificadas na ISO, ou outros programas setoriais.

A utilização de painéis pré-fabricados em fachadas é uma tendência que pode ser perfeitamente incorporada ao sistema. Os próximos estudos em busca do aperfeiçoamento orientam para o desenvolvimento de pequenos pilares, visando à substituição da concretagem *in loco* também para estes elementos.◆



Vista frontal do empreendimento

Um Instituto comprometido com a qualidade técnica



Palestras, Cursos, Publicações Técnicas, Softwares, Pesquisas...



www.**ibts**.org.br



Integração regional: dos entraves às oportunidades

Bruno Varella Miranda e Luiz Eduardo Rielli,
Analistas de Relações Internacionais

O processo de integração sul-americana está, em grande medida, associado ao aprofundamento das relações estabelecidas no âmbito do Mercosul, em especial entre seus principais sócios, o Brasil e a Argentina. No entanto, o bloco nunca chegou a se afirmar totalmente, o que gera o questionamento acerca de seu papel como instrumento para a aproximação entre os Estados da região. Apesar das constantes divergências, em muitos setores é fundamental a importância do Mercosul, seja se analisarmos em perspectiva histórica ou ainda em busca de oportunidades futuras.

Até a segunda metade do século XX, o relacionamento brasileiro com os demais países da América do Sul foi marcado pelo isolamento comercial. Até então, eram poucas as vias de escoamento da produção nacional, demonstrando o baixo grau de relevância concedida à integração regional na agenda dos Estados da região. Basta lembrarmos que a segunda ponte entre Brasil e Argentina foi inaugurada apenas em 1985. O gargalo observado na infra-estrutura regional impedia o incremento dos intercâmbios comerciais, o que aliado ao clima de embate político, dificultava a cooperação e a integração das cadeias produtivas locais.

Por isso, o desenvolvimento de um esquema de integração tal como o proposto na criação do Mercosul assumia caráter de projeto estratégico, ao propor um modelo de inserção internacional dos países da região baseada na complementação econômica. Entretanto, 15 anos após o seu surgimento, observa-se o esfacelamento progressivo da noção



estratégica do Mercosul, sendo o projeto de integração das cadeias produtivas substituído pela ênfase na conquista de mercados vizinhos. As turbulências nas conjunturas internas aliada às divergências políticas e à falta de perspectiva de aprofundamento institucional e de harmonização econômica foram fatores suficientes para o estancamento do processo de integração.

Apesar da retórica oficial insistir na necessidade de priorização das relações no Cone-Sul, é evidente o baixo nível de investimentos no projeto de integração e a proliferação de conflitos pontuais no comércio intra-bloco. O último contencioso amplamente divulgado na imprensa resultou na criação do Mecanismo de Adaptação Competitiva (MAC), chancelando a adoção de salvaguardas no Mercosul. Apesar de afetar apenas uma pequena parcela do comércio regional, tensões como as observadas no período de negociação do MAC causam um desgaste paulatino na imagem do bloco e a sua perda de credibilidade. Ou seja, os custos políticos originados de

políticas de confronto tendem a ser superiores a qualquer ganho econômico obtido em estratégias deste tipo.

Uma oportunidade de mudança

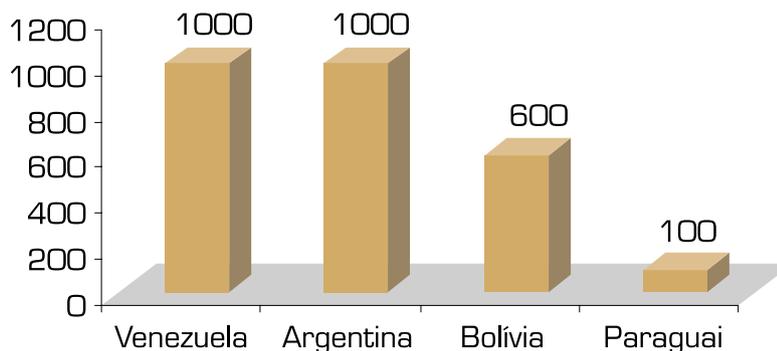
Ainda que o Mercosul tenha passado por uma série de turbulências nos últimos anos, o governo Lula empreendeu diversas ações com o objetivo de estender o projeto de integração sul-americana ao restante do continente. É evidente em iniciativas como a supracitada a insuficiência de elementos políticos capazes de impulsionar uma integração plena entre os Estados da região. No entanto, é importante observar os benefícios de um movimento de aproximação entre os países do continente, afinal, ao menos no que se refere à necessidade de desenvolvimento da infra-estrutura regional, parece haver um consenso.

O lançamento da Iniciativa para a Integração da Infra-Estrutura Regional Sul-Americana (IIRSA) é apenas mais uma prova disso. O IIRSA busca viabilizar mais de 300 projetos voltados à integração física do continente, impulsionando a aproximação dos seus Estados, na medida em que são criadas melhores condições para o intercâmbio de bens e circulação de pessoas em toda a região.

Nesse sentido, o governo brasileiro tem reiterado sua disposição na construção de uma aliança concreta com os demais países através da disponibilização de recursos. Para tanto, o presidente Lula solicitou a adequação administrativa e a abertura de linhas de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para grandes projetos de infra-estrutura nos países sul-americanos. Desse modo, o Brasil apresenta-se como importante fonte de financiamento unindo-se aos fundos estruturais já existentes tais como a Corporação Andina de Fomento (CAF), o Fundo Financeiro para o Desenvolvimento da Bacia do Prata (FONPLATA), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o recém-criado Fundo para a Convergência Estrutural do Mercosul (FOCEM).

O resultado do novo esforço político pode ser observado nos inúmeros projetos previstos e nos já consolidados. Entre as iniciativas contempladas estão a Rodovia Interoceânica, ligando o Brasil ao Pacífico no Peru; a ponte sobre o rio Orinoco com a Venezuela; a ponte sobre o rio Acre, ligando o Brasil ao Peru; a segunda ponte sobre o rio Paraná; a hidrelétrica de San Francisco no Equador; o Anel Energético do Cone Sul, entre outros. Além disso, aumentou a percepção brasileira da importância da cooperação em projetos continentais de infra-estrutura.

Linhas de crédito BNDES para países da América do Sul (USD milhões)



Por meio deste movimento, a iniciativa privada pode ser beneficiada duplamente. Em primeiro lugar porque os objetivos do IIRSA convergem com os interesses de grande parte das empresas brasileiras, interessadas na expansão de mercados. Além disso, abrem-se oportunidades de negócio também na fase de implantação dos eixos de integração continental, quando será necessário o envolvimento de diversas empresas na realização dos projetos de infra-estrutura esboçados no IIRSA, como pontes, rodovias e viadutos.

Perspectivas

Apesar de todos os problemas, a aproximação dos Estados sul-americanos deve ser considerada um projeto prioritário na agenda dos governos da região. A superação dos entraves políticos passa necessariamente pela compreensão das limitações econômicas existentes, resultando na criação de um bloco estratégico no continente. Afinal, o Mercosul ou qualquer outra iniciativa de integração regional não deve servir somente como plataforma para a exportação de produtos, sem mais cuidado com a questão do desenvolvimento de todos os seus sócios.

A faceta pragmática deste processo, observado em diversos projetos de infra-estrutura ao longo do continente, possuem função dupla no caso. Ao contribuírem para o aumento das relações econômicas entre os Estados da região, estas obras poderão auxiliar na criação de uma consciência comum da importância de um projeto de integração sólido, que fortaleça as posições sul-americanas na comunidade internacional.

Nesse sentido, abrem-se diversas oportunidades para que empresas sul-americanas participem ativamente da implantação desta infra-estrutura. Oportunidades de negócio que certamente impulsionarão o estabelecimento de vínculos ainda mais importantes entre os Estados da América do Sul, contribuindo de forma decisiva para a superação das divergências políticas e para o desenvolvimento em toda a região. ♦

Pré-fabricados com garantia de qualidade: o selo excelência ABCIC

Eng.º Giancarlo De Filippi
Coordenador Técnico do Selo Excelência ABCIC

Na busca da valorização das empresas de pré-fabricado que apresentam um bom desempenho técnico e empresarial, a ABCIC lança selo de garantia com nova abordagem.

Quase dois anos depois de seu lançamento, o Selo Excelência ABCIC vem pouco a pouco ganhando espaço dentro do setor de pré-fabricados.

Idealizado pela Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto (ABCIC) e desenvolvido pelo CTE - Centro de Tecnologia de Edificações, o selo traz benefícios para as empresas credenciadas e para todo o mercado, fixando a boa imagem da construção industrializada em concreto e da associação que a representa.

O selo apresenta uma nova forma de abordagem para avaliações de empresas na cadeia da construção civil e tem se destacado por sua objetividade, por seus critérios bastante técnicos e principalmente pela desburocratização do sistema de exigência.

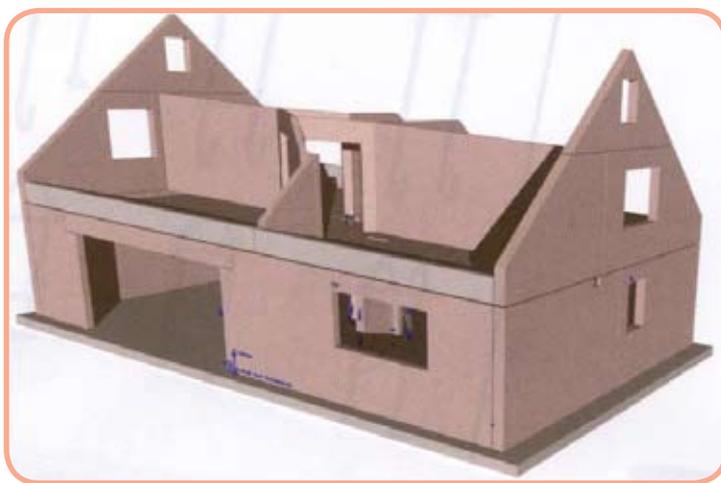
O que é o Selo Excelência ABCIC?

O Selo Excelência ABCIC é fornecido a uma planta de produção (fábrica), pertencente a uma empresa de construção pré-fabricada, comprovando sua competência em diversos aspectos técnicos e de gestão empresarial.

Para a obtenção do selo, as empresas são avaliadas por profissionais especializados e independentes, que analisam a planta de produção e obras em execução, seguindo critérios objetivos estabelecidos para o controle de materiais, projeto, produção, transporte, montagem e entrega da obra.

Os critérios técnicos foram desenvolvidos com base nas normas técnicas da ABNT para pré-moldados (NBR 9062) e outras correlacionadas (para aço, concreto, agregados, estrutura, etc.), além dos conceitos do PCI - Precast and Prestressed Concrete Institute (EUA) e da Marca NF Maison Individuelle (França - CSTB).

Os critérios de gestão foram baseados na ISO 9001 (qualidade), na ISO 14001 (meio ambiente) e na OSHAS 18001, mas eliminando-se as burocracias



exageradas, que muitas vezes estão intrínsecas as estas normas.

Por fim, toda a estrutura de avaliação foi baseada nos conceitos de excelências do PNQ - Prêmio Nacional da Qualidade, que utiliza um sistema de pontuações. Desta forma, procurou-se diminuir ao máximo a subjetividade do avaliador durante a análise da empresa.

A participação do IBRACON

Para que as empresas sejam credenciadas no Selo de Excelência, os resultados das avaliações são aprovados por uma Comissão de Credenciamento, formada por representantes de diversas entidades ligadas ao setor de pré-fabricados.

Recentemente, o IBRACON foi convidado a integrar esta comissão e irá indicar representantes para participar das reuniões de trabalho, contribuindo assim para a melhoria do processo e para o aumento da credibilidade do selo.

Benefícios para as empresa credenciadas

Pode-se identificar diversos benefícios para as empresas que buscam o credenciamento no Selo

Excelência ABCIC. Além do diferencial competitivo, atestado por uma associação séria e respeitada no mercado, as empresas que atendem às exigências do selo têm sua divulgação promovida pela própria entidade.

Outro benefício é a possibilidade da realização de Benchmarking, uma vez que a avaliação é realizada por sistema de pontuação e níveis de credenciamento, utilizando-se critérios baseados não apenas em normas, mas nas boas práticas de diversas empresas associadas à ABCIC.

As diretrizes do selo possibilitam ainda que as empresas tenham base para a realização de seu planejamento estratégico.

Por fim, os resultados das avaliações possibilitam às empresas identificar processos onde se pode implementar melhorias e buscar o aperfeiçoamento de seu produto, gestão interna e atendimento de clientes.

Quantas empresas já possuem este Selo?

O credenciamento é realizado por planta de produção, ou seja, por fábrica. A maioria das empresas possui apenas 1 planta, onde são produzidos elementos pré-fabricados para a realização da



montagem de várias obras, em diferentes locais. No entanto, algumas empresas, por questões estratégicas ou até mesmo para proporcionar uma melhor logística de atendimento, optam por produzir seus elementos em mais de uma fábrica.

Até o momento, 22 plantas de produção em todo o Brasil já foram avaliadas e após as aprovações realizadas na última reunião da comissão, 16 delas já estão credenciadas.

A relação de todas as empresas que participam do Selo está disponível no site da associação: www.abcic.com.br/selo. Maiores informações ou dúvidas sobre o Selo Excelência ABCIC podem ser encaminhadas para Giancarlo de Filippi (email: giancarlo@cte.com.br).

degussa.

creating essentials



GLENIUM™

A DIFERENÇA

Aditivo superplastificante de alto desempenho

- Redução de até 45% da água de amassamento
- Reduz a exsudação
- Efeito mínimo no tempo de pega do concreto
- Grande manutenção da trabalhabilidade
- Aumento das resistências às compressões e trações iniciais e finais
- Aumento da durabilidade estrutural
- Melhora da aderência e textura da superfície do concreto



Campos de Aplicação

- Concreto pré-moldado
- Concreto protendido
- Concreto de alto desempenho
- Concreto dosado em central
- Concreto de alta fluidez e durabilidade
- Concreto auto-compactante e Rheodinâmico
- Concreto de peças com densa taxa de armadura
- Concreto que demande tempo de pega normal ou acelerado
- Fôrmas deslizantes



Concreto auto-adensável de elevada resistência – inovação tecnológica na indústria de pré-fabricados

Ricardo Alencar
Paulo Helene
Escola Politécnica da USP¹

Aborda-se a tecnologia do concreto auto-adensável (SCC self-consolidating concrete), adequado a pré-fabricados, tendo como premissas: a caracterização das propriedades do SCC no estado fresco, acompanhado de uma descrição crítica dos equipamentos mais comumente empregados pela bibliografia técnica; a exposição de um novo método de dosagem proposto e o destacável resultado obtido em produtividade e estética do acabamento na confecção de elementos construtivos pré-fabricados, em comparação com o tradicional concreto vibrado.

Introdução

Foi inicialmente desenvolvido no Japão, no fim da década de 80, para resolver o problema da dificuldade de adensamento do concreto, decorrente da complexidade de algumas estruturas executadas, assim como para reduzir o ruído de adensamento do concreto promovido pelos vibradores, viabilizando concretagens noturnas (OKAMURA, 1997). O concreto auto-adensável é considerado o material cimentício mais avançado da atualidade (COLLEPARDI, 2001). Em virtude de algumas de suas vantagens, como concretagem mais rápida e ausência de vibração, têm sido crescentes os interesses sobre o seu emprego em todo o mundo.

Segundo a EFNARC (2001), uma mistura de concreto só poderá ser classificada como auto-adensável se apresentar, capacidade de:

- preencher todos os espaços no interior da fôrma;
- passar através de pequenas aberturas, como espaçamentos entre barras de aço;
- permanecer uniforme e coeso durante o processo de transporte e lançamento.

Que somados à diminuição da necessidade de aplainamento das superfícies devido à sua propriedade auto-nivelante nos elementos horizontais; e à menor necessidade de acabamento nas superfícies verticais, que são mais suaves, uniformes, reduzindo

sensivelmente as imperfeições; tornam o concreto auto-adensável ideal para a produção de elementos pré-fabricados, onde o controle de qualidade e consequente acabamento final dos elementos são muito rigorosos. Racionalizando ainda mais o processo de produção e permitindo maior liberdade de formas com alto valor agregado.

Contudo, elevada fluidez, resistência à segregação, capacidade de passar por regiões confinadas e de se adensar somente pela ação do peso próprio, são alguns dos requisitos mais difíceis de serem atendidos, concomitantemente, quando o SCC é dosado (REPETTE, 2005). E este é o desafio enfrentado no presente trabalho.

Ensaio de trabalhabilidade

Desenvolvidos, sobretudo, no Japão, os equipamentos a seguir, embora consagrados pela bibliografia técnica, ainda não possuem uma normalização própria. São fáceis de serem produzidos. Recomendando-se particularmente que estejam umedecidos ou lubrificados com óleo desmoldante, evitando absorção de água e atrito com o concreto ensaiado e, para maior fidelidade às reais condições encontradas, sejam preferencialmente dos mesmos materiais das fôrmas empregadas para moldagem das peças pré-fabricadas.

Espalhamento & Espalhamento T50cm

É o teste mais simples de ser realizado, como uma espécie de adaptação do ensaio de abatimento para concretos fluidos. Composto pelo mesmo molde tronco-cônico de Abrams, posicionado sobre o centro de uma base plana; elevando-se o cone, o concreto flui livremente e determina-se aqui o diâmetro do círculo formado. O que permite ainda observar

visualmente se está havendo segregação ou não. Uma variante desse ensaio, normalmente realizado simultaneamente, consiste na medição de tempo que o concreto atinge uma marca de 50cm de diâmetro centrado nessa mesma base. Normalmente, são considerados auto-adensáveis os concretos que tem um diâmetro maior ou igual a 600mm e que levam entre 2 a 5 segundos para chegarem na marca referenciada.

Caixa-L

Caixa munida de uma portinhola móvel para separação do compartimento vertical, onde é armazenado primeiramente o concreto, separado do compartimento horizontal, onde ele escoou, por entre três (3) barras de aço 12,5mm, espaçadas 40,5mm entre si; medidas usualmente empregadas, que pretendem simular as armaduras de estruturas em condições reais. Objetivando medir a fluidez simultaneamente com a capacidade do concreto passar por obstáculos permanecendo coeso, verifica-se a relação entre a altura H1 e H2, depois de realizada a intercomunicação do SCC entre as partes, observada na Fig. 1. O resultado deve estar entre 0,8 e 1. Algumas vezes, é considerado o tempo que o concreto escoou a distância de 20cm e 40cm da face de contenção, mas este ensaio não resultou muito operacional. A caixa-L mostrou-se, neste estudo experimental, um dos mais exigentes equipamentos para a análise do SCC.

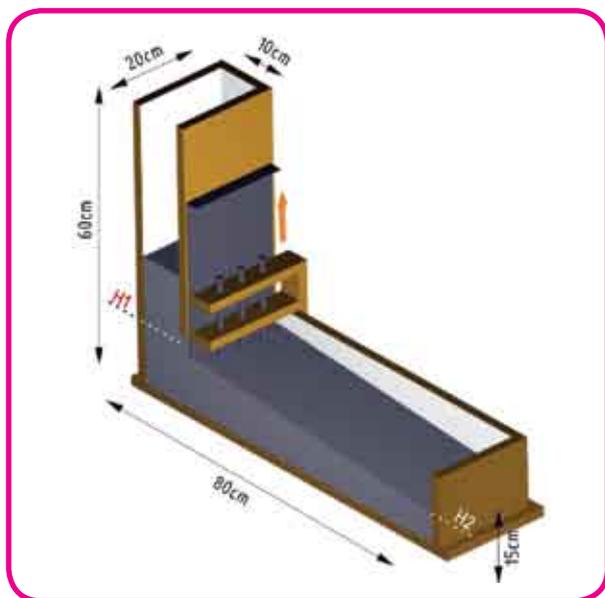


Figura 1 – Corte esquemático da Caixa-L

Caixa-U

De menor sensibilidade que a caixa L, a caixa-U avalia a habilidade do concreto em resistir ao

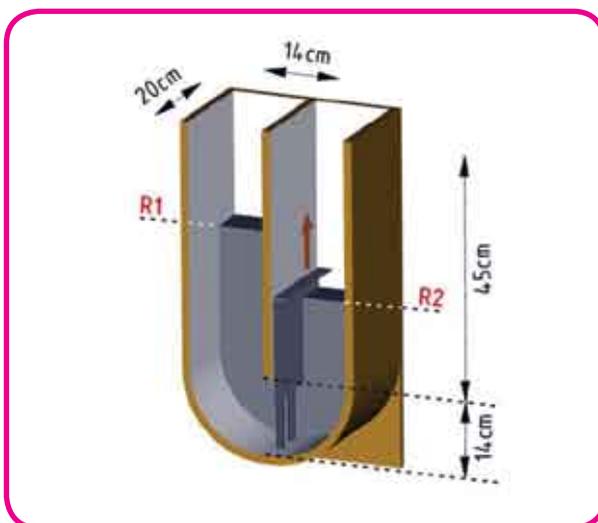


Figura 2 – Corte esquemático da Caixa-U

bloqueio por obstáculos sem segregar. Para tanto, são empregadas a mesma armadura e espaçamento já apresentado para a caixa L. Determina-se o valor de $R1 - R2$. Sendo que, quanto mais fluida for a mistura, mais próxima de zero será o resultado. Os valores admitidos divergem um pouco de autor para autor, porém os mais exigentes admitem diferenças de até 30mm.

Funil-V & Funil-V 5min

O registro do tempo em que o concreto leva para escoar neste aparelho é uma medida de fluidez do SCC em passar por espaços restritos. Porém, ao preencher o funil novamente,

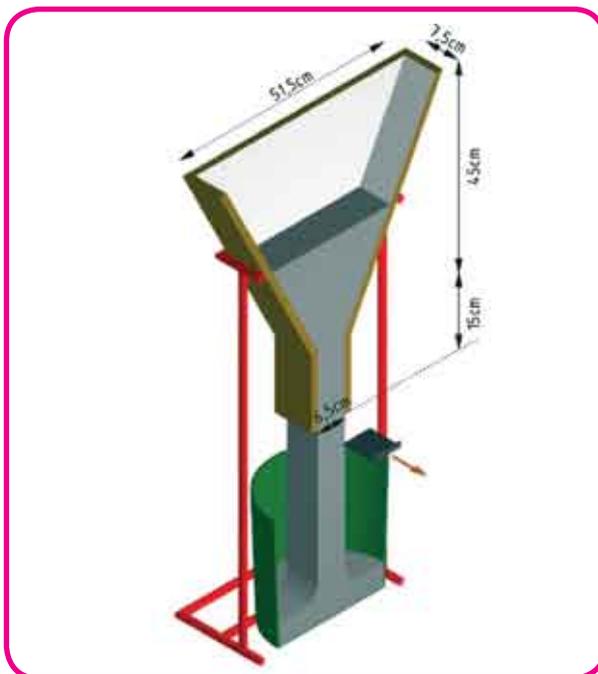


Figura 3 – Corte esquemático do Funil-V

aguardando-se 5 minutos, tem-se informações importantes quanto à resistência à segregação, pois se o tempo de escoamento aumentar significativamente é sinal de que houve um acúmulo dos agregados na base do funil. Este ensaio é interessante antes de se proceder para um teste mais efetivo, porém bem mais demorado como o Tubo-U.

Tubo-U

Grandes têm sido as dificuldades em se obter um método consolidado para a avaliação da resistência à segregação do concreto auto-adensável, como apontado por alguns especialistas (REPETTE, 2005). Dada a importância da coesão nas características do concreto, foi despendido grande esforço no sentido de aprimorar o ensaio do tubo em forma "u", primeiramente desenvolvido por GOMES (2002). Este método baseia-se basicamente em determinar a razão entre a massa de agregado graúdo do SCC, pela lavagem e peneiramento de uma amostra referência P1 dada em relação às porções P2 e P3, coletadas após repouso de aproximadamente 2,5h, do concreto moldado neste tubo. Este tempo depende muito do tipo do concreto e das características climáticas. O ideal é que a relação estabelecida esteja entre 0,9 e 1, ou apenas ligeiramente inferior. Foi verificado em ensaios práticos que, para a maior precisão na execução deste teste, a localização de coleta das amostras deve prever condições semelhantes de confinamento entre elas, o que constitui fator fundamental para a maior precisão dos resultados. Para tanto, é indicado que a amostra de referência seja extraída a pelo menos 10cm da posição onde o concreto foi despejado, em indicação na Fig. 4. É constituído por um tubo de PVC, serrado ao meio e unidos ou por braçadeira metálica ou preferencialmente por fita adesiva, que garantem uma melhor contenção do material.

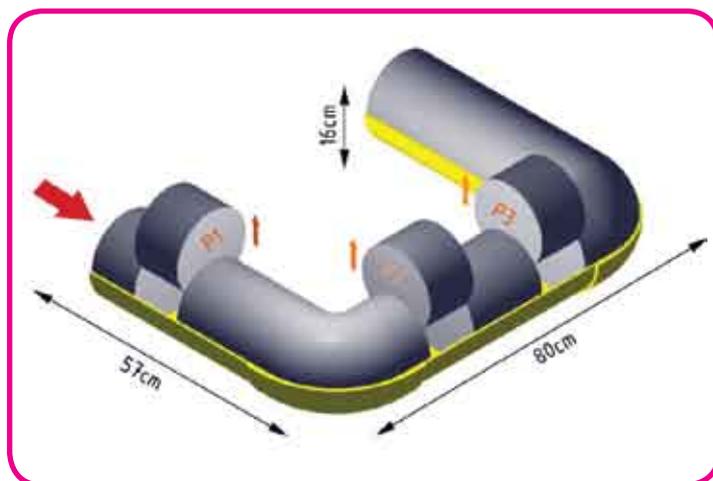


Figura 4 – Posição de extração das amostras no Tubo-U

Metodologia de dosagem

Os métodos normalmente empregados para dosificação do concreto auto-adensável são complexos e baseiam-se na incorporação de agregados. É definido inicialmente o teor de aditivo com base na saturação da pasta, que é posteriormente ajustado novamente na fase de composição da argamassa e só por fim no concreto; ensaiados em um laboratório bem equipado e com aparelhos muito específicos. Um processo demorado e difícil de ser realizado em planta industrial de pré-fabricados ou centrais dosadoras.

Diferentemente desse método anterior, complexo e demorado, TUTIKIAN (2004) tomando por base o método de dosagem IBRACON, considera o ajuste do aditivo diretamente no concreto, pois o teor ideal de superplastificante é resultado da confluência entre todos os elementos da mistura. Adicionalmente, elabora um importante conceito de acertar a coesão do SCC com adições por substituição do cimento por finos pozolânicos ou do agregado miúdo por finos não pozolânicos.

Nos estudos experimentais deste autor que também usa o método IBRACON, observou-se que a substituição de materiais finos resolve a questão da coesão, porém deve ser acompanhado por um acréscimo gradual do teor de argamassa, necessário para que o concreto adquira maior habilidade passante. Sendo que, a porcentagem dos finos depende do tipo de traço, formulações mais pobres em cimento exigem maior teor de substituição de finos para manter a coesão quando comparado com composições mais ricas. O que possibilitou a criação de uma correlação entre a relação agregado/cimento (m) e teor ótimo de substituição (T), acrescentando um 4º quadrante para o diagrama de dosagem de concreto auto-adensável (diagrama IBRACON) proposto por HELENE (2005), desenvolvido inicialmente para concretos comuns. Além disso, este trabalho prevê um método de dosagem para o SCC sem adições, já que grandes partes das empresas ainda não incorporaram operacionalmente esses materiais a sua produção; como será ilustrado a seguir.

◆ Teor de argamassa seca

$$\alpha = \frac{1 + a}{1 + m}$$

(equação 1)

onde:

m=a+b: relação em massa de agregado seco/cimento, em kg/kg;

a: relação agregado miúdo seco/cimento em massa, em kg/kg;

b: relação agregado graúdo seco/cimento em massa, em kg/kg.

Concreto auto-adensável sem adições

1º no traço intermediário, aqui considerado 1:4,0, de teor de argamassa (α_1), normalmente empregado para os materiais utilizados; determinar o teor de aditivo, começando com pequenas quantidades, aumentando-se pouco a pouco até chegar ao ponto ideal, que ocorre quando o concreto está bastante fluido, abatimento maior que 600mm. Nesta etapa, não se preocupar com a segregação do material;

2º acrescentar cimento e areia pouco a pouco, para tornar o concreto mais coeso, pela maior quantidade de finos, mas que também ocasionará uma maior habilidade passante, chegando a um novo teor de argamassa (α_2), para o mesmo valor de espalhamento. Observe que, na medida que há um aumento do α , há a necessidade de aumentar também a quantidade de aditivo para manter o espalhamento;

3º realizar, além do: 1) espalhamento, ensaios, como: 2) espalhamento T 50cm; 3) caixa-l; 4) caixa-u; 5) funil-v; 6) funil-v T5min; e 7) tubo-u; para verificar se o concreto já está ideal ou se ainda são necessárias algumas correções. Considerando que os testes para análise do material podem ser demorados, deve-se realizá-los apenas na eminência da obtenção do SCC, sob pena do aditivo perder o efeito;

4º produzir os traços auxiliares, que neste trabalho são: 1:3 (muito rico), 1:3,5 (rico), 1:5 (muito pobre) e 1:4,5 (pobre), a partir do α_2 determinado, com um teor ótimo de aditivo, para as características requeridas, e montar o diagrama de dosagem proposto.

Concreto auto-adensável com adições

1º com o traço intermediário de teor de argamassa (α_1), adicionar o aditivo, na quantidade determinada primeiramente, para obter um concreto bastante fluido;

2º correção da segregação do concreto, com substituição do cimento por metacaulim ou de areia por fíler calcário, tornando-o coeso.

Observa-se, contudo, que a simples substituição de materiais não é suficiente para obter um SCC, é necessário que haja um também aumento gradual do α , obtendo-se α_3 . No entanto, o objetivo é que o teor de substituição seja o quanto maior para que o α seja o mais baixo possível. Como citado anteriormente, na medida que há um aumento do α , há a necessidade de aumentar também a quantidade de aditivo para manter o espalhamento;

3º realizar todos os ensaios supra mencionados, para verificar se o concreto já está ideal ou se ainda são necessárias algumas correções;

4º verificar para cada um dos traços: 1:3; 1:3,5; 1:5; 1:4,5, a quantidade necessária de adição para manter as propriedades necessárias do SCC, mantendo o α_3 , com o teor de aditivo ideal e montar o diagrama.

Resultados

MATERIAIS

Foi utilizado cimento Portland de alta resistência inicial – ARI PLUS; aditivo de última geração Viscocrete 3535; areia rosa de quartzo; e uma composição ótima de agregado graúdo obtidos na prática para resultar o maior grau de empacotamento das partículas, formado por brita 1 de granito, com dimensão máxima característica de 19mm e brita ½ de granito - peneira não normalizada que constitui uma fase intermediária da brita 1 e 0, muito empregada para pré-fabricados. E como adições o metacaulim HP Branco e fíler calcário.

DIAGRAMAS DE DOSAGEM

São adotadas como leis de comportamento os seguintes modelos que governam a interação das principais variáveis em jogo:

◆ Abrams (1918)

$$f_c = \frac{k_1}{k_2^{a/c}}$$

(equação 2)

◆ Lyse (1932)

$$m = k_3 + k_4 \times \frac{a}{c}$$

(equação 3)

◆ Prizskulnik & Kirilos (1974)

$$C = \frac{1000}{k_5 + k_6 \times m}$$

(equação 4)

◆ Alencar (2006)

$$m = k_7 + k_8 \times T$$

(equação 5)

onde:

f_c : resistência à compressão axial, em MPa;

a/c : relação em massa de água/cimento, em kg/kg;

a/ag : relação em massa de água/aglomerante, em kg/kg;

C : consumo de cimento por m^3 de concreto, em kg/m^3 ;

T : teor de substituição em massa de cimento ou areia seca por finos correspondentes, em kg/kg;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8$: são constantes particulares de cada conjunto de materiais.

ENSAIOS DE TRABALHABILIDADE

Segue na Tabela 1 os resultados dos ensaios de trabalhabilidade obtidos.

ESTUDO COMPARATIVO

Para efeito comparativo de desempenho do concreto comum em relação ao concreto auto-adensável, foram moldadas duas vigas tipo I, idênticas,



Figura 8 – Peça do tipo I com elevada taxa de armadura

com 2 X 1,2m, de elevada taxa de armadura: 14cabos passando pela pista de proteção, distanciados 2,5cm entre si, como pode ser observado na Fig. 8.

Como as etapas de mistura e transporte são padrão, as mesmas não foram objeto do presente estudo. Consideraram-se aqui apenas as fases de moldagem e acabamento. Para tanto, foram necessárias

Tabela 1
Resultados obtidos nos ensaios de trabalhabilidade

SCC	α %	aditivo* %	m	espalhamento mm	espalhamento T50cm seg	caixa-l H2/H1 mm	caixa-u R1-R2 mm	funil-v seg	funil-v 5min seg	tubo-u P1/ P2 e P2/P1 kg/kg
s/ adição	68	1,6	3	700	3,9	1	0	6	8,3	1,02 0,94
			3,5	650	3,3	1	0	3,9	4,9	1,01 0,95
			4	660	3,8	0,94	0	4	4,2	1,16 1,05
			4,5	630	3,1	0,79	30	3,8	4,3	1,10 1,04
			5	610	2,7	0,74	40	3,6	4	1,04 1,07
c/ metacaulim	62	1,6	3	660	3,8	0,88	0	8,7	15	1,03 0,94
			3,5	710	3,6	1	0	3,9	4,7	1,04 1,03
			4	630	1,6	0,77	30	3,5	4	0,98 1,00
			4,5	720	3	1	0	4,2	5	0,89 0,84
			5	600	3,5	0,77	20	3,7	3,9	0,87 0,84
c/ filer calcário	65	1,4	3	710	2,3	0,94	0	7	9	0,99 1,00
			3,5	670	3,9	0,94	0	7	8,7	1,00 1,00
			4	680	3,3	0,93	0	6,9	12	1,16 1,08
			4,5	690	4,6	0,94	0	7	11	1,00 0,98
			5	700	3,2	1	0	6,2	8	0,93 0,85

* % sobre a massa do cimento

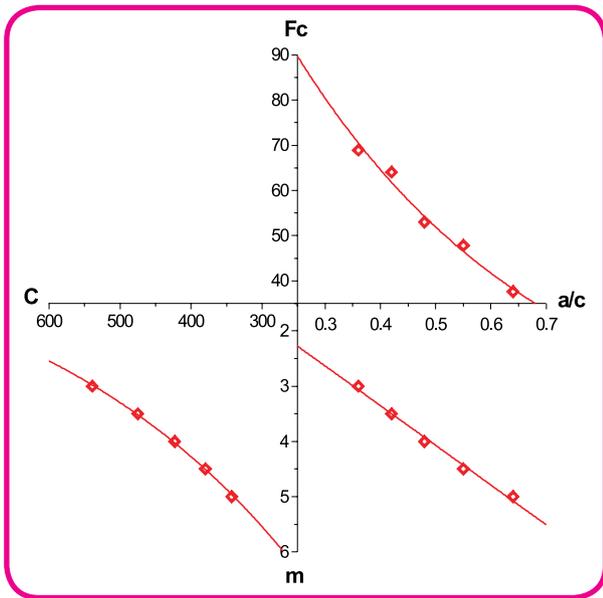


Figura 5 – Diagrama de dosagem para concreto auto-adensável sem adições.

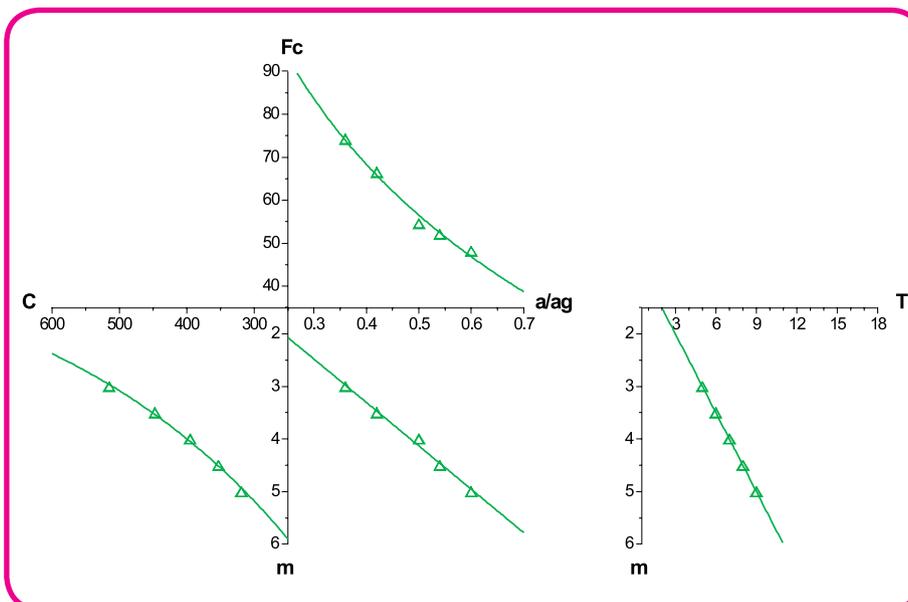


Figura 6 – Diagrama de dosagem para concreto auto-adensável com adição de metacaulim.

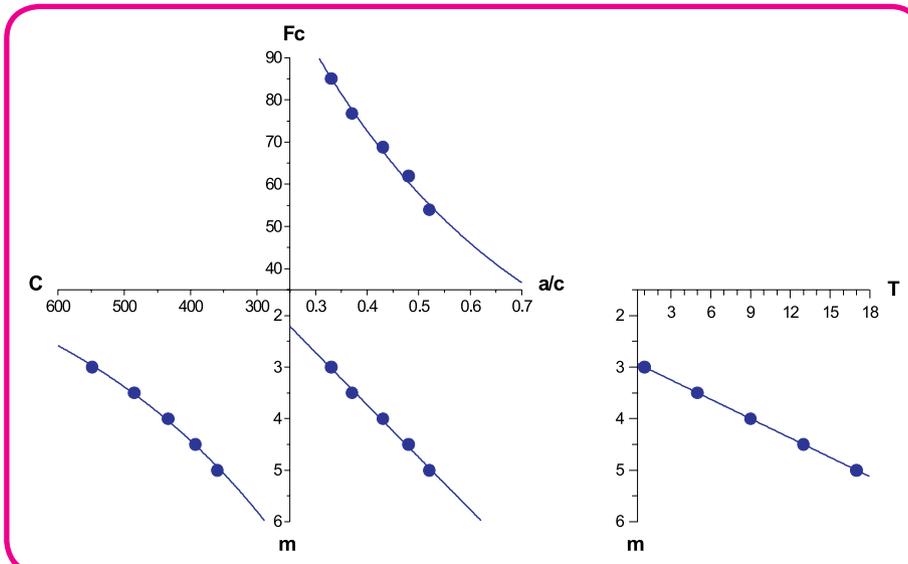


Figura 7 – Diagrama de dosagem para concreto auto-adensável com adição de filler calcário.

duas betonadas em cada um das peças, despejadas em uma caçamba com grande capacidade e transportados através de ponte rolante. E o resultado de duração de cada uma das etapas mencionadas seguem na Tabela 2.

Foram empregados na confecção da viga com concreto corrente operários trabalhando como: vibrador (1), caçamba (2), acabamento (1) e ponteiro (1). E para o SCC: caçamba (2) e ponteiro (1). O que resultou em uma produtividade dessas duas etapas para o CC de 0,87 homens/hora m^3 de concreto, comparativamente para o SCC obteve-se apenas 0,081 h/h m^3 de concreto. Adicionalmente, pode ser observada na Fig. 9 uma brutal diferença de estética no acabamento superficial dessas peças, que não sofreram nenhum tipo de estucagem (reparo).

Além disso, considera-se que em moldagens pelo processo tradicional é difícil evitar a fissuração do

gesso (devido a ação do vibrador) usado para contenção contra o vazamento na interface armadura-fôrma, que acaba deixando um pouco de concreto vazar. A implantação dessa nova técnica pode vir a proporcionar, além dos benefícios já mencionados, diminuição dos custos com energia elétrica e manutenção periódica de vibradores, menos desgastes das fôrmas, menor dispêndio de material, resultando canteiro mais limpo, aumentando também a qualidade de trabalho dos operários, pela também redução substancial do barulho e proporcionando a possibilidade de trabalhos em turnos noturnos.

Conclusões

Dos ensaios de trabalhabilidade realizados elegeu-se três como principais: o espalhamento, pela simplicidade na avaliação da fluidez; a caixa-L, por apresentar-se como o mais exigente em atender a capacidade do concreto em passar por restrições de forma coesa; e o tubo-u, que se mostrou o mais confiável na verificação da coesão;

O acerto do teor de argamassa no SCC sem adição é processado com base no traço intermediária-

Tabela 2**Resultados da confecção comparativa de peças pré-fabricadas**

Etapas	CC		SCC	
	operários (nº)	tempo (min)	operários (nº)	tempo (min)
Moldagem	4	4,4	3	1,2
Acabamento	1	3,3	0	0
Total	5	7,7	3	1,2

rio, com resistência em torno da qual se pretende atingir, que é mantido sempre constante, para traços da mesma família. Então, a confecção dos traços auxiliares acontece teoricamente nos traços mais ricos por acesso de argamassa e nos mais pobres por falta. Contudo, mesmo os traços mais críticos atenderam as exigências.

A incorporação de adições minerais colaborou para a redução do teor de argamassa do concreto auto-adensável. Pois, apresentam uma área superficial maior do que a do material substituído correspondente, que dão maior coesão. O que adicionalmente contribuem

com a menor evolução de calor, devido à diminuição do cimento, durante a hidratação, com menor risco de fissuração por retração térmica. Além, dos benefícios quanto à durabilidade pelo efeito de refinamento dos poros;

A aplicação do SCC exige uma qualidade muito maior dos equipamentos envolvidos bem como um controle mais rigoroso de todo o processo de produção. Porém, todas as vantagens apresentadas podem fazer com que o SCC seja um material altamente favorável, tornando-se uma excelente opção para o setor de pré-fabricados de concreto. ♦



Figura 9 – Peça após concretagem. A – moldada com concreto corrente. B – moldada com concreto auto-adensável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COLLEPARDI, M. Avery close precursor of self-compacting concrete (SCC). In: Supplementary volume of the proceedings of three-day CANME/ACI Internacional Symposium on Sustainable Development and Concrete Technology, Setembro 16-19, 2001;

EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS (EFNARC). Specification and Guidelines for Self-compacting Concrete. In: EFNARC. London, Fevereiro, 2001;

GOMES, P. C. C. Optimization and characterization of high-strength self-compacting concrete. Tese de doutorado, Barcelona, 2002;

HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. In: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. IBRACON, São Paulo, p.439-471, 2005;

OKAMURA, H. Self-compacting high performance concrete. Concrete International, v.19, n. 7, p. 50-54, July 1997;

REPETTE, W. L. Concreto de Última Geração: Presente e Futuro. In: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.

IBRACON, São Paulo, p.1509-1550, 2005;

TUTIKIAN, B. F. Métodos para dosagem de concretos auto-adensáveis – Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004;

O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil e, principalmente, à Munte Construções Industrializadas de Concreto.



Seminário Internacional de Atualização Tecnológica

Fábio Luís Pedroso
Assessor de Imprensa

A Sika e o IBRACON organizaram, no dia 01 de junho de 2006, o Seminário Internacional de Atualização Tecnológica, no auditório Cid Vinio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT.

O evento discutiu o estado da arte das tecnologias de impermeabilização de obras civis. O eng. Paulo Sérgio de Oliveira, gerente da Sika Brasil, tratou das tendências e inovações tecnológicas em produtos químicos para a construção, focando sua apresentação na ação dos aditivos redutores de água para concreto e dos inibidores de corrosão, e nos sistemas de reforço com fibras de carbono.

“O uso de aditivos para concreto no mundo é crescente e 75% dos concretos produzidos hoje contêm algum tipo de aditivo, seja para melhorar as propriedades ou compensar as deficiências do concreto fresco ou endurecido”, explicou Oliveira. Os benefícios dos aditivos redutores de água, em especial, aqueles à base de policarboxilato, para o concreto são:

- Fácil lançamento e preenchimento, mesmo em peças densamente armadas;
- Menor custo de energia e ganho substancial de produtividade;
- Elevadas resistências mecânicas a curtas e longas idades;
- Menor permeabilidade e longa vida útil de serviço;
- Maior estabilidade volumétrica (menor retração);
- Longo tempo de retenção da trabalhabilidade e melhor bombeabilidade.

Com relação ao uso de inibidores de corrosão das armaduras, principal mecanismo de degradação das estruturas de concreto armado e protendido, seu princípio ativo é o desenvolvimento de uma camada protetora na superfície da barra de aço, cobrindo-a de modo a impedir a continuidade da reação química.

Por fim, o engenheiro Oliveira expôs o trabalho pioneiro da Sika com a pesquisa e desen-

volvimento de placas de compósitos com fibra de carbono, muito utilizadas desde 1995, quando o terremoto de Kobe pôs à prova obras feitas com esse sistema, comprovando sua eficiência e segurança.

O geólogo Hugo Cássio Rocha apresentou a metodologia executiva na utilização de geomembranas nos túneis da linha 2 e 4 do Metrô de São Paulo, destacando a versatilidade e rapidez do sistema:

- Escavação e aplicação de concreto projetado;
- Colocação de uma capa drenante sobre o suporte escavado, fixada por discos de PVC;
- Fixação de geomembrana mediante solda quente nos botões aplicados.

Rocha ressaltou que a aplicação das geomembranas é inédita no Brasil e que pouco se sabe sobre sua durabilidade em regiões de clima tropical.

O projeto de estaqueidade da cobertura do edifício Vilanova Artigas, o prédio da Faculdade de Arquitetura da USP foi o tema da palestra do Prof. Paulo Helene, presidente do IBRACON. A edificação foi construída em 1969, 'época em que se acreditava que as obras de concreto eram eternas'. Como consequência, a edificação foi construída sem a preocupação de se projetar um sistema de caimento adequado na laje, resultando no acúmulo de água em vários trechos da cobertura. "Os caixões perdidos averiguados na inspeção foram encontrados totalmente cheios de água e as vigas invertidas de sustentação da laje apresentam

corrosão generalizadas das armaduras; constata-se a presença de eflorescências na superfície inferior da laje estrutural da cobertura; inúmeros pontos de laje apresentam gotejamento", explicou Helene.

O parecer conclusivo aponta para a necessidade de reabilitar a superfície inferior da laje de cobertura, as armaduras corroídas, as juntas de movimentação, o sistema de coleta de águas pluviais, assim como a necessidade de instalar novo sistema de impermeabilização.

"Todo esse custo poderia ser minimizado, caso a obra possuísse um manual de uso, inspeção e manutenção, elaborado por profissional competente, conforme a norma NBR 14037", concluiu Helene.

O eng. Ernst Zahn, da Sika Suíça, encerrou o ciclo de palestras, apontando o uso de impermeabilizantes para telhados e coberturas desde as primeiras construções humanas e sua evolução até os materiais sintéticos. "Os materiais sintéticos são fabricados com propriedades específicas para atender quaisquer necessidades construtivas humanas: resistência ao fogo, aos raios ultravioleta, ao ataque de algas, ao impacto mecânico", esclareceu Zahn.

O engenheiro mostrou casos em que a manta de PVC é usada em associação com o design arquitetônico (jardins suspensos; logos de empresas) e com a funcionalidade da obra (isolamento acústico; painéis solares; heliportos; terraços).

O Seminário foi encerrado com uma demonstração prática da instalação dos sistemas de impermeabilização, feita pelos técnicos da empresa. ♦

MasterPEC – MASTER EM PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Certificação de profissionais de nível superior que concluírem um total de 120 créditos no período máximo de 4 anos.

O programa MasterPEC tem como objetivo o desenvolvimento e difusão do conhecimento em projeto, materiais, controle, produção, inspeção, diagnóstico, proteção e reabilitação de estruturas de concreto, disponibilizando os avanços tecnológicos na área, a visão sistêmica e integradora, a ética e responsabilidade social, que fazem dos profissionais ligados à Construção Civil um dos mais importantes de nossa sociedade.

Cursos MasterPEC 2006

Agosto – 8 e 9 das 13:00 às 17:00

"A EVOLUÇÃO DOS AGREGADOS NA TECNOLOGIA DO CONCRETO CONVENCIONAL E ARQUITETÔNICO"

Palestrante:

Geól. Cláudio Sbrighi Neto

Outubro – 24 e 25 das 13:00 às 17:00

"REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO: DO TRADICIONAL ÀS NOVIDADES DO SETOR"

Palestrantes:

Eng. Paulo Helene – Eng. Ari Paula Machado.

Novembro – 8 e 9 das 13:00 às 17:00

"SISTEMA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS: ALTERNATIVAS E ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO"

Palestrantes:

Eng. Paulo Assahí – Eng. Martín E. Sola – Eng. António Zorzi

Dezembro – 5 e 6 das 13:00 às 17:00

"PROJETO E EXECUÇÃO DE LAJES COM SISTEMA TRELIÇADO"

Palestrante:

Eng. Itamar Vizotto

Responsável:
Juan Fernando Matias Martín
Diretor de Cursos

Mariana Lima
mariana@ibracon.org.br
Tel. (11) 3735-0202

A química a serviço da indústria de concretos pré-fabricados

Luiz Roberto Eiger
Diretor Técnico da RHEOTEC

São várias as vantagens tecnológicas de métodos construtivos com concretos pré-fabricados – ou pré-moldados – quando comparados aos sistemas construtivos convencionais. As vantagens mais marcantes para os clientes e usuários destes produtos são:

1 – Controle de Qualidade

Uma vez que as peças ou elementos pré-fabricados em concreto são produzidas em condições ambientais de maior controle industrial, elas exibem um maior padrão de uniformidade e qualidade. Variáveis típicas que são encontradas em canteiros de obras, tais como temperatura, umidade, diferença dos materiais constituintes e de mão de obra são quase eliminadas em um ambiente industrial. Além disso, as peças que não se enquadram nos padrões de qualidade especificada são desqualificadas na origem e nem chegam ao canteiro de obras.

2 – Maior independência das condições climáticas

A utilização de concreto pré-fabricado aumenta a eficiência da obra, uma vez que os atrasos devido às condições climáticas são minorados. Em países frios, como a Dinamarca, quase 40% do consumo de cimento é absorvido pela indústria de pré-moldados.

3 – Rapidez na execução

As peças pré-fabricadas chegam ao canteiro de obra prontas para montagem. Não há necessidade de comprar materiais diversos, dispensa o tempo em montagem e desmontagem de fôrmas, montagem das armaduras, colocação e cura do concreto. Além disso, há uma redução significativa da geração de entulho, resultando em um canteiro de obra mais organizado e limpo.

4 – Qualidade Estética

As peças de concreto pré-fabricado são funcionais e decorativas. As peças podem ser produzidas em uma ampla variedade de tamanhos e diferentes configurações de acabamento – diversos perfis, cores e texturas (extremamente lisos, desgastadas com ácidos, com agregados expostos) com o intuito de se alcançar a estética desejada.

O alto padrão de qualidade e o rápido desenvolvimento tecnológico deste segmento industrial estão diretamente correlacionados, e só se tornam possíveis com a utilização de diversos produtos e aditivos químicos que são imprescindíveis nos processos definidos em projeto e de execução destes produtos, sejam eles blocos, pavers, guias, lajes alveolares, telhas de pequenas ou grandes dimensões, pilares, vigas e os mais diversos perfis.

A intenção deste artigo é a de apresentar alguns destes produtos e aditivos de forma sucinta e discorrer sobre as muitas possibilidades de utilização e benefícios alcançados com seu uso.

Entre os produtos principais utilizados neste segmento industrial, temos:

1 – INCORPORADORES DE AR

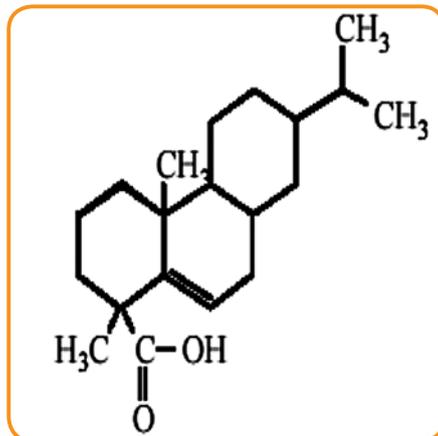
Estes produtos são quimicamente baseados em misturas de diversos surfactantes aniônicos e não iônicos que apresentam uma elevada capacidade de diminuição da tensão superficial da água e conseqüente incorporação de micro-bolhas de ar que funcionam como redutoras de atrito.

Por isso, são também conhecidos como “lubrificantes” pelo pessoal desta indústria. São utilizados em misturas de concreto muito secas que posteriormente serão intensivamente vibradas e prensadas. Estes aditivos possibilitam a formação adequada das peças, uma maior produtividade das máquinas (ciclos mais curtos de vibração e prensagem), maiores resistências mecânicas, devido ao maior grau de compacidade alcançado, e um melhor acabamento. Tipicamente são aditivos utilizados na fabricação de blocos de alvenaria, blocos intertravados para pisos e pavers.

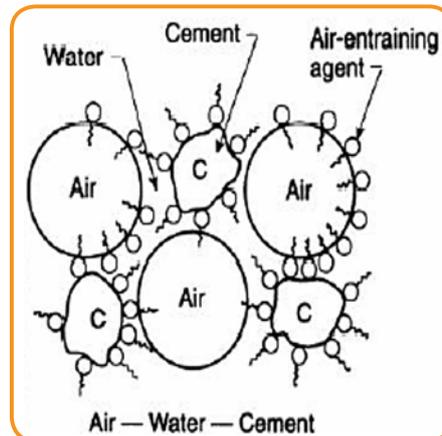
2 – SUPERFLUIDIFICANTES

Produtos usualmente baseados em polímeros de naftaleno sulfônico condensados ou melamina sulfonada.

Apresentam um elevado efeito de corte de água, através do mecanismo de repulsão eletrostática, possibilitando assim a fabricação de concretos fluidos ou de concretos de alta resistência mecânica. Esta classe de produtos é utilizada, principalmente, na fabricação de peças de grandes dimensões, densamente armada e de elevadas resistências iniciais e finais.



Estrutura típica de incorporador de ar

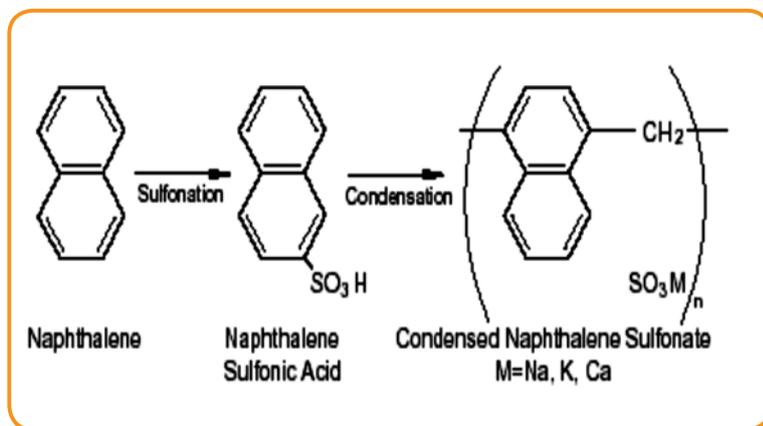


Bolhas de ar e efeito “lubrificante”

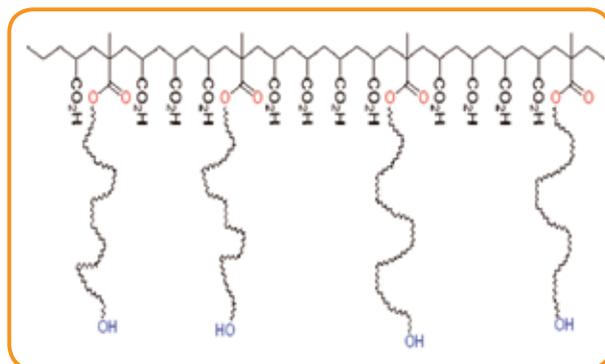
Esta combinação de efeitos resulta em um elevadíssimo poder dispersante sobre as partículas de cimento, possibilitando a obtenção de concretos de ultra-alta resistência ou de concretos autocompactáveis.

3 – HIPERPLASTIFICANTES

Produtos de última geração. Baseados em polímeros tipo “pente” no qual, em uma cadeia principal de polimetilmetacrilato, são enxertados lateralmente grupos etoxilados e/ou propoxilados de pesos moleculares diversos. Também conhecidos como policarboxilatos (PCX), estes produtos apresentam um mecanismo duplo de ação dispersante, derivado tanto da repulsão eletrostática, devida às cargas negativas existentes nos grupos carboxilatos ao longo da cadeia de polimetilmetacrilato, quanto da estabilização estérica, resultante dos grupos hidrofílicos laterais.



Estrutura do superfluidificante



Estrutura química do hiperplastificante

4 – ADIÇÕES MINERAIS NA FORMA LÍQUIDA

São bem conhecidas as enormes vantagens que adições minerais como fumo de sílica ou metacaulim podem trazer ao concreto em termos de resistência mecânica, química e elevado incremento de impermeabilidade. Um fator limitante do uso mais difundido destes produtos deve-se à dificuldade de manuseio dos mesmos e ao impacto ambiental decorrente de seu uso sem instalações adequadas (geração de poeira fina e difícil de ser contida). Alguns fabricantes de aditivos fornecem dispersões aquosas líquidas de baixa viscosidade, com teores de mineral variando entre 40% a 50%, totalmente estáveis (sem separação de fases) e já com um maior grau de dispersão decorrente do processo de fabricação destas dispersões. Estas “lamas” podem ser estocadas em tanques de grande volume e, simplesmente, serem adicionadas e dosadas no processo através de bombas e dosadores de peso comuns.

5 – ADITIVOS ACELERADORES

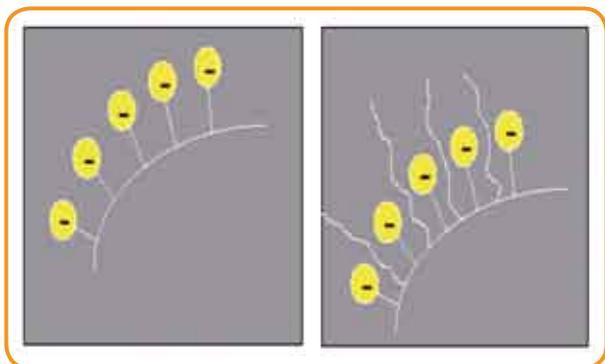
Um fator crucial para a otimização do processo produtivo nesta indústria relaciona-se com o ciclo de reutilização das fôrmas. Deste modo, peças de grandes dimensões só podem ser tiradas do molde após um valor mínimo de resistência mecânica ter sido atingido. A utilização de aditivos aceleradores em conjunto com superfluidificantes ou hiperplastificantes possibilita, em muitos casos, um significativo aumento de produção.

6 – CONCRETO COM AGREGADO EXPOSTO

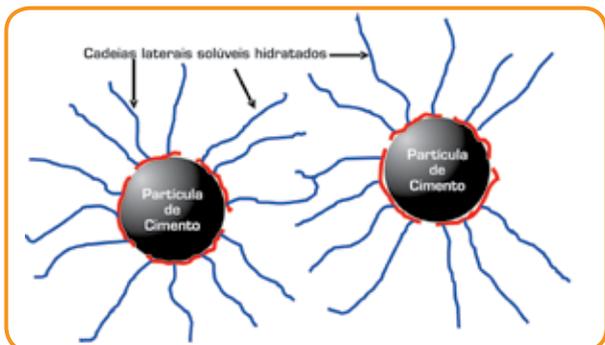
Peças e placas de concreto com agregados expostos, de alto efeito decorativo, vem conquis-

tando rápida e crescente aceitação como elemento de recobrimento de fachadas, pisos interiores e exteriores e outras aplicações.

A fabricação destas peças só é possível através da utilização de “tintas especiais” que são rápida e facilmente aplicadas nas fôrmas antes da colocação do concreto e que devem tanto atuar como agentes de desforma como inibidores de hidratação da camada de cimento que entram em contato com a “tinta” previamente aplicada. Deste modo, após desforma e lavagem da superfície do concreto que estava em contato com a fôrma com jato de água sob pressão, obtém-se o nível de exposição de agregados desejado.



Mecanismo de repulsão eletrostática e estérica dos PCXs



Representação esquemática do mecanismo de repulsão estérica dos policarboxilatos



Exemplo de pré-dispersão de sílica ativa em fase aquosa com aplicação de alto cisalhamento



Placas de concreto com agregados em três níveis de análise

7 – OUTROS PRODUTOS

Além dos produtos acima citados, a indústria de pré-moldados, pode utilizar ou utiliza de modo mais ou menos intensivo:

7.1 – AGENTES DE DESFORMA

Estes produtos são rotineiramente utilizados e usualmente são baseados em óleos minerais de baixo custo. Por motivos da crescente e justa preocupação com o meio-ambiente e controle dos órgãos reguladores governamentais, estes estão sendo cada vez mais trocados por produtos mais seguros e biodegradáveis

7.2 – ADESIVOS

A colagem de peças de grandes dimensões faz-se com o uso de grouts cimentícios ou com a utilização de adesivos base epóxi.

7.3 – IMPERMEABILIZANTES

Utilizados no acabamento de peças de grande dimensão que devem apresentar alta impermeabilidade. Usualmente utilizam-se produtos base látex (vinílico, estireno-butadieno, acrílico) como ligante em argamassas de acabamento ou na formulação de tintas cimentícias impermeabilizantes.

7.4 – PRODUTOS DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA

A conservação do aspecto estético original e renovado é de grande importância para os usuários que projetam estes materiais para serem utilizados com fins decorativos. Os produtos mais utilizados na manutenção e limpeza adequada das peças pré-moldadas são:

- ◆ **Removedores superficiais** – Produtos que desgastam uma fina camada da superfície e remo-

vem manchas de origem inorgânica (ferrugem, por exemplo). Esta remoção superficial renova o aspecto das peças e realça a cor original das mesmas.

◆ **Detergentes especiais** – Formulações de tenso-ativos que atuam fortemente na limpeza e remoção de manchas de origem orgânica tais como graxas, óleos e similares. Devem ser aplicados antes de qualquer outro produto de renovação ou de manutenção de pisos ou peças para possibilitar e garantir a correta penetração e aderência de quaisquer tratamentos posteriores.

◆ **Removedores de goma de mascar e grafitti** – Produtos de enorme potencial de utilização por apresentarem a capacidade de remoção de gomas de mascar em pavimentos e também de manchas de grafitti em concretos com relativa baixa porosidade. Produtos ainda em fase de lançamento no Brasil e que requerem testes de verificação quanto ao seu desempenho anterior à sua aplicação. Usualmente são produtos em forma de gel para garantir um longo tempo de contato das substâncias ativas com o material a ser removido (chiclete ou tinta). Após este período de tempo o material é removido com simples jato de água pressurizada.



Foto 1 – Ladrilho hidráulico antes da limpeza/recuperação



Foto 2 – Após tratamento

7.5 – AUXILIARES DE EXTRUSÃO E BOMBEAMENTO

Concretos fabricados pela técnica de extrusão demandam um alto grau de manutenção e troca frequente da rosca sem fim, devido a abrasividade inerente dos componentes do concreto. A utilização de aditivos auxiliares de extrusão, que atuam como agentes redutores de atrito, por meio de polímeros de alto peso molecular, que apresentam propriedades umectantes e emolientes em fase aquosa, vem possibilitando um menor custo de manutenção do equipamento e aumento da produção a pressões de trabalho reduzidas.

7.6 – PIGMENTOS

Produtos largamente utilizados para coloração das peças pré-moldadas, especialmente telhas e pisos. Produtos de origem inorgânica apresentam excelente solidez ao intemperismo e à radiação ultravioleta. Os produtos mais utilizados são o dióxido de titânio (branco), as diversas tonalidades do óxido de ferro (amarelo; vermelho; preto) e os óxidos de Cromo (verde) e Cobalto (azul).◆



Foto 3 – Peça de concreto com aplicação de tinta arquitetônica comum (látex PVA) e grafitti



Mesma peça após aplicação, ação e remoção do removedor

Comportamento do Concreto Auto-Adensável frente a Incêndio

Leandro Sanchez
Escola Politécnica da USP

Existem até hoje poucas investigações publicadas sobre o comportamento do concreto auto-adensável (self-consolidating concrete SCC) perante situação de incêndio, algumas até contraditórias.

Para contribuir na direção do entendimento do efetivo comportamento de estruturas de concreto frente ao incêndio, apresenta-se este resumo comentado e adaptado do artigo publicado no ACI Materials Journal de abril de 2006 de autoria

de Hans Reinhardt e Michael Stegmaier, intitulado "Self-consolidating concrete in fire".

Introdução

Na pesquisa experimental citada, foi estudado o comportamento de oito traços de concreto auto-

Tabela 1
Características dos Concretos CAA estudados

	SCC com adições+aditivo UW			SCC com adições				SCC com aditivo UW	referência
	CEM 32,5R	CEM 32,5R	CEM 42,5R	CEM 32,5R	CEM 32,5R	CEM 42,5R	CEM 42,5R	CEM 32,5R	CEM 32,5R
Cimento	CEM 32,5R	CEM 32,5R	CEM 42,5R	CEM 32,5R	CEM 32,5R	CEM 42,5R	CEM 42,5R	CEM 32,5R	CEM 32,5R
Consumo de cimento (kg/m ³)	240	300	350	240	300	350	500	265	320
Consumo de água (kg/m ³)	170	166	170	168	166	170	183	172	156
% em volume de agregados	62	64	62	62	63	62	58	67	72
Cinza volante (kg/m ³)	0,0	99	118	0,0	99	118	136	0,0	-
Pó calcário (kg/m ³)	315	104	78	338	133	66	0,0	160	-
Aditivo redutor de água (%)	1,25	1,35	1,35	1,25	1,25	1,35	1,45	1,50	-
Aditivo UW (%)	0,20	0,10	0,10	-	-	-	-	0,45	-
Relação a/mc	0,71	0,49	0,43	0,70	0,49	0,43	0,33	0,65	0,49
Espalhamento do slump (mm)	750	720	690	780	740	745	770	680	menor que 500mm
Funil V (s)	10	13	18	11	12	15	12	8	-
f _c cúbica aos 28 dias (MPa)	32	50	67	32	55	70	75	35	60
f _c relativa residual após ensaio (%)	60	59	58	67	57	55	47	67	68

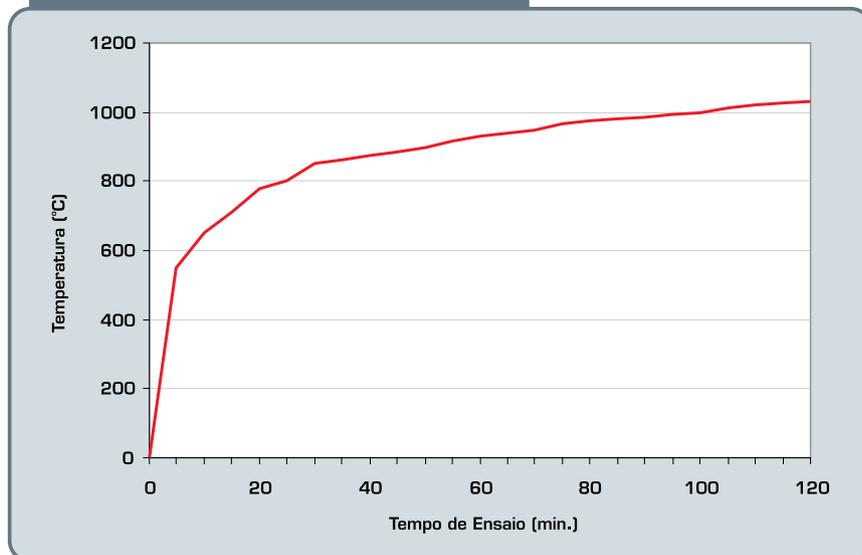


Figura 1 – Curva padrão ISO 834 para incêndio.

adensável e um traço de concreto convencional. Corpos de prova cúbicos de 30cm de aresta foram moldados a partir desses traços e avaliados frente à ação de altas temperaturas. As diferenças de comportamento observadas devem-se principalmente à adição de finos e não ficou evidenciado comportamento diferente entre concreto convencional e SCC. Após submetidos aos ensaios de simulação de incêndio padrão, a resistência à compressão residual de cada traço de concreto foi determinada através de testemunhos cilíndricos extraídos dos corpos de prova cúbicos.

Importância da Pesquisa

O concreto auto-adensável SCC ou CAA tem sido cada vez mais utilizado mas nem todas as suas propriedades são totalmente conhecidas. Como o SCC possui por princípio uma maior adição de finos e um maior teor de aditivos que um concreto convencional, é difícil em primeira instância, garantir que este concreto possua a mesma resistência mecânica pós-incêndio, assim como o mesmo comportamento frente pós-incêndio a altas temperaturas que um concreto convencional.

Para esclarecer em parte essas dúvidas os autores da pesquisa citada confeccionaram oito diferentes traços de SCC e um traço de concreto convencional. Dos oito traços de SCC, quatro foram dosados com diferentes adições, um com agente de viscosidade tipo aditivo sob água (UW admixture) para aumentar coesão, três combinando adição+aditivo sob água, e um concreto convencional como referência. A Tabela 1 mostra a composição dos oito diferentes traços executados.

Corpos de Prova

A partir desses traços, corpos de prova cúbicos de 300mm de aresta foram moldados, mantidos

em câmara úmida por uma semana e posteriormente sazoados em ambiente seco durante 6 meses em câmara a 22 °C e 40% de UR. Após esse período os cps foram sujeitos ao ensaio de altas temperaturas de acordo com a ISO 834 (curva de incêndio padrão) por um período total de 120 minutos conforme Fig. 1.

As temperaturas internas dos corpos de prova cúbicos foram avaliadas, (de acordo com a distância da face externa), durante os ensaios, obtendo-se os valores médios indicados na Fig. 2.

Resultados

Aos 120 minutos, todos os corpos de prova de SCC com adições (4 concretos) apresentaram fissuras e destacamentos superficiais, uns começando após 7 minutos, outros após 60 minutos. Os corpos de prova de SCC com adição+aditivo UW (3 concretos), o SCC com aditivo UW e o de referência não apresentaram destacamentos, somente fissuras. Todos apresentaram as arestas e a superfície externa bem afetadas com fissuras e baixa resistência (textura pulverulenta, friável).

As superfícies dos corpos de prova foram severamente danificadas e o concreto nessas áreas superficiais, depois de resfriar os corpos-de-prova, pôde ser retirado com escova de aço devido à sua baixa resistência e alta friabilidade. A destruição superficial dos corpos de prova, após resfriados e após retiradas as partes soltas e danificadas com o auxílio de escovas de aço, variou de 44% a 62% da superfície total. Os 7 (sete) concretos SCC comportaram-se similarmente ao de referência no que tange a fissuras, friabilidade e aspecto superficial.

A resistência à compressão relativa residual dos concretos após 120 minutos de ensaio padrão ISO 834 variou de 47% a 68% da resistência inicial. O concreto de referência apresentou o maior índice de resistência relativa residual, 68% (40MPa). Os concretos SCC de relação a/cm mais elevada foram também os que apresentaram as mais elevadas resistências médias residuais, 67% da inicial (30MPa). O concreto de maior teor de cinza volante, mais denso e de mais alta resistência (75MPa), de menor relação água/cimento foi o de menor resistência relativa residual, 47% (35MPa) do valor aos 28 dias. A resistência relativa média residual dos demais foi da ordem de 60% da inicial.

Essas constatações evidenciam a importância dos poros capilares no comportamento do concreto frente a altas temperaturas confirmando observações de outros muitos pesquisadores. Os

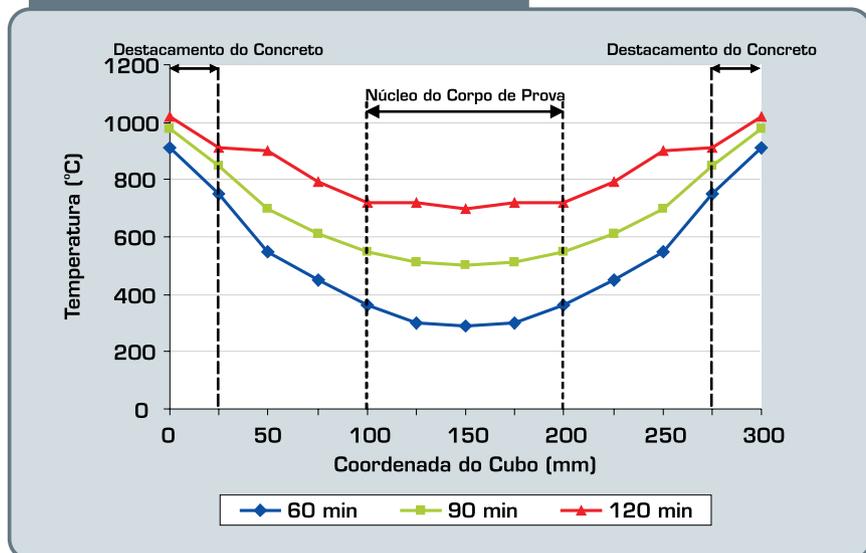


Figura 2 – Distribuição da temperatura nos corpos de prova durante o ensaio ISO 834.

Report NISTIR 6726 em 2001, concluem exatamente o contrário ao estudar concretos muito densos e de baixíssimas relações a/c explicando que o destacamento não ocorreu justamente porque havia muito pouca água internamente a esses concretos. Assim também concluíram os estudos mais completos até hoje realizados em uma estrutura real de concreto armado de alta resistência o chamado "The Cardington Fire Test" realizado pela British Cement Association em 2003, que será objeto da próxima edição desta Revista "Concreto e Construções" do IBRACON.

concretos de mais alta relação a/cm, de mais baixa resistência e, portanto, de maior concentração de poros e capilares, foram, porcentualmente analisando, os de maior resistência relativa à compressão residual após submetidos aos ensaios de incêndio padrão. TENCHEV & PURSSIS (2001), por exemplo, creditam tal fato à rigidez da matriz, que quando menos permeável e mais compacta, impede a liberação de vapor interno que se forma durante o aquecimento do concreto, fissurando-o e destacando-o na superfície. Alguns autores mais sensacionalistas preferem denominar esse destacamento superficial e discreto do concreto de "lascamento explosivo", pois o processo se dá com ruptura frágil e com ruído forte, assemelhando-se grosseiramente a uma explosão interna.

Os pesquisadores deste trabalho em análise procuraram ainda correlacionar resistência relativa residual com teor de finos totais, com relação a/cm, assim como correlacionar deterioração superficial com esses parâmetros, não encontrando correlações fortes que permitam extrapolar conclusões. De qualquer modo os autores entenderam que os resultados permitem afirmar que a adição de finos (neste caso, cinza volante e pó calcário) conduziu a uma matriz mais densa, e, sendo assim, o comportamento do concreto perante o fogo ficou prejudicado, num efeito similar ao da redução da relação a/cm.

Essa é uma opinião controversa, pois certos autores, como Carino em pesquisas no NIST National Institute of Standards and Technology,

Conclusões

As principais conclusões dos autores a partir dessa investigação e depois de submeter os concretos a 120 minutos de ensaio padrão de incêndio (ISO 834), foram:

1. Os 4 (quatro) concretos com adição de cinza volante e pó calcário apresentaram destacamento em profundidades de até 2cm. Os demais concretos não apresentaram destacamento e somente severa fissuração depois de 60 minutos;
2. Depois de resfriados os corpos de prova apresentaram as arestas e as superfícies externas severamente deterioradas mas sem destacamento. Este comportamento se mostrou interessante pois protege melhor o núcleo do corpo de prova;
3. Não houve diferenças significativas entre o comportamento dos 7 (sete) concretos auto-adensáveis SCC comparativamente ao concreto de referência;

Cabe levantar uma questão importante recomendando um próximo passo onde deveriam ser ensaiados corpos de prova armados e corpos de prova sob carga, como normalmente estão nas estruturas. Estudos anteriores ("Cardington Test") com concretos convencionais têm demonstrado que, nas condições de armado e sob carga (tensão de compressão), o concreto se comporta ainda melhor que em condições de concreto simples e relaxado, como os objetos deste estudo experimental. ♦

Referências Bibliográficas

HANS, W. Reinhart; MICHAEL, Stegmaier. Self-Consolidating Concrete in Fire. ACI Materials Journal. Vol.103, N.º 2, Março-Abril, 2006.

TENCHEV, Rosen T.; PURKISS, John A. Finit Element Analysis of Coupled Heat and Moisture Transfer in Concrete Subjected to Fire. Numerical Heat Transfer, Part A: Applications, N.º 7, Vol.39. Taylor & Francis Group. Chicago, 2001.

Selantes para juntas de barragem de enrocamento com face de concreto

Jorge Gabrielli Zacharias Calixto

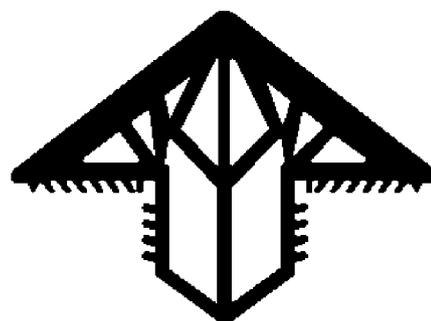
Maurício Takeda

JEENE Juntas e Impermeabilizações

INTRODUÇÃO

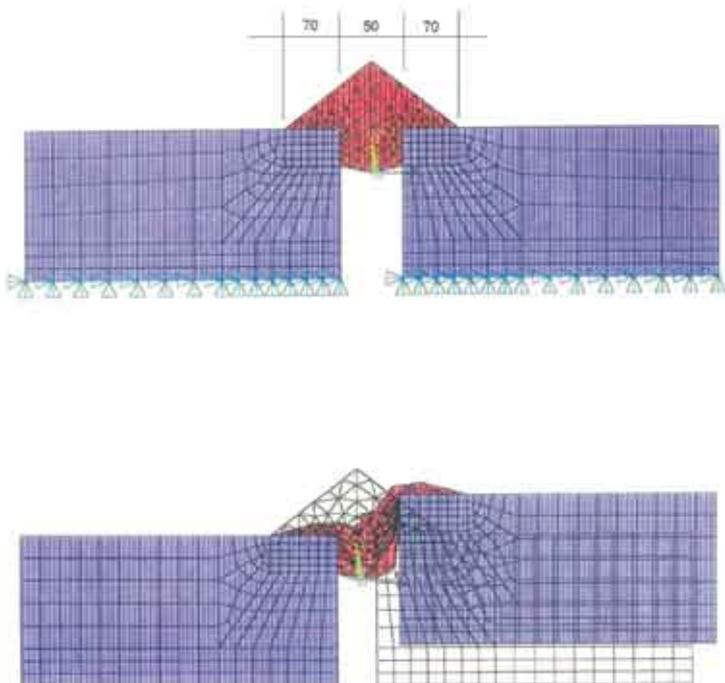
A notícia mais antiga que temos sobre a selagem de uma junta está na Bíblia. Foi quando Deus disse a Noé para aplicar betume entre as tábuas da sua arca.

De lá para cá, as significativas e espetaculares evoluções, com o desenvolvimento tecnológico dos materiais e novos inventos, proporcionaram soluções para este fim e derivaram para os diversos segmentos do mercado e, entre eles, o de Barragens de Enrocamento com Face de Concreto - CFRD.



PERFIL TB

ESFORÇOS BIDIMENSIONAIS NO CONCRETO



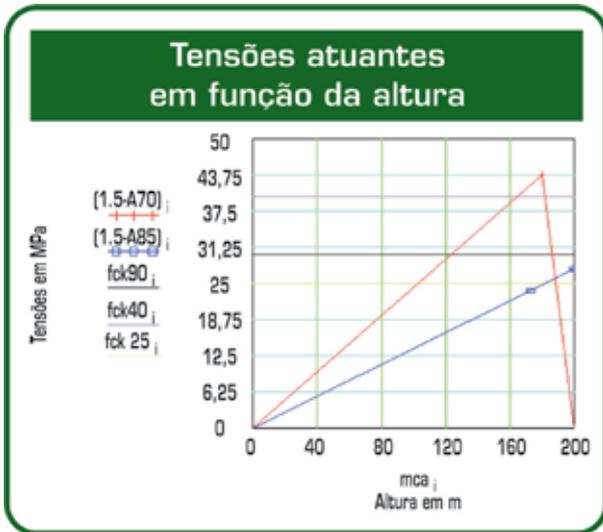
Desde a década de 70, utilizou-se os selantes pré-moldados nas casas de máquinas, coroamento das barragens e nas obras de arte. Como exemplo citamos Água Vermelha, Itaipú, Paulo Afonso, Xingó, Três Irmãos, Campos Novos e Barra Grande, no Brasil; Paso Severino, no Uruguai; Beaver, Cincinnati Music, Grand Coulee, Strom Turman, nos Estados Unidos.

DESENVOLVIMENTO

Os adventos destas novas tecnologias foram em razão dos insucessos ocorridos neste tipo de obra e uma das mais importantes concepções no projeto e na execução de uma CFRD é definir o selante para as juntas verticais e perimetral.

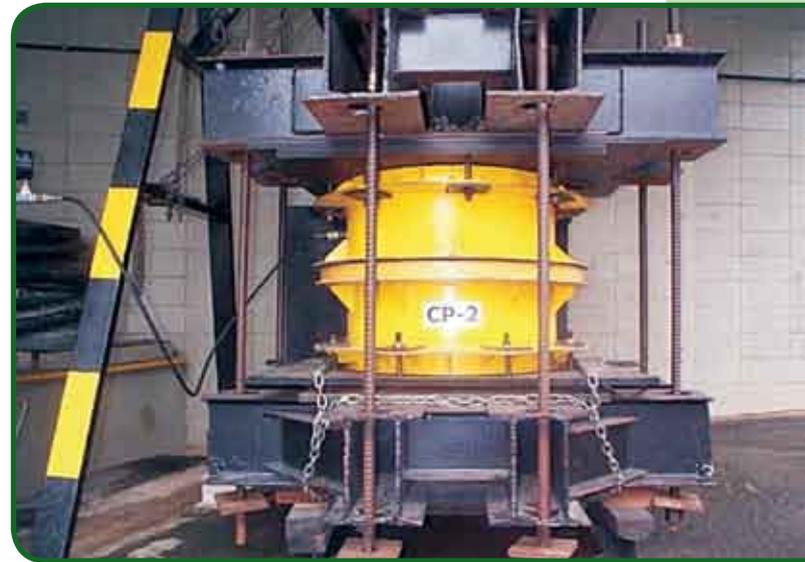
Entre os produtos conhecidos, descreveremos sobre duas soluções criadas no Brasil destinadas a selar as juntas das lajes de uma CFRD.

Ao partir de um produto já conhecido - o veda-juntas elastomérico pré-moldado, instalado numa sede criada nas juntas das lajes - verificou-se que, em razão das altas pressões hidrostáticas e os quatro movimentos básicos atuantes - tração, compressão, recalque diferencial e cisalhamento - transmitiam uma sollicitação de



tração nas bordas do concreto, ocasionando o seu rompimento.

Com o apoio de vários pesquisadores, professores e consultores, concluiu-se que o desafio



Corpo de prova

seria desenvolver um selante que evitasse transmitir o efeito de tração sobre a área de adesão no concreto, que atuasse na compressão e que fosse instalado após a concretagem e a cura das lajes.

Após a pesquisa de diversos desenhos e formas elegeu-se um elemento em forma de cogumelo denominado TB.

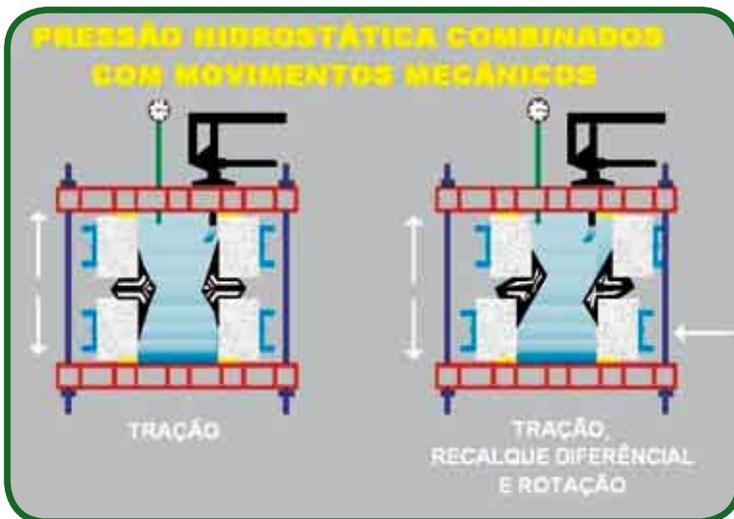
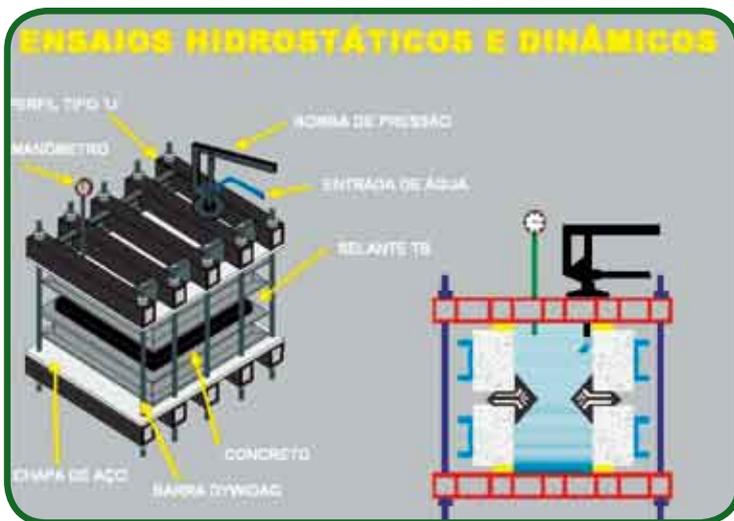
O Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica da USP avaliou o desempenho do selante TB utilizando experimentação numérica, onde foram empregados modelos de elementos finitos que consideram a não linearidade geométrica do sistema.

Para confirmar os resultados satisfatórios da experimentação numérica, foi desenvolvido um corpo de provas que além de suportar pressões hidrostáticas acima de 200 mca, permitisse simular os movimentos das juntas que ocorrem nas CFRD.

O conjunto foi submetido a pressões hidrostáticas crescentes até 230 mca, simultaneamente a uma abertura horizontal da junta de 3 cm, translação horizontal normal de 5,5 cm e algumas simulações consideradas rotações.

No decorrer destas atividades, várias idéias foram sugeridas e discutiu-se sobre o desenvolvimento de outros desenhos de perfis, o projeto e a montagem de um novo corpo de provas metálico, que facilitasse a execução dos ensaios.

Ao se constatar que os resultados são melhores quanto maiores as abas do selante e as distâncias de



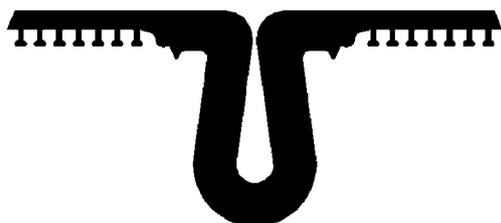
ENSAIOS

Laboratório	Pressão Hidrostática Máxima (m.c.a.)	Movimentos Aplicados (mm)			Observações
		Abertura	Recalque Diferencial	Cisalhamento	
Furnas/GO 1056.95 R0 (18/08/95)	210	50	0	0	JJ1350TB Policloropreno Rompimento do perfil
CEHPAR HL-92 (06/96)	125	60	0	0	JJ1350TB Policloropreno Capac.Máxima do Equipamento
Falcão Bauer 1230033 (17/03/97)	260	60	0	0	JJ1350TB Policloropreno Vazamento pelo Corpo de Prova
EPUSP (11/11/97)	230	30	40	30	JJ1350TB Policloropreno Vazamento através do Concreto
Falcão Bauer 37067/001 (23/03/01)	350	40	30	40	JJ1020TB EPDM Sem vazamento
Incontrol 120/2003	300	50	30	30	JJ1350TB EPDM Sem vazamento
Falcão Bauer 32676/001(21/03/01)	190	100	60	60	JJ1775 Ω Policloropreno Sem Vazamentos
Incontrol 070/2001 (21/08/01)	200	55	82	82	JJ1775 Ω Policloropreno Sem Vazamentos
Incontrol 030/2003 (04/04/03)	232	105	38	38	JJ2080 Ω EPDM Sem Vazamentos
Incontrol 104/2003 (07/08/03)	210	77	51	51	JJ2080 Ω EPDM Sem Vazamentos
Incontrol 115/2003 (02/09/03)	210	76	53	53	JJ2080 Ω EPDM Sem Vazamentos

colagem do eixo das juntas, inventou-se o perfil denominado ÔMEGA.

Esta forma geométrica cria uma situação favorável a grandes movimentações e distribui melhor as tensões quando as pressões hidrostáticas são impostas.

PRODUTOS



Perfil Ômega

- PERFIL ELASTOMÉRICO:** a base do elastômero em EPDM (Etil Propil Dieno) é extrudado e vulcanizado em sua forma definitiva entre 150° e 180° C. Este produto possui excelentes propriedades físico-químicas, devido à sua estrutura de baixa saturação, e reúne qualidades excepcionais quanto à resistência à intempérie, ozônio, altas e baixas temperaturas, vários ácidos, álcalis, detergentes, envelhecimento e etc. A base elastomérica pode ser em outros materiais sintéticos, como a nitrílica ou policloropreno, para atender casos específicos de ataques químicos.



Emenda com a junta perimetral

Os perfis são ensaiados conforme as normas ABNT-NBR 12.624 ou ASTM D 2000M e somente enviados para as obras se atenderem as exigências.

- ◆ **ADESIVO:** É bi-componente, base epóxi (resina e acelerador), tixotrópico e de alto desempenho. Devidamente formulado na consistência de pasta viscosa, adapta-se com facilidade ao substrato. Resiste à abrasão, oxidação, corrosão, soluções ácidas e alcalinas e à intempérie. O seu coeficiente de dilatação é semelhante ao do concreto e, após a cura, se torna inerte.



Carrinho de instalação



Barrigon

INSTALAÇÃO

Para viabilizar a aplicação em planos inclinados, desenvolveu-se um carrinho sobre rodas sustentado por cabo de aço de um guincho instalado na crista da barragem. Executa-se a limpeza do concreto com jato de areia ou esmerilhamento com disco fenólico, para remover eventuais resíduos de desmoldantes, nata de cimento, partes soltas ou contaminadas.

Aplica-se o adesivo no substrato e nas estrias do perfil elastomérico, pressionando-o contra o substrato através de gabaritos.

Após a cura do adesivo, é realizada uma inspeção para verificar e garantir a adesão.

Na união da junta perimetral com a vertical, utiliza-se colagens elásticas de alta resistência, empregando-se um perfil de ligação compatível com o projeto. Este processo permite uma solução simples e eficiente mesmo que a junta perimetral seja fabricada com outros materiais.

COMENTÁRIOS

A escolha do veda-juntas é baseada na pressão hidrostática e nas movimentações previstas. Os veda-juntas pré-moldados aplicados nas casas de máquinas, vertedouros e coroamentos são consagrados desde a década de 70.

Os veda-juntas descritos – TB e OMEGA – aplicados desde 1999 nos paramentos e nas lajes, permanecem em perfeito estado de funcionamento. Os raros casos de rasgamento e vazamento em Itá e Itapebi, provenientes dos excessos de movimentações e da aplicação, foram sanados.

Outrossim, com as experiências adquiridas, foram elaborados normas e procedimentos de instalação e vistoria que resultaram, tanto nos veda-juntas verticais como nos perimetrais, em pleno sucesso, sem ocorrências de vazamentos. Casos estes verificados nos medidores de vazão e nas inspeções sub-aquáticas em Machadinho, Quebra Queixo e Barrigon.◆

Uma abordagem sobre a otimização dos custos de lajes formadas por vigotas treliçadas considerando o processo produtivo

Maria Cristina Vidigal de Lima, Vanessa Cristina de Castilho, Daniel Forni e Turibio José da Silva
Faculdade de Engenharia Civil,
Universidade Federal de Uberlândia

Resumo

A utilização de lajes formadas por elementos pré-fabricados em estruturas de edifícios, principalmente as vigotas treliçadas, torna-se cada vez mais difundida no mercado brasileiro. Normalmente as empresas não têm uma clara definição dos custos envolvidos em todo o processo. Este trabalho tem como objetivo analisar os custos envolvidos no processo de produção de vigotas treliçadas, no transporte, na montagem e na concretagem de lajes pré-fabricadas. A função custo obtida foi analisada em alguns exemplos de cálculo de lajes uni e bidirecionais com várias dimensões. O custo de algumas lajes foi também avaliado pelo método de minimização de gradiente reduzido genérico (GRG2) para lajes com material de enchimento de lajota cerâmica e EPS. As variáveis de projeto consideradas para a minimização da função custo foram a altura e a resistência da capa de concreto. Nas lajes com EPS, a distância entre as vigotas treliçadas (interesse) também foi uma variável otimizada. A minimização resultou em uma economia em torno de 4% no custo final das lajes com enchimento cerâmico e próximo a 8% para enchimento de EPS. Nestas lajes (EPS), obteve-se maiores valores para o interesse, o que resulta em menor volume de concreto e menor número de vigotas treliçadas.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem sido considerada uma indústria atrasada quando comparada a outros ramos industriais, segundo El Debs (2000). A razão disto está no fato dela apresentar, de uma maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade. A pré-moldagem surgiu com a finalidade de

diminuir parte do problema, embora ainda não seja largamente empregada. Um dos elementos pré-moldados que tem sido amplamente utilizado no mercado brasileiro é a laje treliçada. Nestes termos, o fator custo é de primordial importância, já que estes elementos assumem uma produção de ritmo industrial. Ao estudar os custos dos processos que envolvem os elementos pré-fabricados, estudam-se maneiras de aprimorar o controle e a composição dos mesmos, com o objetivo de reduzi-los.

A laje formada por vigotas treliçadas surgiu, inicialmente, com o intuito de suprir algumas desvantagens, como, por exemplo, o elevado peso-próprio, quando comparada à laje maciça, além do menor uso de escoramentos em sua montagem. Hoje, utiliza-se a laje treliçada com grande sucesso na construção civil no mundo todo, por possibilitar maior adequabilidade a inúmeras situações e superar grandes vãos, além de reduzir a mão-de-obra, gerando maior rapidez e limpeza na montagem. Estas características fazem da laje treliçada um elemento estrutural de grande importância e larga utilização em edificações.

Neste contexto, o conhecimento da função custo é de fundamental importância na busca de uma solução devidamente adequada e analisada por meio de ferramentas de otimização. Os estudos visando a minimização de custos permitem interagir algumas variáveis de projeto, a fim de buscar uma solução viável economicamente.

Com a nova norma NBR 6118 (2003) a verificação da flecha em lajes leva em conta, além da deformação lenta, o efeito da fissuração do concreto e conseqüente cálculo da rigidez no estágio II, tornando mais rígida a utilização de vãos maiores quando comparados com a versão da norma de 1978, que permitia esta consideração no Estádio I. Ao observar tabelas fornecidas por alguns fabricantes, constata-se que tais considerações não são feitas. Os fabricantes que utilizam as novas formulações propostas pela NBR

6118 (2003) queixam-se da utilização de outras tabelas baseadas na antiga norma, pelos concorrentes. Ao utilizar a norma antiga, obtêm-se vãos maiores para as mesmas alturas de lajes e armaduras.

Portanto, a busca por uma solução otimizada torna-se muito importante para tentar manter a competitividade da laje treliçada. Busca-se, no desenvolvimento deste trabalho, calcular os custos aplicando a formulação proposta e quantificar a economia que se pode obter aplicando um método de otimização considerando as seguintes variáveis: altura da capa de concreto, resistência característica do concreto e comprimento do inteiros.

2. A FUNÇÃO CUSTO

A função custo apresentada neste trabalho, proposta por Forni (2005), considera todo o processo produtivo, o transporte (composição por frete) e a etapa de montagem e concretagem, representados pelos parâmetros da Equação (1). Com relação ao processo produtivo, são considerados todos os custos inerentes ao processo de fabricação da vigota, incluindo o material de enchimento e as canaletas cerâmicas ou de EPS (coxinhas), que servem de fôrma para a colocação da armadura na direção transversal. A Figura 1 ilustra uma laje formada por vigotas treliçadas.

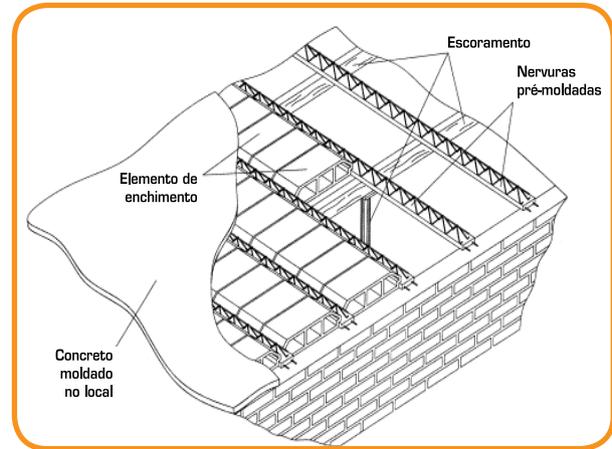


Figura 1 – Laje formada por nervuras pré-moldadas [EI Debs (2000)].

- ◆ P_{14} = preço do escoramento (R\$/m²);
- ◆ P_{15} = preço da hora trabalhada de ferreiro (R\$/h);
- ◆ P_{16} = preço da armadura transversal (R\$/kg);
- ◆ P_{17} = preço da armadura longitudinal (R\$/kg);
- ◆ P_{18} = preço da armadura de distribuição (R\$/kg);
- ◆ P_{19} = preço do concreto bombeado (R\$/m³);
- ◆ P_{21} = preço da hora trabalhada de pedreiro (R\$/h);
- ◆ Variável C: indica custo dos insumos (relativos aos quantitativos) em R\$/m.

3. ANÁLISES DE CUSTOS

3.1 LAJES QUADRADAS

As lajes quadradas formadas por vigotas treliçadas são geralmente calculadas como armadas em uma direção, em virtude das facilidades construtivas.

A fim de avaliar economicamente esta prática, foram calculados quatro grupos de lajes quadradas armadas em uma direção e armadas em cruz, cujas alturas, cargas atuantes e variações dos vãos são apresentadas na Tabela 1. A escolha das lajes foi em função das alturas existentes no mercado.

Em cada grupo, fez-se as alterações dos comprimentos dos vãos de tal forma que l_x varia de 1 em 1m, até o limite da flecha, calculadas segundo a NBR 6118 (2003), utilizando o processo das grelhas. Na Tabela 2 estão descritas as características geométricas relacionadas ao dimensionamento dos grupos 1 a 4.

O preço do concreto de 20MPa considerado nas análises foi de R\$ 132,15/m³, o preço da lajota cerâmica equivalente a R\$ 0,25/peça e R\$ 2,00/m³ para o EPS. Demais valores para o preço do concreto em função do f_{ck} podem ser obtidos em Forni (2005). A Tabela 3 apresenta os custos obtidos das lajes em análise.

$$F(\text{Função Custo}) = \left[\frac{Q_{11} \cdot \sum_{i=1}^{10} C_i \cdot 10^i}{l_x \cdot l_y} + \left(\frac{Q_{12} \cdot P_{10} \cdot 10^i}{l_x \cdot l_y} \right) + \left(\frac{Q_{13} \cdot P_{11} \cdot 10^i}{l_x \cdot l_y} \right) + \left(\frac{T}{PL} \right) \cdot \left(1 - \frac{BDI}{100} \right)^{-1} + \left(\frac{Q_{14} \cdot P_{12}}{T_i} \right) + P_{14} + \right. \\ \left. + (Q_{15} \cdot P_{15} \cdot Q_{20}) + \left(\frac{Q_{15} \cdot P_{16} \cdot 10^i}{l_x \cdot l_y} \right) + \left(\frac{Q_{16} \cdot P_{17} \cdot 10^i}{l_x \cdot l_y} \right) + (Q_{17} \cdot P_{18}) + \left(\frac{Q_{18} \cdot P_{18} \cdot 10^i}{l_x \cdot l_y} \right) + (Q_{19} \cdot P_{19} \cdot Q_{21}) \right] \quad (1)$$

Onde:

- ◆ Q_{11} = quantidade de vigotas treliçadas (m);
- ◆ Q_{12} = quantidade de material de enchimento utilizado (peça);
- ◆ Q_{13} = quantidade de canaletas (peça);
- ◆ P_{10} = preço do material de enchimento utilizado (R\$);
- ◆ P_{11} = preço das canaletas (R\$);
- ◆ Q_{14} = número de ferreiros trabalhando;
- ◆ Q_{15} = quantidade de armadura transversal obtida no dimensionamento da laje (kg);
- ◆ Q_{16} = quantidade de armadura longitudinal obtida no dimensionamento da laje (kg);
- ◆ Q_{17} = quantidade de armadura de distribuição (kg/m²);
- ◆ Q_{18} = quantidade de concreto bombeado (m³);
- ◆ Q_{19} = número de pedreiros trabalhando;
- ◆ Q_{20} = número de horas de um ferreiro produzindo 1m²;
- ◆ Q_{21} = número de horas de um pedreiro produzindo 1m²;

Tabela 1

Alturas, cargas atuantes e vãos para os grupos de lajes quadradas

Lajes	Tipo de treliça	Altura (cm)	Peso Próprio (kN/m ²)	Carga Permanente (kN/m ²)	Carga Acidental (kN/m ²)	Varição de? $l_x = l_y$ (m)
Grupo 1	TR 08634	12	2,0	1,5	1,5	2 à 5
Grupo 2	TR 12645	16	2,5	1,5	2,0	2 à 6
Grupo 3	TR 16645	20	3,0	1,5	2,5	2 à 6
Grupo 4	TR 20745	25	3,7	1,5	3,0	3 à 7

Tabela 2

Características das lajes armadas em duas direções

Laje	l_x (cm)	l_y (cm)	P_{tm} (kg/m)	P_B (R\$/kg)	Q_B	Armadura adicional	P_{ad} (kg/m)	P_B (R\$/kg)	Q_{15} (kg/Laje)	
Grupo 1	L210	200	200	0,886	2,84	-	-	-	3,92	
	L219	300	300	0,886	2,84	-	-	-	8,82	
	L226	400	400	0,886	2,84	2	Ø 6,3 mm	0,245	2,85	15,68
Grupo 2	L301	200	200	1,032	2,84	-	-	-	3,92	
	L312	300	300	1,032	2,84	-	-	-	8,82	
	L321	400	400	1,032	2,84	1	Ø 6,3 mm	0,245	2,85	15,68
Grupo 3	L328	500	500	1,032	2,84	3	Ø 6,3 mm	0,245	2,85	39,50
	L401	200	200	1,111	2,84	-	-	-	3,92	
	L412	300	300	1,111	2,84	-	-	-	8,82	
	L421	400	400	1,111	2,84	1	Ø 6,3 mm	0,245	2,85	15,68
Grupo 4	L428	500	500	1,111	2,84	2	Ø 6,3 mm	0,245	2,85	39,50
	L501	300	300	1,602	2,84	-	-	-	8,82	
	L510	400	400	1,602	2,84	-	-	-	15,68	
	L517	500	500	1,602	2,84	1	Ø 8mm	0,395	2,64	39,50
	L522	600	600	1,602	2,84	2	Ø 8mm	0,395	2,64	85,32

3.2 LAJES UNIDIRECIONAIS

Seguindo o mesmo procedimento, foram calculadas as lajes retangulares, com áreas iguais às das lajes quadradas, armadas em uma direção. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para os custos das lajes com áreas aproximadas, calculadas como armadas em uma direção.

3.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS LAJES UNIDIRECIONAIS E BIDIRECIONAIS

Comparando os valores encontrados para as lajes indicados nas Tabelas 3 e 4, verifica-se que para o

grupo 1 com 4 m² de área, praticamente não há diferença nos custos finais. Para as áreas de 9m², 16m² e 25m², estas apresentam uma diferença de custo significativa, quando a comparação é feita entre lajes quadradas. Por exemplo, a laje quadrada com 3m de lado apresenta uma diferença de custo de 7,18%, sendo mais econômica calculada como bidirecional do que como unidirecional, como mostra a Tabela 5. Quando o custo das lajes unidirecionais é maior que os das bidirecionais, estes pontos são representados com percentuais de sinal negativo na Tabela 5. Nos grupos 2, 3 e 4, observa-se este mesmo comportamento. Lajes quadradas armadas em duas direções apresentam, de um modo geral, custos inferiores aos das lajes unidirecionais.

Tabela 3
Custos das lajes bidirecionais

RESULTADOS DOS CUSTOS DAS LAJES BIDIRECIONAIS (R\$/m²)

Laje	Concreto	Armadura	Cerâmica	Escoramento	Mão-de-obra	Administração	Transporte	Custo final	
Grupo 1	L210	11,16	14,00	3,00	2,00	4,97	5,24	0,31	40,69
	L219	10,19	13,57	3,50	2,00	4,94	5,21	0,31	39,71
	L226	10,47	17,49	3,38	2,00	4,97	6,47	0,31	45,09
Grupo 2	L301	13,76	15,02	3,60	2,00	4,97	5,76	0,31	45,42
	L312	12,34	14,52	4,20	2,00	4,94	5,74	0,31	44,04
	L321	12,73	16,78	4,05	2,00	4,97	6,46	0,31	47,31
Grupo 3	L328	12,91	21,01	3,96	2,00	4,95	7,35	0,31	52,49
	L401	16,36	15,58	4,20	2,00	4,97	6,13	0,31	49,54
	L412	14,48	15,04	4,90	2,00	4,94	6,12	0,31	47,80
Grupo 4	L421	14,99	17,35	4,73	2,00	4,97	6,85	0,31	51,20
	L428	15,23	21,55	4,62	2,00	4,95	7,73	0,31	56,39
	L501	17,95	18,31	5,60	2,00	4,94	7,39	0,31	56,50
Grupo 4	L510	18,58	19,09	5,40	2,00	4,97	7,62	0,31	57,96
	L517	18,88	2,36	5,28	2,00	4,95	8,19	0,31	61,97
	L522	18,01	27,62	5,60	2,00	4,97	9,33	0,31	67,84

Tabela 4
Custos das lajes unidirecionais

	Unidirecionais					Unidirecionais			
	Área (m²)	lx (m)	ly (m)	Custo (R\$/m²)		Área (m²)	lx (m)	ly (m)	Custo (R\$/m²)
Grupo 1	4,00	100	400	40,35	Grupo 3	4,00	200	200	49,43
		200	200	40,55		9,00	200	450	48,55
	9,00	200	450	40,14			300	300	49,83
		300	300	42,78		16,50	300	550	49,93
16,50	300	550	42,93	16,00			400	400	53,36
Grupo 2	4,00	200	200			45,30	24,00	400	600
		9,00	200	450		44,65		26,00	400
	300		300	46,07		Grupo 4	9,00	300	300
	16,00	400	400	49,67	16,50		300	550	56,46
		16,50	300	550	46,19		16,00	400	400
	24,00	400	600	49,32	24,00		400	600	60,95
26,00	400	650	49,11	26,00	400	650	60,73		
					25,00	500	500	63,90	
					35,00	500	700	63,87	

Tabela 5

Diferenças de custos entre as lajes de mesma área (uni e bidirecionais)

	Área (m ²)	ℓ _x (m)	ℓ _y (m)	Custos Unidirecionais (R\$/m ²)	Custos Bidirecionais (R\$/m ²)	Diferenças (%)
Grupo 1	4	200	200	40,55	40,69	- 0,35%
	9	300	300	42,78	39,71	7,18%
Grupo 2	4	200	200	45,30	45,42	- 0,26%
	9	300	300	46,07	44,04	4,41%
	16	400	400	49,67	47,31	4,75%
Grupo 3	4	200	200	49,43	49,54	- 0,22%
	9	300	300	49,83	47,8	4,07%
	16	400	400	53,36	51,2	4,05%
Grupo 4	9	300	300	56,36	56,5	- 0,25%
	16	400	400	61,26	57,96	5,39%
	25	500	500	63,90	61,97	3,02%

Observa-se que as lajes quadradas calculadas como armadas em uma direção apresentam custos superiores aos obtidos calculando-as como armadas em cruz, dependendo da área da laje. As variações são pequenas para lajes de 4m², aumentam para lajes com áreas entre 9m² e 16m², e diminuem para lajes de 25m² e 36m². A justificativa para tais variações é o efeito de placa e o coeficiente de Poisson. O efeito de placa é mais acentuado em vãos menores, uma vez que em maiores vãos o efeito de Poisson é menor, devido à tendência de estabilização da flecha no meio do vão da laje. Na laje quadrada, o momento fletor é menor quando calculada como laje bidirecional e, portanto, a área de armadura necessária é menor. Além disso, usam-se nas lajes quadradas unidirecionais bitolas maiores, em virtude das verificações do espaçamento, e estas, por sua vez, custam menos, proporcionalmente (por ex: aço CA50 com diâmetro de 8 mm custa R\$ 2,64/kg; de 10 mm custa R\$ 2,36/kg e de 12 mm custa R\$ 2,24/kg – preços obtidos em novembro de 2005, na região sudeste).

4. INTRODUÇÃO AO PROBLEMA DE OTIMIZAÇÃO

A minimização da função custo é feita por meio do método não-linear de gradiente reduzido genérico (GRG2). O GRG2 é um método de otimização não-linear para a solução de problemas de minimização e maximização (Lasdon (1981)). Basicamente, o GRG2 usa uma implementação do algoritmo

gradiente reduzido generalizado (Generalized Reduced Gradient-GRG2). Este procedimento é também chamado gradiente reduzido ou método de projeção de gradiente.

A fim de aplicar restrições não-lineares na solução do problema, a ferramenta se baseia em métodos de restrições lineares. Esse algoritmo foi desenvolvido por Wilde e Beightler (1967), tendo sido inicialmente chamado de constrained derivatives, e posteriormente por Wolfe (1963) chamando-o de reduced-gradient method e, finalmente, por Abadie e Carpenter (1969), passando a ser designado por generalized reduced gradient (GRG2).

O desenvolvimento do método inicia-se com o problema de minimização não-linear escrito com restrições de igualdade (Figura 2). Com o intuito de encontrar a solução do problema, são acrescentadas variáveis fictícias a qualquer restrição de desigualdade.

A idéia do gradiente reduzido generalizado é converter um problema com restrição em um problema sem restrição, usando os multiplicadores de Lagrange. Portanto, as equações de restrição foram expandidas usando série de Taylor e somente os termos de primeira ordem foram mantidos. As equações lineares são usadas para reduzir o número de variáveis independentes das funções de restrição. Isto leva aos determinantes Jacobianos e a definição do multiplicador de Lagrange que é uma relação de

$$F(\text{Função Custo}) = \left[\frac{Q_{11} \cdot \sum_{i=1}^{10} C_i \cdot 10^i}{\ell_x \cdot \ell_y} + \left(\frac{Q_{12} \cdot P_{10} \cdot 10^i}{\ell_x \cdot \ell_y} \right) + \left(\frac{Q_{13} \cdot P_{11} \cdot 10^i}{\ell_x \cdot \ell_y} \right) + \left(\frac{T}{PL} \right) \cdot \left(1 - \frac{BD1}{100} \right)^{-1} + \left(\frac{Q_{14} \cdot P_{12}}{T} \right) + P_{14} + \right. \\ \left. + (Q_{15} \cdot P_{15} \cdot Q_{20}) + \left(\frac{Q_{15} \cdot P_{16} \cdot 10^i}{\ell_x \cdot \ell_y} \right) + \left(\frac{Q_{16} \cdot P_{17} \cdot 10^i}{\ell_x \cdot \ell_y} \right) + (Q_{17} \cdot P_{18}) + \left(\frac{Q_{18} \cdot P_{19} \cdot 10^i}{\ell_x \cdot \ell_y} \right) + (Q_{19} \cdot P_{20} \cdot Q_{21}) \right] \quad (1)$$

Figura 2 – Algoritmo típico de minimização.

derivados parciais. A partir desse algoritmo típico e aplicando as características próprias do GRG2, chega-se à solução do problema a ser otimizado.

4.1 MINIMIZAÇÃO DA FUNÇÃO CUSTO UTILIZANDO O GRG2

Para avaliar a minimização da função custo por meio de um programa com base computacional, analisaram-se as lajes calculadas com armaduras em uma direção, com a utilização de materiais de enchimento EPS (Espuma de Poliuretano Expandido) e a lajota cerâmica.

O problema de minimização do custo das lajes formadas por vigotas treliçadas se resume ao problema de minimização da função custo $F(\text{custo})$, respeitando os estados limites últimos e de serviço. As restrições seguem as recomendações das normas NBR 6118 (1978), NBR 6118 (2003) e NBR 14859-1 (2002). Equaciona-se o problema conforme descrito a seguir, sendo que, a verificação em relação às solicitações tangenciais apresentada refere-se somente à NBR 6118 (1978).

Minimizar $F(x_i)$ sujeita as seguintes restrições:

a) verificação do estado limite último – solicitações normais

$$g_1(x_i) = M_d - M_u \text{ onde } g_1(x_i) \leq 0$$

b) verificação do estado limite último – solicitações tangenciais

$$g_2(x_i) = \tau_{wd} - \tau_{wu} \text{ onde } g_2(x_i) \leq 0$$

c) verificação do estado limite de utilização de controle da deformação

$$g_3(x_i) = a_{qp} - a_{lim1} \text{ onde } g_3(x_i) \leq 0$$

$$g_4(x_i) = a_{acid} - a_{lim2} \text{ onde } g_4(x_i) \leq 0$$

onde:

M_d = momento fletor solicitante de cálculo

M_u = momento fletor resistente de cálculo

τ_{wd} = tensão convencional de cisalhamento

τ_{wu} = tensão de cisalhamento última

a_{qp} = flecha total para a combinação

quase-permanente de ações

a_{lim1} = flecha limite para combinação

quase-permanente de ações

a_{acid} = flecha total devido à carga acidental

a_{lim2} = flecha limite para a carga acidental

Além dessas restrições, as variáveis referentes à resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}), altura da capa (h_{capa}) e distância entre inteiros (i_y), que definem a função custo devem satisfazer as seguintes restrições laterais.

$$\begin{cases} 3,0 \leq f_{ck} \leq 5,0 \text{ (kN/cm}^2\text{)} \\ 4 \leq h_{capa} \leq 20 \text{ (cm)} \text{ - para lajes dos grupos 1,2 e 3} \\ 5 \leq h_{capa} \leq 20 \text{ (cm)} \text{ - lajes dos grupos 4} \\ 40 \leq i_y \leq 65 \text{ (cm)} \end{cases}$$

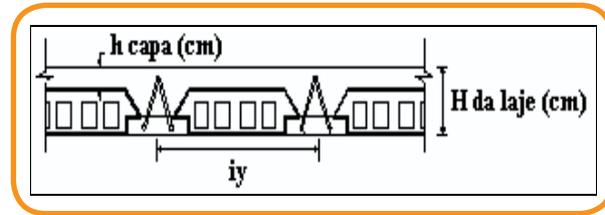


Figura 3 – Indicação dos parâmetros.

A Figura 3 apresenta um corte indicando a altura da capa, a altura da laje e o inteiros.

4.2 APLICAÇÕES DO MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO GRG2

As Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados da minimização do custo das lajes analisadas aplicando a NBR 6118 (1978, 2003) e o GRG2, considerando a lajota cerâmica e o EPS como material de enchimento, respectivamente.

Nos resultados da minimização, constatou-se que nas lajes de menores vãos em que se utiliza a lajota cerâmica como material de enchimento não há significativas diferenças de custo entre a NBR 6118 (1978) e NBR 6118 (2003). Nas lajes com vãos maiores, ou seja, L230, L330, L430 e L530, observa-se que ao aplicar a NBR 6118 (2003) obtém-se um maior custo quando comparado com os valores da minimização, chegando a 16,36% e 26,17%, respectivamente, para as lajes L230 e L330. Estas diferenças são devido às novas verificações de flecha aplicadas pela NBR 6118 (2003).

As Figuras 4 e 5, referentes às lajes com lajota cerâmica e EPS, respectivamente, permitem observar as diferenças entre os valores dos custos obtidos para as lajes calculadas segundo a NBR 6118 (1978, 2003) e a aplicação do processo de minimização GRG2, cujas restrições consideram as verificações de cálculo recomendadas pela NBR 6118 (2003).

No entanto, para as lajes em que se utilizam EPS como material de enchimento, observa-se que os valores dos custos obtidos com a minimização com GRG2 são menores que os valores de cálculo, tanto da nova norma quanto da NBR 6118 (1978), exceto para as lajes L220, L230, L330, L430 e L530, as quais são muito solicitadas na relação cargas aplicadas x dimensões. Quando este fato se verifica, observa-se que os custos obtidos com a minimização da NBR 6118 (2003) não são mais econômicos que as lajes calculadas segundo a NBR 6118 (1978).

Para as lajes em que se utiliza o EPS como material de enchimento, também não há significativas diferenças de custo, entre a NBR 6118 (1978) e (2003), nas lajes de menores vãos. Nas lajes com vãos maiores, vale as mesmas observações feitas para as lajes onde se utiliza a lajota cerâmica como enchimento, ou seja, ao aplicar a NBR 6118 (2003), obtém-se um maior de custo,

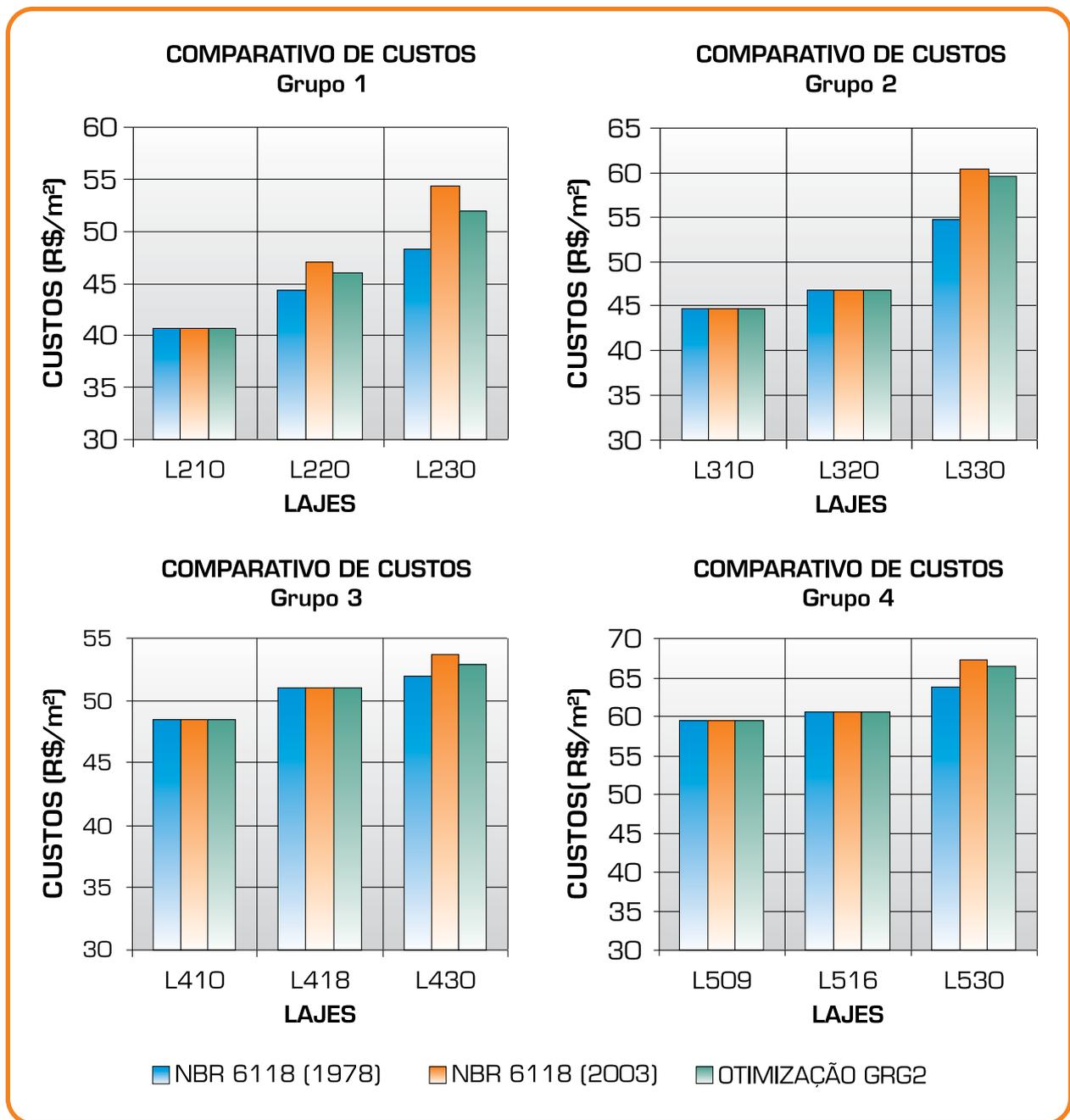


Figura 4 – Comparações de custos (Grupos 1 à 4) – Lajota Cerâmica.

chegando a 13,03% e 20,81%, respectivamente, para as lajes L230 e L330.

Com o objetivo de se analisar as variações ocorridas para uma das lajes estudadas neste trabalho, são fornecidos os dados complementares da laje L530, conforme a Tabela 8.

Ao analisar a laje L530 constituída de material de enchimento cerâmico, observa-se que no cálculo segundo a NBR 6118 (1978) a flecha calculada é bem menor que a flecha admissível, o que implica em valores mínimos de dimensionamento ($f_{ck} = 2 \text{ kN/m}^2$ e altura da capa de 5 cm), obtendo-se um custo de R\$ 63,79. No entanto, para mesma laje calculada segundo a

NBR 6118 (2003), a flecha calculada é de 1,92 cm (flecha admissível igual a 2cm), considerando f_{ck} igual a 3,50 kN/cm² e altura da capa de 5,50 cm, resultando um custo final de R\$ 67,28. Ao aplicar o processo de minimização (GRG2), observa-se que o f_{ck} se altera para 3,60 kN/m² e altura da capa para 5,00 cm, obtendo um custo otimizado igual a R\$ 61,51.

A laje L530 com material de enchimento EPS, no cálculo segundo a NBR 6118 (1978) a flecha calculada também é bem menor que a flecha admissível ($0,51 < 1,67$), o que implica em valores mínimos de dimensionamento ($f_{ck} = 2 \text{ kN/m}^2$ e altura da capa de 5 cm) para um intereixo de 42 cm, obtendo-se um custo de R\$ 75,36. No

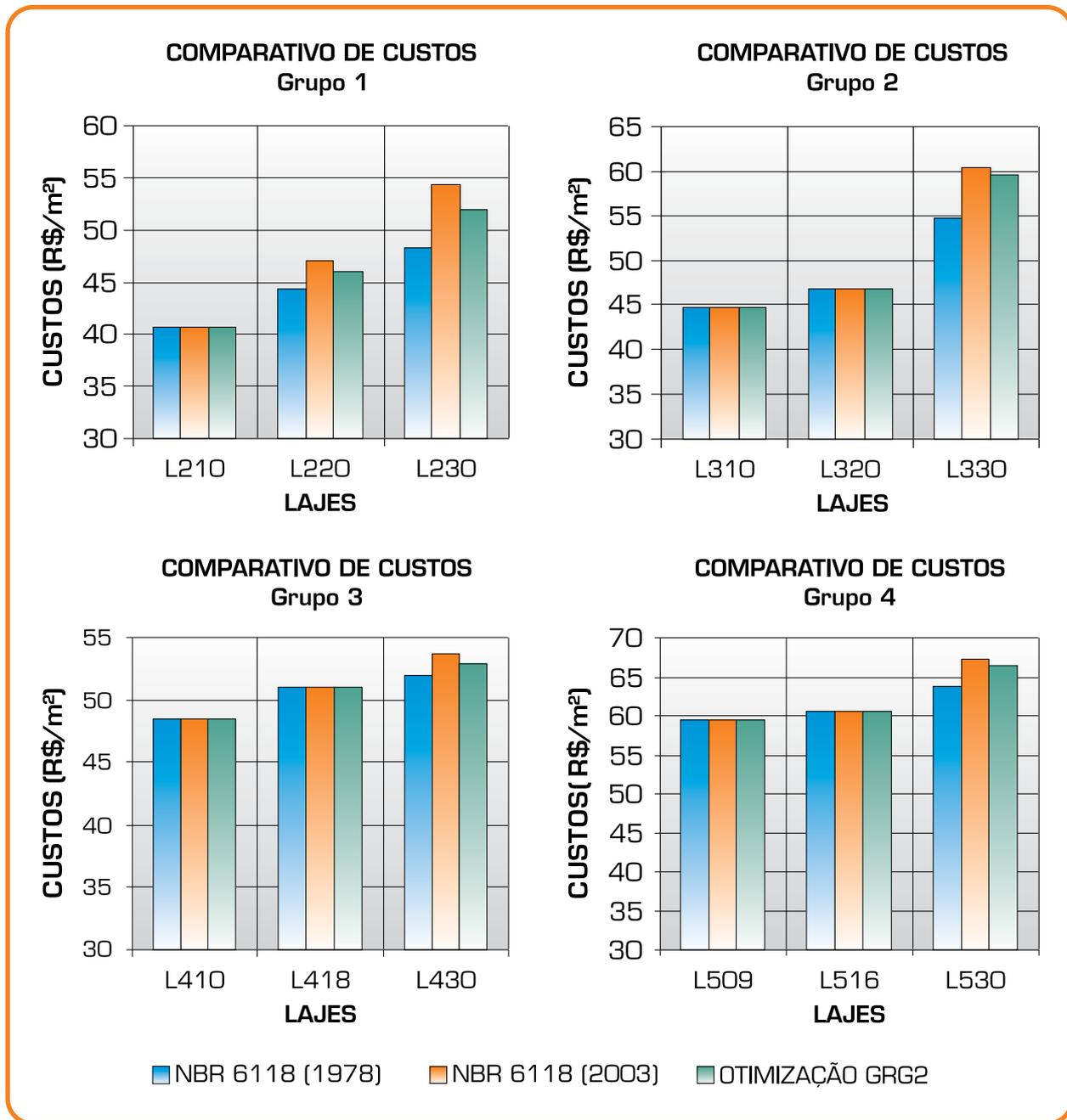


Figura 5 – Comparações de custos (Grupos 1 à 4) – EPS.

entanto, segundo a NBR 6118 (2003) a flecha calculada é de 1,95 cm e a flecha admissível é de 2,00 cm ($f_{ck} = 3 \text{ kN/m}^2$ e altura da capa de 5,50 cm), resultando um custo de R\$ 77,19. Do processo de minimização via GRG2, o f_{ck} otimizado é de 3,44 kN/m^2 e altura da capa de 5,14 cm, obtendo um custo final igual a R\$ 72,94.

Na L530 com EPS, o custo obtido da minimização é mais econômico quando comparado com a NBR 6118 (1978). Isso ocorre porque com o intereixo variando de 42,00 cm para 56,80 cm, tem-se redução de vigotas e do volume de concreto, embora o custo do material de enchimento seja maior. A Tabela 9 apresenta os custos para cada etapa.

Observa-se que para o cálculo segundo a NBR 6118 (1978), a armadura adicional selecionada é de 1 \varnothing 10 mm, cujo preço é de R\$ 2,36/kg, com total de R\$1,46/m. A quantidade de vigotas pré-fabricadas é de 90 m, obtendo-se assim um custo total da vigota de R\$ 17,01/m². As dimensões do material de enchimento são 40x30x20cm³ (volume = 0,024 m³). Como o preço do EPS considerado é de R\$ 130/m³, obtém-se para P₁₀ o preço de R\$ 3,12/peça, com um custo total de R\$ 14,14/m². As dimensões das canaletas são 30x20x10 (cm), totalizando 0,006m³, obtendo-se para P₁₁ o valor de R\$ 0,78/peça com um custo total de R\$ 3,54/m². No processo de montagem e concretagem, o volume de concreto é de 3,95m³ e o preço do concreto de R\$ 132,15/m³, com custo total de R\$13,91/m².

Tabela 6

Valores obtidos aplicando a NBR 6118 (1978, 2003) e o GRG2 – Lajota cerâmica

	NBR 6118 (1978)			NBR 6118 (2003)			MINIMIZAÇÃO GRG2			
	Lajes [lxly]	L210 200 x 200	L220 300 x 350	L230 400 x 600	L210 200 x 200	L220 300 x 350	L230 400 x 600	L210 200 x 200	L220 300 x 350	L230 400 x 600
Grupo 1	f _{ck} (kN/cm ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,50	2,00
	h capa (cm)	4,00	4,00	4,00	4,00	5,50	6,00	4,00	4,70	4,80
	h lajota (cm)	8,00	8,00	12,00	8,00	8,00	12,00	8,00	8,00	12,00
	h laje (cm)	12,00	12,00	16,00	12,00	13,50	18,00	12,00	12,70	16,80
	Armadura	0,00	1 ø 8.0	1 ø 10.0	0,00	1 ø 8.0	2 ø 6.3	0,00	1 ø 8.0	2 ø 6.3
	As (cm ²)	0,00	0,50	0,79	0,00	0,50	0,62	0,00	0,50	0,62
	Custo (R\$/m ²)	40,55	44,16	48,28	40,55	47,1	54,33	40,55	46,00	51,91
		Lajes [lxly]	L310 200 x 650	L320 300 x 700	L330 500 x 600	L310 200 x 650	L320 300 x 700	L330 500 x 600	L310 200 x 650	L320 300 x 700
Grupo 2	f _{ck} (kN/cm ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	5,00	2,00	2,00	4,50
	h capa (cm)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00
	h lajota (cm)	12,00	12,00	16,00	12,00	12,00	16,00	12,00	12,00	16,00
	h laje (cm)	16,00	16,00	20,00	16,00	16,00	22,00	16,00	16,00	22,00
	Armadura	0,00	1 ø 6.3	2 ø 8.0	0,00	1 ø 6.3	1 ø 10.0	0,00	1 ø 6.3	1 ø 10.0
	As (cm ²)	0,00	0,31	1,00	0,00	0,31	0,79	0,00	0,31	0,79
	Custo (R\$/m ²)	44,58	46,70	54,79	44,58	46,70	60,28	44,58	46,70	59,56
		Lajes [lxly]	L410 200 x 650	L418 300 x 600	L430 400 x 650	L410 200 x 650	L418 300 x 600	L430 400 x 650	L410 200 x 650	L418 300 x 600
Grupo 3	f _{ck} (kN/cm ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00
	h capa (cm)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,50	4,00	4,00	4,00
	h lajota (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
	h laje (cm)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,50	20,00	20,00	20,00
	Armadura	0,00	1 ø 6.3	1 ø 8.0	0,00	1 ø 6.3	1 ø 8.0	0,00	1 ø 6.3	1 ø 8.0
	As (cm ²)	0,00	0,31	0,50	0,00	0,31	0,50	0,00	0,31	0,50
	Custo (R\$/m ²)	48,41	50,83	51,92	48,41	50,83	53,65	48,41	50,83	52,93
		Lajes [lxly]	L509 300 x 750	L516 400 x 700	L530 500 x 750	L509 300 x 750	L516 400 x 700	L530 500 x 750	L509 300 x 750	L516 400 x 700
Grupo 4	f _{ck} (kN/cm ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,50	2,00	2,00	3,60
	h capa (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,50	5,00	5,00	5,00
	h lajota (cm)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	h laje (cm)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,50	25,00	25,00	25,00
	Armadura	1 ø 6.3	1 ø 8.0	2 ø 8.0	1 ø 6.3	1 ø 8.0	2 ø 8.0	1 ø 6.3	1 ø 8.0	2 ø 8.0
	As (cm ²)	0,31	0,50	1,00	0,31	0,50	1,00	0,31	0,50	1,00
	Custo (R\$/m ²)	59,40	60,66	63,79	59,40	60,66	67,28	59,40	60,66	66,51

OBS: O interreixo considerado é fixo e igual a 42 cm.

Na minimização, o interreixo se altera de 42,0cm para 56,8cm, portanto, a armadura adicional selecionada é de 1 ø 12,50 mm, cujo preço é de R\$ 2,24/kg, com total de R\$ 2,16/m. A quantidade de vigotas pré-fabricadas é de 65 m, obtendo-se assim um custo total da vigota de R\$ 13,50/m². As dimensões do material de enchimento são 40x44,77x20cm³ (volume de 0,036 m³). Para o preço do EPS de R\$ 130/m³, obtém-se para P₁₀ o valor de

R\$ 4,66/peça, com custo total de R\$ 16,14/m². As medidas das canaletas são 20x 44,77x10cm³, totalizando 0,0089 m³, obtendo-se para P₁₁ o preço R\$ 0,78/peça, com um custo total de R\$ 4,04/m². No processo de montagem e concretagem, o volume de concreto é igual a 3,37m³, totalizando um custo de R\$12,83/m². Portanto, comparando os custos obtidos em cada etapa, obtém-se a diferença de custo final de R\$2,42/m², sem alterações relativas

ao transporte. A Tabela 10 resume estas diferenças de custo para cada etapa.

Assim, a diferença de custo utilizando-se a NBR 6118 (1978) e a minimização via GRG2, com aumento do intereixo, resulta em um menor volume de concreto e um menor número de vigotas.

5. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, as principais conclusões deste trabalho são descritas a seguir:

Tabela 7

Valores obtidos aplicando a NBR 6118 (1978, 2003) e o GRG2 – EPS

		NBR 6118 (1978)			NBR 6118 (2003)			MINIMIZAÇÃO GRG2		
Grupo 1	Lajes ($l_x \times l_y$)	L210 200 x 200	L220 300 x 350	L230 400 x 600	L210 200 x 200	L220 300 x 350	L230 400 x 600	L210 200 x 200	L220 300 x 350	L230 400 x 600
		f_{ck} (kN/cm ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,50	2,00	5,00
	h capa (cm)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,50	5,50	4,00	4,16	4,00
	h lajota (cm)	8,00	8,00	12,00	8,00	8,00	12,00	8,00	8,00	12,00
	h laje (cm)	12,00	12,00	16,00	12,00	12,00	17,50	12,00	12,00	16,00
	Intereixo	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	56,30	46,70
	Armadura	0,00	1 \emptyset 8.0	2 \emptyset 6.3	0,00	1 \emptyset 8.0	2 \emptyset 6.3	0,00	1 \emptyset 8.0	1 \emptyset 10.0
	As (cm ²)	0,00	0,50	0,62	0,00	0,50	0,62	0,00	0,50	0,79
	Custo (R\$/m ²)	44,13	48,23	55,42	44,13	49,54	59,19	44,13	45,85	56,05
Grupo 2	Lajes ($l_x \times l_y$)	L310 200 x 650	L320 300 x 700	L330 500 x 600	L310 200 x 650	L320 300 x 700	L330 500 x 600	L310 200 x 650	L320 300 x 700	L330 500 x 600
	f_{ck} (kN/cm ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	2,00	2,27	4,95
	h capa (cm)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	6,5	4,00	4,00	6,00
	h lajota (cm)	12,00	12,00	16,00	12,00	12,00	16,00	12,00	12,00	16,00
	h laje (cm)	16,00	16,00	20,00	16,00	16,00	22,50	16,00	16,00	22,00
	Intereixo	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	63,80	63,60	53,50
	Armadura	0,00	1 \emptyset 6.3	1 \emptyset 10.0	0,00	1 \emptyset 6.3	1 \emptyset 10.0	0,00	1 \emptyset 8.0	2 \emptyset 8.0
	As (cm ²)	0,00	0,31	0,79	0,00	0,31	0,79	0,00	0,50	1,00
	Custo (R\$/m ²)	51,97	54,01	63,37	51,97	54,01	70,47	48,02	50,06	66,76
Grupo 3	Lajes ($l_x \times l_y$)	L410 200 x 650	L418 300 x 600	L430 400 x 650	L410 200 x 650	L418 300 x 600	L430 400 x 650	L410 200 x 650	L418 300 x 600	L430 400 x 650
	f_{ck} (kN/cm ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,50	2,00	2,00	2,85
	h capa (cm)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,50	4,00	4,00	4,00
	h lajota (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,50	16,00	16,00	16,00
	h laje (cm)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	Intereixo	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	63,80	60,00	58,00
	Armadura	0,00	1 \emptyset 6.3	1 \emptyset 8.0	0,00	1 \emptyset 6.3	1 \emptyset 8.0	0,00	1 \emptyset 6.3	1 \emptyset 10.0
	As (cm ²)	0,00	0,31	0,50	0,00	0,31	0,50	0,00	0,31	0,79
	Custo (R\$/m ²)	59,06	61,61	62,45	59,06	61,61	63,42	55,01	56,71	60,25
Grupo 4	Lajes ($l_x \times l_y$)	L509 300 x 750	L516 400 x 700	L530 500 x 750	L509 300 x 750	L516 400 x 700	L530 500 x 750	L509 300 x 750	L516 400 x 700	L530 500 x 750
	f_{ck} (kN/cm ²)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,44
	h capa (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,50	5,00	5,00	5,14
	h lajota (cm)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	h laje (cm)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,14
	Intereixo	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00	62,50	63,60	56,80
	Armadura	1 \emptyset 6.3	1 \emptyset 8.0	1 \emptyset 10.0	1 \emptyset 6.3	1 \emptyset 8.0	1 \emptyset 10.0	1 \emptyset 6.3	1 \emptyset 10.0	1 \emptyset 12.5
	As (cm ²)	0,31	0,50	0,79	0,31	0,50	0,79	0,31	0,79	1,23
	Custo (R\$/m ²)	72,96	74,33	75,36	72,96	74,33	77,19	67,15	68,47	72,94

Tabela 8
Dados complementares da laje L530

LAJE L530 (500 x 750)		NBR 6118 (1978)	NBR 6118 (2003)	MINIMIZAÇÃO (GRG2)	
Cerâmica	Tipo de treliça	TR 20745	TR 20745	TR 20745	
	f_{ck} (kN/cm ²)	2,00	3,50	3,60	
	Carga acidental (kN/m ²)	3,00	3,00	3,00	
	Altura da laje (cm)	25,00	25,5	25,00	
	Altura da lajota cerâmica (cm)	20	20	20	
	h capa (cm)	5,00	5,5	5,00	
	Volume de concreto (m ³ /laje)	4,68	4,87	4,68	
	Armadura adicional	2 ø 8,00	2 ø 8,00	2 ø 8,00	
	As adicional (cm ²)	1,00	1,00	1,00	
	Flecha admissível (cm)	1,67	2,00	2,00	
	Flecha calculada (cm)	0,57	1,92	1,98	
	Custo (R\$/m²)	63,79	67,28	66,51	
	EPS	Tipo de treliça	TR 20745	TR 20745	TR 20745
		f_{ck} (kN/cm ²)	2,00	3,00	3,44
Carga acidental (kN/m ²)		3,00	3,00	3,00	
Altura da laje (cm)		25,00	25,5	25,14	
Altura do enchimento de EPS (cm)		20	20	20	
h capa (cm)		5,00	5,5	5,14	
Intereixo (cm)		42,00	42,00	56,80	
Volume de concreto (m ³ /laje)		3,95	4,14	3,37	
Armadura adicional		1 ø 10,00	1 ø 10,00	1 ø 12,50	
As adicional (cm ²)		0,79	0,79	1,23	
Flecha admissível (cm)		1,67	2,00	2,00	
Flecha calculada (cm)		0,51	1,95	1,99	
Custo (R\$/m²)		75,36	77,19	72,94	

Tabela 10
Diferenças de custos para cada etapa

	Custo [R\$/ m ²]		Diferença de Custo [R\$/m ²]
	NBR 6118 (1978)	GRG2	
Processo Produtivo	47,14	45,8	1,34
Processo de Montagem e Concretagem	27,91	26,83	1,08
Total			2,42

◆ Os custos de algumas lajes quadradas armadas em uma e duas direções foram calculados para quantificar as vantagens de se optar pelas facilidades executivas das lajes unidirecionais. Foram observadas pequenas variações de custos das lajes quadradas de pequenas dimensões (até

4m²). Entretanto, os cálculos obtidos permitem concluir que as lajes bidirecionais são mais econômicas, chegando à 12,60% para a laje 4x4m² com 12cm de altura. Observa-se que além das lajes armadas em duas direções serem mais econômicas, estas apresentam uma distribuição mais

Tabela 9
Custos dos insumos: NBR 6118 (1978) e GRG2

Processo Produtivo VIGOTA	NBR 6118 (1978)		GRG2	
Armadura adicional	$Q_g =$	1	$Q_g =$	1 -
	$P_g =$	2,36 R\$/kg	$P_g =$	2,24 R\$/kg
	$P_{ad} =$	0,617 kg/m	$P_{ad} =$	0,963 kg/m
	$C_g =$	1,46 R\$/m	$C_g =$	2,16 R\$/m
Total		7,09 R\$/m		7,79 R\$/m
	$Q_{11} =$	9000 cm	$Q_{11} =$	6500 cm
Total da Vigota	$C_{11} =$	17,01 R\$/m ²	$C_{11} =$	13,50 R\$/m ²
ENCHIMENTO (EPS)	$Q_{12} =$	170 peça	$Q_{12} =$	130 peça
	$P_{10} =$	3,12 R\$/peça	$P_{10} =$	4,66 R\$/peça
Total	$C_{12} =$	14,14 R\$/m ²	$C_{12} =$	16,14 R\$/m ²
CANALETAS (EPS)	$Q_{13} =$	170 peça	$Q_{13} =$	130 peça
	$P_{11} =$	0,78 R\$/peça	$P_{11} =$	1,16 R\$/peça
Total	$C_{13} =$	3,54 R\$/m ²	$C_{13} =$	4,04 R\$/m ²
Custo do Processo Produtivo		R\$ 47,14/m²		R\$ 26,83/m²
Custo total da laje		R\$ 75,36/m²		R\$72,94/m²

homogênea de cargas para as vigas de bordo.

♦ Na otimização desenvolvida aplicando o GRG2, observa-se que em lajes de vãos pequenos, as quais não necessitam de armadura adicional, os resultados obtidos são praticamente os mesmos que os obtidos aplicando a Função Custo. Já para lajes de médios e grandes vãos, pode-se obter uma melhor combinação dos quantitativos dos insumos, de tal modo que se obtenha custo menor.

♦ Os custos otimizados das lajes com material de enchimento cerâmico foram inferiores, como era se esperar, aos obtidos aplicando diretamente a função custo proposta neste trabalho, para as verificações da NBR 6118 (2003). Para a laje L330 (5x6m²) com 16 cm de altura, a economia foi de 2,73%. Vale observar que nas lajes com enchimento cerâmico

o comprimento do intereixo é fixo e igual a 42 cm. As variáveis otimizadas nas análises foram a altura da capa e o f_{ck} do concreto.

♦ Nas lajes com enchimento de EPS, cujo intereixo é também uma variável do processo de otimização, além da altura da capa e do f_{ck} do concreto, obteve-se custos inferiores aos obtidos verificando as exigências da NBR 6118 (1978 e 2003). Com relação à aplicação da NBR 6118 (2003), a economia obtida do processo de otimização foi de 7,4% para a laje L330 (5x6m²) com 16 cm de altura. Uma grande parte da economia foi devido ao aumento do intereixo, resultando em menor volume de concreto e menor número de vigotas treliçadas. Da otimização, observou-se que houve aumento do f_{ck} e da área de armadura adicional, porém de forma menos significativa.♦

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTILHO, V. C. Minimização de componentes de concreto pré-moldado protendidos mediante algoritmos genéticos. 283p. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

EL DEBS, M. K. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações, 441 p. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

FORNI, D. Custos de lajes formadas por vigotas treliçadas considerando a produção, o transporte, a montagem e a concretagem. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

LASDON, L.S.; WAREN, A. D.; JAIN, A.; RATNER, M. (1978). Design and Testing of a Generalized Reduced Gradient Code for Nonlinear Programming. ACM Transactions on Mathematical Software, v. 4, n. 1, March, p.34-50.



Concreto: dos Laboratórios de Pesquisa aos Canteiros de Obras

22 a 27 de setembro de 2006

Riocentro – Pavilhão 5 – Rio de Janeiro – RJ



■ 2º FEIBRACON

CONCURSOS

■ Concrebol ■ APO ■ Ousadia



Promoção



Organização



Apoio



Informações

Arlene Regnier de Lima Ferreira
Fone: (11) 3735-0202 | Fax: (11) 3733-2190
arlene@ibracon.org.br
www.ibracon.com.br

48 ^o CBC2006 CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO															
SÁBADO (23/09)							DOMINGO (24/09)								
8:30 - 9:30							8:30 - 9:30								
Auditório Ary Torres							Auditório Ary Torres								
Conferência Plenária - Personalidade							Conferência Plenária - Personalidade								
9:30 - 10:00							9:30 - 10:00								
Café na FEIBRACON							Café na FEIBRACON								
10:00 - 12:30							10:00 - 12:30								
Gilberto Molinari	Epaminondas Amaral	Liberato Bernardo	Menna Barreto	Francisco Basilio	Emilio Baumgart	Lobo Carneiro	Falcão Bauer	Gilberto Molinari	Epaminondas Amaral	Liberato Bernardo	Menna Barreto	Francisco Basilio	Emilio Baumgart	Lobo Carneiro	Falcão Bauer
Reforço de Estruturas de Concreto com composto de fibras DEGUSSA	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	Preparação	Reunião Diretores Regionais	Assuntos Controversos	Sessão Científica	Sessão Científica	Especificação e Detalhamento de Projetos com Telas Soldadas IBTS	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	70anos ABCP	Reunião Comissões Editoriais das Revistas	Assuntos Controversos	Sessão Científica	Sessão Científica
12:30 - 14:00							12:30 - 14:00								
Almoço - Restaurante							Almoço - Restaurante								
14:00 - 16:15							14:00 - 16:15								
Concretos Especiais conforme as atuais Normas Brasileiras ABESC	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	Inauguração 70anos da ABCP	Tecnico Com Eletronorte	Tecnico Com Votorantim	Tecnico Com CHRYSO		Especificação e Detalhamento de Projetos com Telas Soldadas IBTS	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	70anos ABCP	Tecnico Com FURNAS	Tecnico Com ABESC	Tecnico Com HOLCIM	
14:30 - 16:15							14:30 - 16:15								
Sessão Científica							Sessão Científica								
Debates							Debates								
16:15 - 16:45							16:15 - 16:45								
Chá na FEIBRACON							Chá na FEIBRACON								
16:45 - 18:30							16:45 - 18:30								
Curso ABESC	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	70anos ABCP	Sessão Científica	Sessão Científica	Sessão Científica	Sessão Científica	Curso IBTS	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	70anos ABCP	Sessão Científica	RAA	Sessão Científica	Sessão Científica
18:30 - 19:30							18:30 - 19:30								
Auditório ARY TORRES							Auditório ARY TORRES								
Palestra Técnica Belgo Siderurgia S/A							Vedacit/ Otto Baumgart - 70 anos de Tecnologia para a Construção Civil								
Coquetel oferecido pela Belgo Siderurgia na FEIBRACON							Coquetel oferecido pela Vedacit/ Otto Baumgart na FEIBRACON								

SEGUNDA FEIRA (25/09)							TERÇA-FEIRA (26/09)								
8:30 - 9:30							8:30 - 9:30								
Auditório Ary Torres							Auditório Ary Torres								
Conferência Plenária - Personalidade							Conferência Plenária - Personalidade								
9:30 - 10:00							9:30 - 10:00								
Café na FEIBRACON							Café na FEIBRACON								
10:00 - 12:30							10:00 - 12:30								
Gilberto Molinari	Epaminondas Amaral	Liberato Bernardo	Menna Barreto	Francisco Basilio	Emilio Baumgart	Lobo Carneiro	Falcão Bauer	Gilberto Molinari	Epaminondas Amaral	Liberato Bernardo	Menna Barreto	Francisco Basilio	Emilio Baumgart	Lobo Carneiro	Falcão Bauer
Sessão Científica	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	70anos ABCP	Reunião Comitês Técnicos	RAA	Abertura INCOS 06	Sessão Científica	Patologia das Estruturas de Concreto - SIKA	OUSADIA e PÔSTER	Reunião ABRATEC	70anos ABCP	Sessão Científica	Dia do Construtor	Sessão Científica	Sessão Científica
12:30 - 14:00							12:30 - 14:00								
Almoço - Restaurante							Almoço - Restaurante								
14:00 - 14:30							14:00 - 14:30								
Palestra Técnica	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	70anos ABCP	Tecnico Com ENGEMIX	Tecnico Com OTTO	Tecnico Com SIKA	Tecnico Com Eletrobras	Sistemas de Formas e Escoramentos Aplicações e Tipologia PERI	OUSADIA e PÔSTER	Fórum ABRATEC NBR 12655	70anos ABCP	Tecnico Com DEGUSSA	Tecnico Com CHESF	Tecnico Com ABCP	Tecnico Com GERDAU
14:30 - 16:15							14:30 - 16:15								
Sessão Científica							Sessão Científica								
Debates							Debates								
16:15 - 16:45							16:15 - 16:45								
Chá na FEIBRACON							Chá na FEIBRACON								
16:45 - 18:30							16:45 - 18:30								
Sessão Científica	OUSADIA e PÔSTER	APO CONCREBOL	70anos ABCP	Sessão Científica	RAA	INCOS 06	Sessão Científica	Curso PERI	OUSADIA e PÔSTER	Fórum ABRATEC NBR 12655	70anos ABCP	Sessão Científica	Dia do Construtor	Sessão Científica	Sessão Científica
18:30 - 19:30							18:30 - 19:30								
Auditório ARY TORRES							21:00 - 03:00								
Assembleia Geral							Jantar de confraternização e Entrega de Prêmios Concursos APO, CONCREBOL e OUSADIA								
NOITE LIVRE															

QUARTA-FEIRA (27/09)	
8:30 - 9:30	
Auditório Lobo Carneiro	
Abertura SIABE 06 e Conferência Plenária	
9:30 - 10:00	
Café na FEIBRACON	
10:00 - 12:00	
LOBO CARNEIRO	
SIABE 06	
Debates	
12:30 - 14:00	
Almoço - Restaurante	
14:00 - 15:45	
SIABE 06	
Debates	
15:45 - 16:15	
Chá na FEIBRACON Encerramento da FEIBRACON, OUSADIA e PÔSTER	
16:15 - 17:45	
SIABE 06	
17:45 - 18:00	
Cerimônia de Encerramento SIABE 06	

Emprego de compósitos de cimento reforçados com fibras nas ligações de concreto pré-moldado

Mounir Khalil El Debs
Escola de Engenharia de São Carlos
da Universidade de São Paulo

1. Introdução

A Construção Civil tem sido considerada como uma indústria atrasada quando comparada a outros ramos industriais. A razão de assim considerá-la é baseada no fato dela apresentar, de uma maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade.

Uma das formas de se buscar a redução desse atraso é com técnicas associadas à utilização de componentes pré-moldados de concreto estrutural.

Com a utilização do concreto pré-moldado pode-se atuar no sentido de reduzir o custo dos materiais das estruturas de concreto, basicamente o concreto e a armadura. Entretanto, é na parcela relativa às fôrmas e ao cimbramento, normalmente de maior peso no custo do concreto estrutural, que ela é mais significativa. Mais do isto, o concreto pré-moldado possibilita, de forma natural, apropriar dos benefícios da industrialização da construção.

Em princípio, o emprego da pré-moldagem aumenta com o grau de desenvolvimento tecnológico e social do país, pois este acarreta maior oferta de equipamentos, valorização da mão-de-obra e exigências mais rigorosas em relação à qualidade dos produtos. Desta forma, as perspectivas são de aumento do emprego do concreto pré-moldado em países em desenvolvimento como o Brasil.

Embora o concreto pré-moldado tenha acompanhado a evolução da tecnologia do concreto do fim do século XIX até o início da segunda guerra mundial, o seu desenvolvimento é geralmente relacionado com o grande impulso no quarto de século que se seguiu à segunda guerra mundial.

Hoje em dia já não existe a euforia daquele período, mas o concreto pré-moldado tem ainda avançado na Europa Ocidental e nos EUA, com o que pode ser chamado de "novo concreto pré-moldado". Com esta nova filosofia, procuram-se soluções personalizadas, para fugir das criticadas mesmices

arquitetônicas das construções feitas de concreto pré-moldado nas décadas passadas, e maior flexibilidade de projeto e de produção [EL DEBS (2000a)].

2. Importância das ligações

Os elementos pré-moldados se caracterizam por apresentar facilidades para sua execução. Por outro lado, a necessidade de realizar as ligações entre esses elementos, para formar as estruturas, constitui-se em um dos principais problemas a serem enfrentados no emprego da pré-moldagem.

Em geral, as ligações são as partes mais importantes no projeto das estruturas de concreto pré-moldado. Elas são de fundamental importância tanto no que se refere à sua produção (execução de parte dos elementos adjacentes às ligações, montagem da estrutura e serviços complementares no local) como para o comportamento da estrutura montada.

As ligações mais simples, normalmente as articulações, acarretam estruturas mais solicitadas aos momentos fletores. Em contrapartida, as ligações que tendem a reproduzir o comportamento das estruturas de concreto moldado no local, através da transmissão de momentos fletores entre os elementos, requerem mais trabalho, reduzindo em parte as vantagens da pré-moldagem. As dificuldades da execução deste último tipo de ligação são devidas às necessidades de se fazer a ligação tanto do concreto como do aço, de ter de acomodar as tolerâncias que intervêm nas várias fases e, também, devido ao fato do concreto ser um material frágil.

Como é de se esperar, em função do exposto, o estudo das ligações tem recebido uma maior atenção nas pesquisas relacionadas com a tecnologia do concreto pré-moldado.

Esta importância pode ser notada com dois últimos programas de ação na área: o PRESSS e o COST C1.

O PRESSS (PREcast Seismic Structural Systems) é um programa conjunto dos EUA e do Japão, ini-

ciado em 1990. Os objetivos desse programa são: a) desenvolver recomendações de projeto para construções com concreto pré-moldado em diferentes zonas sísmicas e b) desenvolver novos materiais, conceitos e tecnologias para construções pré-moldadas em diferentes zonas sísmicas [NIGEL PRISTLEY (1991)]. A parte do projeto desenvolvida nos EUA reúne uma série de grupos de pesquisa de universidades americanas e tem o apoio da indústria por meio do PCI (Prestressed/Precast Concrete Institute). Os principais trabalhos de pesquisa incluídos no PRESS estão publicados nas revistas do PCI e nos congressos promovidos pelo PCI.

O COST C1 é um programa da comunidade européia, chamado Control of the Semi-Rigid Behaviour of Civil Engineering Structural Connections, desenvolvido entre 1991 e 1998, com o objetivo de fomentar a formação de grupos de pesquisas na área de ligações semi-rígidas. Este programa reuniu sete grupos de trabalho nos seguintes assuntos: ligações em estruturas de concreto armado e protendido, ligações em estruturas de aço e compostas aço-concreto, ligações em estruturas de madeira, base de dados de resultados, ação sísmica, simulações numéricas para análise de comportamento e ligações em estruturas de compósitos de polímeros. A grande maioria dos trabalhos relacionados com ligações em estruturas de concreto armado e protendido foi relativa às ligações entre elementos pré-moldados. As pesquisas estão reunidas em quatro proceedings de congressos.

Uma análise crítica das pesquisas encontradas em nível mundial indica que elas podem ser divididas em dois grupos: a) estudos objetivando melhorias de desempenho das ligações, tanto no que se refere ao comportamento estrutural como no que se refere às facilidades de execução e montagem e b) estudos direcionados para prever melhor o comportamento das ligações e das estruturas. Também se pode notar que a grande maioria dos estudos foca a ligação viga-pilar.

Quanto ao primeiro grupo, merecem destaque aqueles relacionados com: a) o desenvolvimento de dispositivos metálicos, b) com o uso de armadura protendida não aderente e c) com a melhoria do concreto junto à ligação, como por exemplo com o emprego de fibras. Referências sobre estes estudos podem ser encontradas em EL DEBS (2000b).

Quanto ao segundo grupo, tem merecido maior atenção os estudos direcionados à previsão das resistências, ductilidade e a rigidez das ligações. Neste caso, cabe registrar alguns dos trabalhos desenvolvidos na Universidade de Nottingham na Inglaterra, na Universidade Tecnológica de Tampere da Finlândia e no CERIB (Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton), da França [EL DEBS (2000b)].

Pode-se notar que, como já havia sido colocado por [FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ et al., (1974)], o desenvolvimento do concreto pré-moldado nas edificações, principalmente as de múltiplos pavimentos, passa pelo desenvolvimento das ligações.

3. Os compósitos de cimento reforçados com fibras no concreto pré-moldado

Nas últimas décadas tem havido uma grande evolução no concreto e outros compósitos de cimentos, com a obtenção de materiais de melhores características. Neste sentido, cabe registrar o CAD - Concreto de Alto Desempenho, (HPC- High Performance Concrete), o CAR- Concreto de Alta Resistências (HSC – High Strength Concrete), o CAA - Concreto Auto-Adensável (SCC – Self-Compacting Concrete).

Em relação ao desenvolvimento de matrizes de cimento, com redução das porosidades, cabe destacar duas abordagens: compósitos sem macro defeito (MDF – Macro-Defect-Free), que seria um compósito de cimento-polímero e compósitos com pequenas partículas (DSP – Densified with Small Particles), em que se procura minimizar a porosidade com estratégias de empacotamento. Como a fragilidade dos compósitos de cimento aumenta com o aumento da resistência, têm sido incorporadas fibras curtas para minimizar este efeito. De certa forma, assim aparece o CCRF - Compósitos de Cimento Reforçados com Fibras (FRCC – Fiber Reinforced Cement Composites).

Em função de suas características, esses compósitos podem ser elevados à categoria de compósitos de cimento reforçados com fibras de alto desempenho (HPFRCC – High Performance Fiber Reinforced Cement Composites). Esta denominação tem sido utilizada por A. E. Naaman e H.W. Reinhardt, que já promoveram 4 simpósios sobre o tema, sendo que o último foi realizado em 2003 [NAAMAN & REINHARDT (2003)]. Alguns tipos de compósitos enquadrados nesta categoria são: o SIFCON – Slurry Infiltrated Fibres Concrete, o SIMCOM - Slurry Infiltrated Mat Concrete e o ECC – Engineered Cementitious Composite. Mais recentemente, tem sido também empregado o termo UHPFRCC (Ultra High Performance Fiber Reinforced Cement Composites) para compósitos de desempenho mais elevado ainda. Alguns materiais enquadrados nesta categoria são o CRC – Compact Reinforced Composites, o RPC - Reactive Powder Concrete e o Ductal (produto comercial).

Como estes compósitos possuem elevadas resistências, tenacidade e outras características importante para os materiais estruturais, eles possuem um grande interesse para a fabricação de componentes de pré-fabricados, seja pelo menor peso dos componentes, seja pelas facilidades de produção e de controle nas fábricas. Naturalmente, como o custo dos compósitos aumenta significativamente, passa a ser necessário encontrar formas estruturais mais apropriadas.

De fato, alguns exemplos relacionados a seguir demonstram este potencial: a) passarela em Sherbrooke, no Canadá, b) o desenvolvimento de estaca-prancha na Holanda e c) cobertura de estação ferroviária, no Canadá.

A passarela em Sherbrooke é considerada a primeira construção utilizando RPC no mundo



Fig. 1 – Passarela em Sherbrooke – primeira aplicação de RPC: a) vista geral, b) montagem de módulo pré-moldado e c) vista interna mostrando os cabos de protensão [BLAIS & COUTURE (1999)]

[BLAIS & COUTURE (1999)]. Trata-se de uma treliça tridimensional com os banzo de RPC e as diagonais de tubos de aço inoxidável preenchidos de RPC. Empregaram-se componentes pré-moldados, que foram solidarizados com armadura pós-tracionada. O RPC tinha resistência a compressão de 200MPa. As fotos da Figura 1 mostram a construção em questão.

O segundo exemplo corresponde a um estudo feito na Holanda para aplicação do que foi chamado de HSFSSC – High Strength Fibre Reinforced Self-Compacting Concrete, para estaca-prancha

de concreto [JANSJE et al. (2002)]. Neste estudo, a espessura da parede da estaca-prancha de seção trapecial passou de 120mm para 40mm, a armadura transversal pode ser retirada e a única armadura empregada foi de armadura longitudinal de protensão (Figura 2). Embora não seja indicada claramente a resistência do concreto, a capacidade resistente da estaca foi comprovada através de ensaio destrutivo do componente.

O terceiro exemplo é a cobertura em casca de uma estação ferroviária em Calgary, no Canadá [VI-



Fig. 2 – Desenvolvimento de estaca-prancha na Holanda: a) armadura e moldagem e b) seção original (120mm de espessura) e seção depois do estudo (40mm de espessura) [JANSJE et al. (2002)]



Fig. 3 – Cobertura em casca de estação ferroviária no Canadá com 20mm de espessura: a) cobertura pronta, b) desmoldagem de componente e c) montagem de um módulo [VICENZINO, (2005)]

CENZINO, (2005)]. Esta cobertura com 20 módulos de $5 \times 6 \text{ m}^2$ foi feita com 40 elementos pré-moldados medindo $5 \times 3 \text{ m}^2$, com espessura de 20mm, sem armadura contínua. As principais características do material empregado: resistência à compressão 150MPa, com desvio padrão de 6,2 MPa, e a resistência à flexão 18 MPa, com desvio padrão de 3,4MPa. A Figura 3 mostra a cobertura em questão.

Uma outra possibilidade de empregar o CCRF (Compósitos de Cimento Reforçados com Fibras) no concreto pré-moldado é nas ligações. Dois aspectos importantes para justificar esta afirmação são: a) a pequena quantidade de material envolvido e b) a tenacidade do material. Em relação ao primeiro, pode-se perceber que é possível empregar material de elevado custo unitário e mesmo assim haver viabilidade econômica devido à pequena quantidade em relação ao volume dos componentes pré-moldados. O outro aspecto está relacionado com as concentrações de tensões que tendem a ocorrer nas ligações, e que seriam mais bem absorvidas com material de elevada tenacidade. Nas duas seções seguintes são mostrados estudos neste sentido.

4. Estudos internacionais em ligações

A idéia de melhorar as características do concreto na região da ligação não é nova. Alguns informações na literatura técnica comprovam esta afirmação. NAAMAN & HOMRICH (1985) sugerem a adição de fibras para aumentar a ductilidade de concretos de elevadas resistências e o interesse desta associação em pré-moldados e estruturas resistentes a terremotos. NAAMAN et al. (1987) sugerem o uso do SIFCON para ligações entre elementos pré-moldados em estruturas sujeitas a sismos.

Posteriores estudos confirmaram esta premissa. ABDUL-WAHAD (1989) relata resultados experimentais do uso de fibras para ligações de painéis pré-moldados, concluindo que 1% de fibras promovem um aumento de 20% na resistência da ligação. FATTUHI (1990) mostra os resultados de consolos de concreto armado e fibras de aço com taxas volumé-

tricas de 1,5 até 2,25%. Os resultados mostram que houve uma melhoria na resistência e na ductilidade dos consolos. SOUBRA et al (1993) e, posteriormente, VASCONEZ et al (1998) mostram resultados experimentais de ligação viga-pilar com concreto reforçado com fibras sujeito a ações cíclicas, com uma significativa melhora no seu comportamento.

Estudos realizados na Universidade de Nottingham [AL-TAMIMI, (2001)], indicam a viabilidade de emprego de concreto com fibras para ligação de componentes de laje com traspasse de armaduras utilizando concreto reforçado com fibras. O concreto tinha resistência à compressão entorno de 90 MPa e continha de 2 a 3% de fibras de aço. A principal conclusão é que foi possível reduzir a emenda por traspasse das barras na ligação para 8 vezes o diâmetro das barras.

Em estudo semelhante, YOSHITAKE et (2002) apresenta os resultados de ligações com traspasse de armadura para momento fletor e força cortante, utilizando o CRC, auto-adensável. O compósito tinha resistência à compressão de 130MPa e foram empregadas taxas volumétricas de 3% e 6% de fibras. Os principais resultados indicam que para momento fletor seria necessário traspasse de 10 vezes o diâmetro da barra com 6% de fibras, mas este valor poderia passar para 3% de fibras se houver barra adicional. No caso de força cortante, 10 vezes o diâmetro da barra com 3% de fibras seria suficiente.

Outro estudo neste sentido é apresentado em HARRYSON (2003). Neste caso foi estudada emenda por traspasse de armadura para painéis de laje de ponte, com CRC de resistência da ordem de 150 MPa e 6% de fibras. Ensaio estáticos e dinâmicos indicam que a emenda por traspasse poderia ser de 100mm.

5. Estudos na Escola de Engenharia de São Carlos da USP

Tendo como idéia básica o emprego de CCRF em ligações de concreto pré-moldado, foram desenvolvidos estudos para duas situações: a) ligação entre

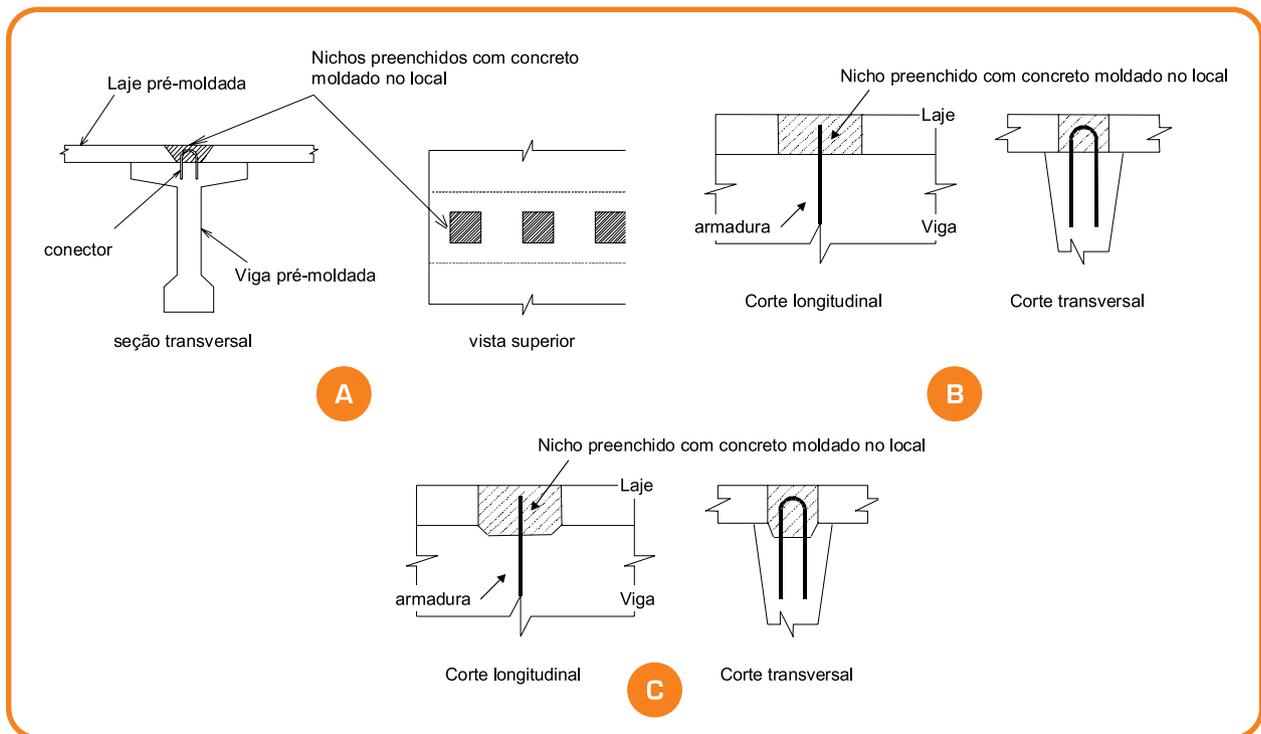


Fig. 4 – Ligação de viga e laje pré-moldadas com nichos preenchidos de concreto a) tipo de ligação, b) alternativa usual com de preenchimento concreto normal e c) alternativa proposta com chave e preenchimento com concreto de alta resistência e fibras de aço [ARAUJO (2002)]

viga pré-moldada e laje pré-moldada, com nichos preenchidos com o CCRF e b) almofadas de argamassa especial para ligações submetidas à compressão.

O primeiro caso corresponde ao emprego de concreto com fibras de aço e a introdução de uma chave de cisalhamento para uma ligação que já vem sendo empregada a um certo tempo em tabuleiro de pontes. A ligação normalmente feita está mostrada nas Figuras 4a e 4b. A Figura 4c mostra a variação introduzida [ARAUJO (2002)]. Com base em um estudo de modelos da ligação onde foram analisadas as seguintes variáveis: diâmetro dos conectores, taxa de volumétrica de fibras e a resistência do concreto. Com base neste estudo foi proposta expressão empírica para a determinação da resistência da ligação [ARAUJO & EL DEBS (2005)].

Foram também feitos ensaios em vigas. Neste caso, variou-se os espaçamentos dos nichos de 280mm, 420mm e 560mm, o que correspondeu a 2, 3 e 4 vezes a dimensão do nicho. Neste caso

também foi incluída uma viga monolítica, para servir de referência. A Figura 5 mostra as curvas força x flecha e um panorama de fissuração das vigas. Como pode ser observado, com a ligação proposta com espaçamento entre nichos de 280mm, praticamente se consegue o comportamento de viga monolítica.

No segundo exemplo apresenta-se o estudo de almofada de apoio feita com argamassa de cimento e areia que recebe ainda látex, fibras curtas e agregado leve (vermiculita termo-expandida). A dosagem do material é feita procurando uma alta tenacidade e baixo módulo de elasticidade, qualidade desejáveis para o material ser empregado em almofadas de apoio [EL DEBS et al (2003)].

Apenas para exemplificar, na Figura 6 estão mostrados os resultados em ligações de prismas de concreto, comparando resistência de prima sem emenda, com emenda sem almofada e com almofada de 10mm. Ao se utilizar o traço V5P3L30 (5% de vermiculita, 3% de

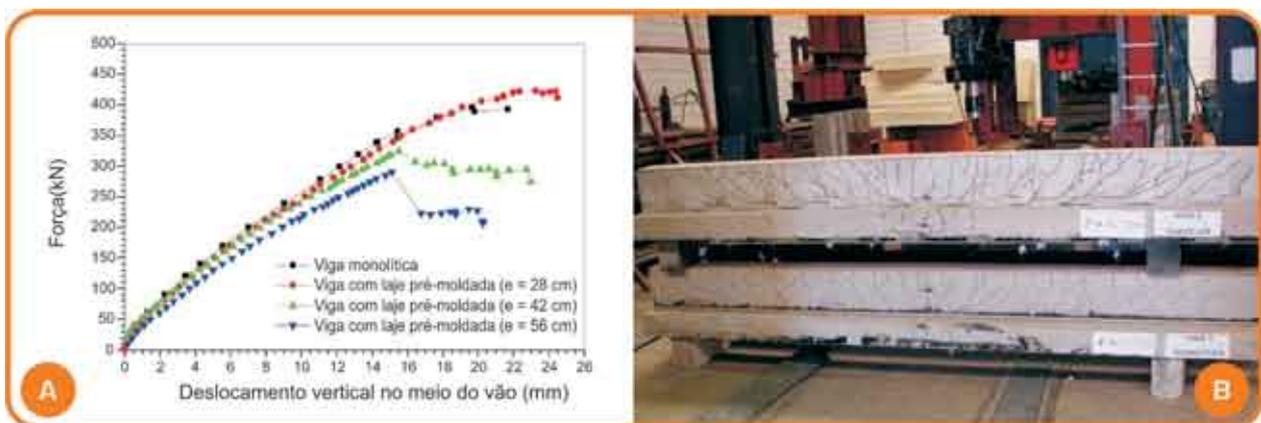


Fig. 5 – Ligação viga e lajes pré-moldadas com nichos: a) curvas força x flecha para vários espaçamentos dos nichos e b) comparação de panorama das fissuras de viga monolítica (embaixo) e viga com nichos espaçados de 280 mm (em cima) [ARAUJO (2002)].



Fig. 6 – Estudo de almofada de CCRF: a) ensaio de blocos de concreto e b) resultados dos ensaios para algumas misturas [EL DEBS & MONTEODOR (2005)]

fibras de PVA e 30% de Latex), a resistência do conjunto é em torno de 40% maior que no caso de não se utilizar almofada na emenda [EL DEBS, & MONTEODOR, (2005)].

Esse material já vindo sendo estudado há um certo tempo e já foi empregado em protótipos de ligações ensaiadas no laboratório. Na Figura 7 está mostrado o seu emprego em ligação [MIOTTO (2002)]

6 Considerações finais

Conforme pode ser notado, o emprego de CCRF nas ligações já vem sendo estudado. Pode-se notar também que ele apresenta um grande potencial para o desenvolvimento das ligações entre componentes de concreto pré-moldado, seja para adaptações de ligações existentes, seja para novas formas de ligações.

Para isto dois aspectos são bastante importan-

tes: a) mesmo que o material tenha um custo unitário bastante elevado, a sua aplicação ainda é viável em função do baixo consumo e b) as características de elevada tenacidade são adequadas para as concentrações de tensões que ocorrem nas ligações.

Um outro ponto que merece ser tratado é a possibilidade de associar o CCRF com dispositivos metálicos. Como, em geral, pode existir concentração de tensões na interface entre os elementos metálicos e o concreto do componente pré-moldado, uma camada de CCRF pode ser interessante para fazer pontes entre os elementos metálicos e o concreto normal do elemento pré-moldado. Nesta mesma linha, também se pode conjecturar a possibilidade de utilizar compósitos de ultra desempenho, mas neste caso também deveria, em princípio, empregar uma camada de FRCC, de características intermediárias, para servir de transição entre o compósito de ultra desempenho e o concreto normal do concreto pré-moldado. ♦

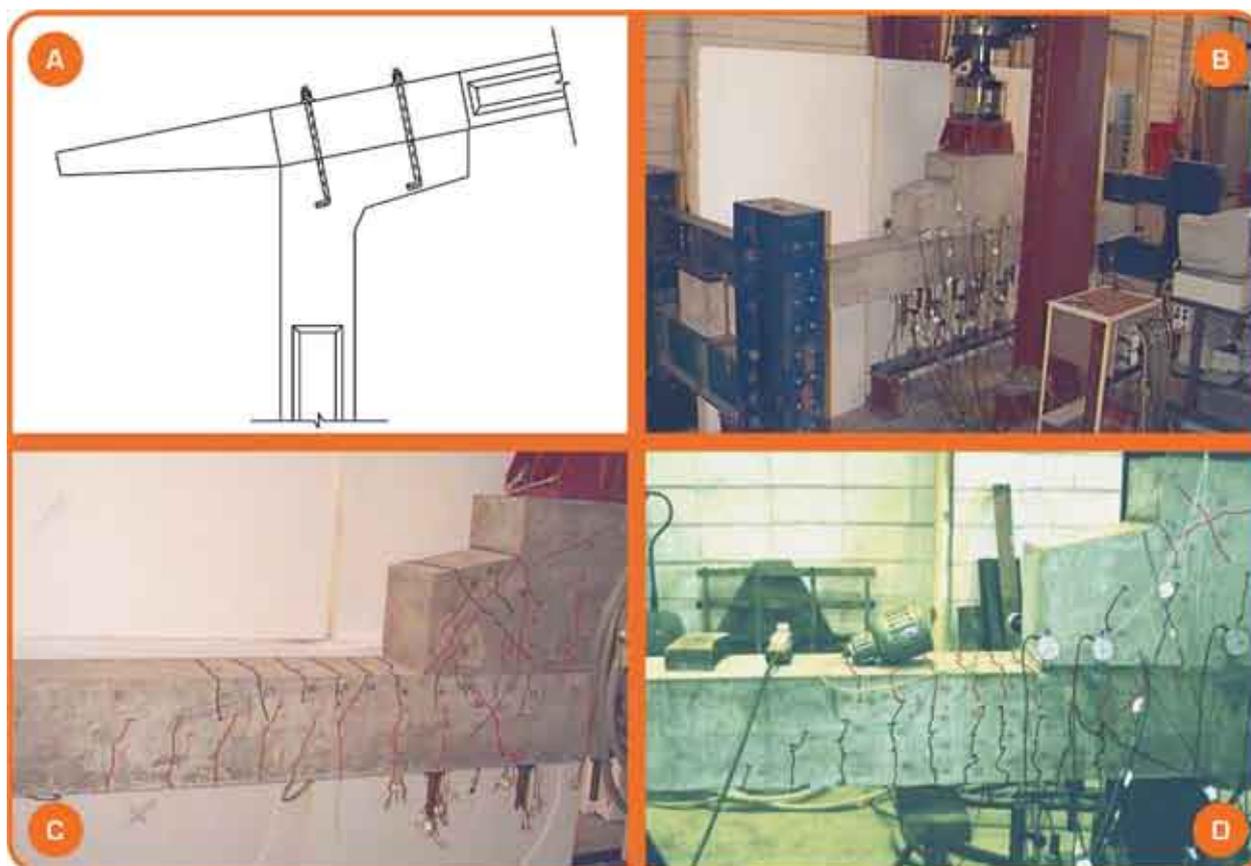


Fig. 7 – Ensaio de protótipo de ligação viga-pilar com almofada de CCRF: a) ligação estudada, b) ensaio da ligação, c) panorama de fissuras no protótipo sem almofada e d) panorama de fissuração com almofada [MIOTTO (2002)]

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-WAHAB, H. M. S. (1989). SFRC vertical joints large precast between concrete panels. R. N. SWAMY, & B. BARR (eds.), Fiber reinforced cements and concrete: recent developments, p. 326-333. Essex: Elsevier Applied Science.)
- AL TAMIMI, A. (2001). Fibre reinforced connections in precast concrete flat slabs. Nottingham., University of Nottingham. PhD Thesis.
- ARAÚJO, D. L. (2002) Cisalhamento entre viga e laje pré-moldadas ligadas mediante nichos preenchidos com concreto de alto desempenho. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Tese de doutorado.
- ARAÚJO, D.L. & EL DEBS, M.K (2005) Beam-slab connection in precast bridge decks with pockets filled out with high-performance concrete and shear key, *Ibracon Structural Journal*, v.1, n.1 p. 1-14.
- BLAIS, P. Y. & COUTURE, M. (1999) Precast, prestressed pedestrian bridge – world's first reactive powder concrete structure. *Journal of PCI* v. 44 n. 5, p. 60-71.
- EL DEBS, M.K. (2000a) Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. São Carlos, EESC-USP - Projeto Reenge, 2000.
- EL DEBS M.K. (2000b) Ligações entre elementos pré-moldados /Resumo de palestra/ [CD-ROM]. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, 4., São Paulo, 21-25 agosto 2000. São Paulo, EPUSP, 5p.
- EL DEBS, M. K. & MONTEODOR, L. C. (2005) Ensaio de ligações em blocos de concreto com almofada de material à base de cimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1., São Carlos. Anais... São Carlos: EESC-USP, 9p.
- EL DEBS, M.K.; BARBOZA, A.S.R. & MIOTTO, A.M.M. (2003)] Development of material to be used as bearing pad in precast concrete connections. *Structural Concrete*, v. 4 ,n. 4, p.185-193.
- FATTUHI, N. I. (1990) Strength of SFRC corbels subjected to vertical load. *Journal of Structural Engineering* v. 116 n. 3 p. 701-718.
- FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, J. A., ed. (1974). Prefabricación: teoría y práctica. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 2v.
- HARRYSON (2003). High performance joints for concrete bridge applications. *Structural Engineering International*. 1/2003, p. 69-75.
- JANSJE, W.; PETERS, M.; van der VEEN, C. (2002) Application of high strength fibre reinforced self compacting concrete in prefabricated prestressed concrete sheet piles. Osaka. Fib congress, 1, 10p.
- MIOTTO, A.M. (2002) Ligações viga-pilar de estruturas de concreto pré-moldado: análise com ênfase na deformabilidade ao momento fletor. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Tese de doutorado.
- NAAMAN, A. E., & HOMRICH, J. R. (1985). Properties of high-strength fiber reinforced concrete. *ACI SYMPOSIUM ON HIGH STRENGTH CONCRETE*, Detroit: ACI p. 233-245.
- NAAMAN, A. E., WIGHT, J. K., & ABDU, H. (1987). SIFCON connections for seismic resistant frames. *Concrete international* v. 9 n. 11, p. 34-39.
- NAAMAN, A.E. & REINHARD W.A. (2003). High performance fiber reinforced cement composites HPRCC-4: international RILEM workshop. *Materials and Structures*. v. 36, n.276. p. 710-713.
- NIGEL PRIESTLEY, M. J. (1991). Overview of PRESSS research program. *PCI Journal* v.36, n.4, p. 50-57.
- SOUBRA, K. S., WIGHT, J. K. & NAAMAN, A. E. (1993). Cyclic response of fibrous cast-in-place connections in precast beam-column subassemblages. *ACI Structural Journal*, v.90, n3. p. 316-323.
- VASCONEZ, R. M.; NAAMAN, A. E. & WIGHT, J. K. (1998). Behavior of HPRFC connections for precast concrete frames under reversed cyclic loading. *PCI Journal* v.43, n.6, p. 58-71.
- VICENZINO, O.E., PERRY, V.H. CHOW, T.S., CULHAM, G. , & ZAKARIASEN, D. (2005) First use of UHPFRC in thin precast concrete roof shell for Canadian LRT station. *Journal of PCI* , v. 50 n.5 p. 50-67.
- YOSHITAKE, K.; SHIOYA, T.; KURITA, M. & TANAKA, H. (2002) New system for connecting precast concrete beams with high performance cementitious composites Osaka. Fib congress, 1, 10p.

Developments of stay cable systems

Yves Bournand
VSL International
Eric Palos

Special Project Manager. CTT, Barcelona, Spain

1. Introduction

Because of their structural and economic advantages, more cable-stayed structures have been built over the last 30 years. Achievable span dimensions have also considerably increased and modern engineering is setting stringent new standards for cable-stayed bridge systems.

To meet demands such as increased span lengths and durability it has been necessary to improve the technology and develop new, modern stay cable systems.

This paper will review some developments of stay cable technology to provide the best solution for these ever-changing and complex engineering requirements.

The main concepts and main features of a modern system will be briefly detailed, with a particular attention to the durability concept.

The force exerted by the wind has an impact on the design by inducing cable vibrations. Recent laboratory tests achieved on a real cable of 216 m demonstrated the efficiency of a new friction damper and the main results of these tests are detailed in this paper.

At the end, we very briefly give some information about the main advantages of a strand cable system for the installation and replacement.

2. The stay cable technology

2.1. GENERAL DESCRIPTION

Modern engineering is setting stringent new standards for cable-stayed bridge systems.

Throughout the world, designers and authorities are all expressing a demand for increased durability, easier monitoring and inspection procedures, and outstanding fatigue and static load performance levels.

New modern stay cable system (see Fig. 1) are designed to meet these demands. they incorporates multiple independent and hard-wearing protection layers to guarantee long term performance, and also allows easy inspection and, where required, cable replacement.

The anchorages are submitted to fatigue tests and to leak tests. Laboratory accelerated ageing tests are achieved on samples of HDPE stay pipes, to have a better understanding and better control of the performance and durability of the colored stay pipes. Each parameter of the durability is evaluated.

2.2. MAIN FEATURES

The main features of a modern anchorage for strand cable are the following:

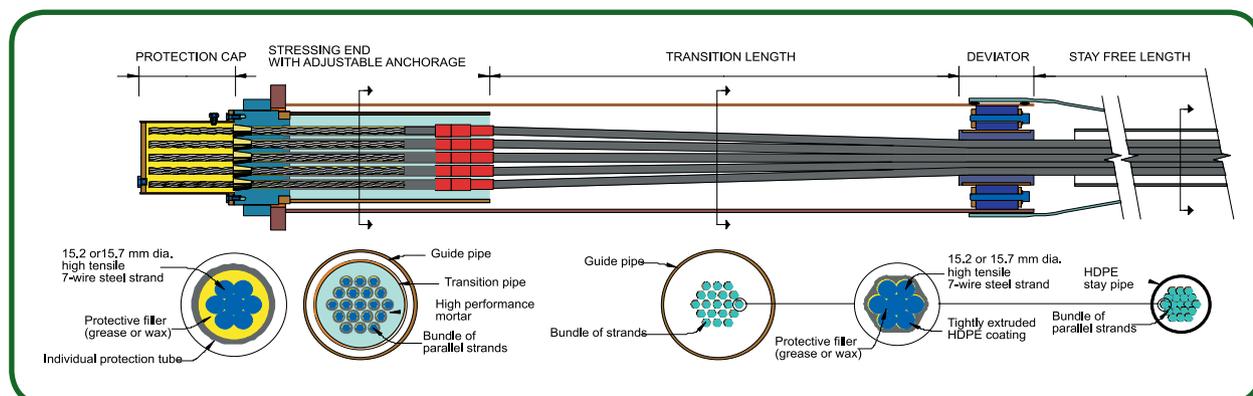


Fig. 1 – A modern stressing anchorage (VSL SSI 2000)



Fig. 2 – Examples of stressing and dead anchorages (VSL photo)

- ◆ Compact anchorages, for easy installation in confined locations.
- ◆ Fully prefabricated anchorage in workshop, to optimize the cable installation.
- ◆ Complete independence of the strands, over their entire length.
- ◆ Replaceability of each strand, with light equipment.
- ◆ High corrosion protection (100 years), in the most aggressive environments.

2.3. DURABILITY CONCEPT

To answer to the future specifications of high durability in the most aggressive environ-



Fig. 3 – View of a stressing anchorage designed for very aggressive environments.

ments of corrosion protection according to the specified objectives. For example, assembling with inaccessible bolts is not recommended.

The standard ISO 12944-2 is used to define in a rational way the impact of the bridge environment on the protection systems of the anchorage. For the corrosion protection of the metallic components of the anchorage in aggressive environments the fib recommendations are more stringent than

the durability recommendations in the PTI or CIP documents.

The following table is a summary of the durability and maintenance periods for the level of protection proposed by VSL:

Aggressiveness of the environment (C4 or C5)

Design life of the stay cable system	Accessibility or replaceability of the anchorage components	Design life of the corrosion protection system	Durability of the initial corrosion protection system	Period between subsequent maintenance operations
100 years	Replaceable	25 years	25 years	25 years (1)
	Not replaceable Easy access	≥ 100 years (2)	25 years	15 years
	Not replaceable No access	100 years	No maintenance	

(1) Replacement of the components

(2) With regular maintenance every 15 years

ments, a durability analysis is achieved on each component of the anchorages. This analysis may conduct to adapt the geometry of some components, to use new types of assembling with adapted material, and to define adapted sys-

2.4. STAY PIPE OPTIMIZED FOR THE CABLE PROTECTION, VIBRATION AND WIND LOAD

Along the free length of the cable, the sheathed strands are protected by a HDPE stay pipe



Fig. 4 – Stay pipe sample during the drag test in the wind tunnel (VSL photo)

which generally is a co-extruded coloured pipe. For composite and plastic material, the aggressiveness of the environment is characterized mainly by the energy of irradiation. Accelerated ageing tests are achieved on samples of HDPE pipes in laboratories, to control the stability of the mechanical characteristics of the HDPE and the stability of the colour.

These tests have to demonstrate a great stability of the material.

The main function of this stay pipe is to be an additional level of protection of the cable. This stay pipe can be equipped with an external helical rib to suppress the rain-wind induced vibrations.

Some tests achieved in wind tunnels demonstrated the efficiency of this helical rib. The dimensions and geometry of the rib has to be defined to optimize the drag coefficient of the stay pipe and to have a reduced wind load on the stay cable. For example, drag coefficients of 0.60 and 0.58 were measured (at wind speed of 50m/s) with pipe diameters of 160 and 200 mm and optimized ribs.

2.5. CABLE DIAMETERS

The standard anchorages are generally designed for strand cables with a strand number varying from 12 to 127. But other dimensions can be designed.

For these standard units, the external diameter of the cable is ranging from 125 to 315 mm.



Fig. 6 – Stay pipe with helical ribs

For very long cables (over 400 m), the wind load on the cables can be an important parameter for the structural design of the bridge. Some stay cable systems are designed to reduce this wind load by optimizing the diameter and the drag coefficient of the cable.

3. Main features of a modern stay cable system

In conclusion, the main features of a modern stay cable system are the following:

- ◆ High fatigue and tensile performance.
- ◆ Compact, light and economical anchorages.
- ◆ Standard components.
- ◆ Individual encapsulation of the strands.
- ◆ Optimised for single strand installation and stressing.
- ◆ Fully prefabricated anchorages, no site assembly on site.
- ◆ Increased durability (100 years).
- ◆ Low maintenance cost.
- ◆ Adapted for installation of a vibration damping system.
- ◆ Reduced wind load.

4. Vibration of stay cables: the main solutions

Different types of devices can be installed on the stay cables. The two main solutions are:

- a) To design the surface texture of the HDPE stay pipe with helical ribs.
- b) To increase the damping of the cable by the installation of a damper near the deck anchorage.

4.1 STAY PIPE WITH HELICAL RIB

Stay pipes in the range of 165 to 250 mm diameter have been tested with such helical ribs in the wind tunnels of the CSTB (France) and of the Danish Maritime Institute. The tests showed a strong reduction



Fig. 7 – Stay cables equipped with friction dampers (Uddevalla Bridge)

of the wind–rain induced vibrations. The dimensions of the ribs are defined to limit the drag coefficient and corresponding wind force acting on the stay cables, particularly for very long cables of 400 m and above.

This solution is efficient only for rain-wind induced vibrations.

4.2. CABLE DAMPERS

Different types of vibration damping systems are adapted for stay cables. Hydraulic and viscous systems are the most common. We will develop below the main features of a damping system developed recently by VSL: the friction damper.

a) Design of the friction damper.

To increase the damping of the stay cable, the most classical solution consists in the installation of

hydraulic or viscous dampers. But according to recent experiences, it seems that these systems have relatively high maintenance costs and complex adjustments. These dampers are permanently solicited to small, non-critical vibrations and very quickly will have to support a high level of cycles. Consequently they may experience rapid deterioration and need frequent maintenances. To answer to these main problems of fatigue and maintenance, VSL proposes the friction damper.

This friction damper is a special damping device which is installed around a stay cable near the deck anchorage. The damper consists of two parts, see Fig. 8.

Assembly 1 is rigidly fixed to the cable by means of a steel collar (A) and moves together with the cable. The major elements of Assembly 1 are the two wings (B) projecting transversely to the cable plane, with the hard friction partners (C) being attached to the top and the bottom sides of the wings.

Assembly 2 is rigidly fixed to the bridge structure, typically the guide pipe. It consists of two spring blade half-ring pairs (D), both of them together surrounding the cable and Assembly 1. The two superposed half rings are clamped against each other at the ends and fixed by bolts (E) to the bridge structure. Soft friction partners (F), which are pressed from the top and from the bottom against the hard friction partners (C) of Assembly 1, are held by the spring blade rings through an inwardly projecting plate (G).

When the stay cable move in any direction, the friction partners will be subjected to relative displacements as soon as the friction force is exceeded, and will therefore, dissipate energy and provide damping to the stay cable. The flexibility of the spring blade rings allows the soft friction partners to follow the longitudinal movements of the stay cable and to remain in constant contact with the hard friction partners without changing the friction force of the damper.

For aesthetic reasons, the damper is generally installed near the deck anchorage.

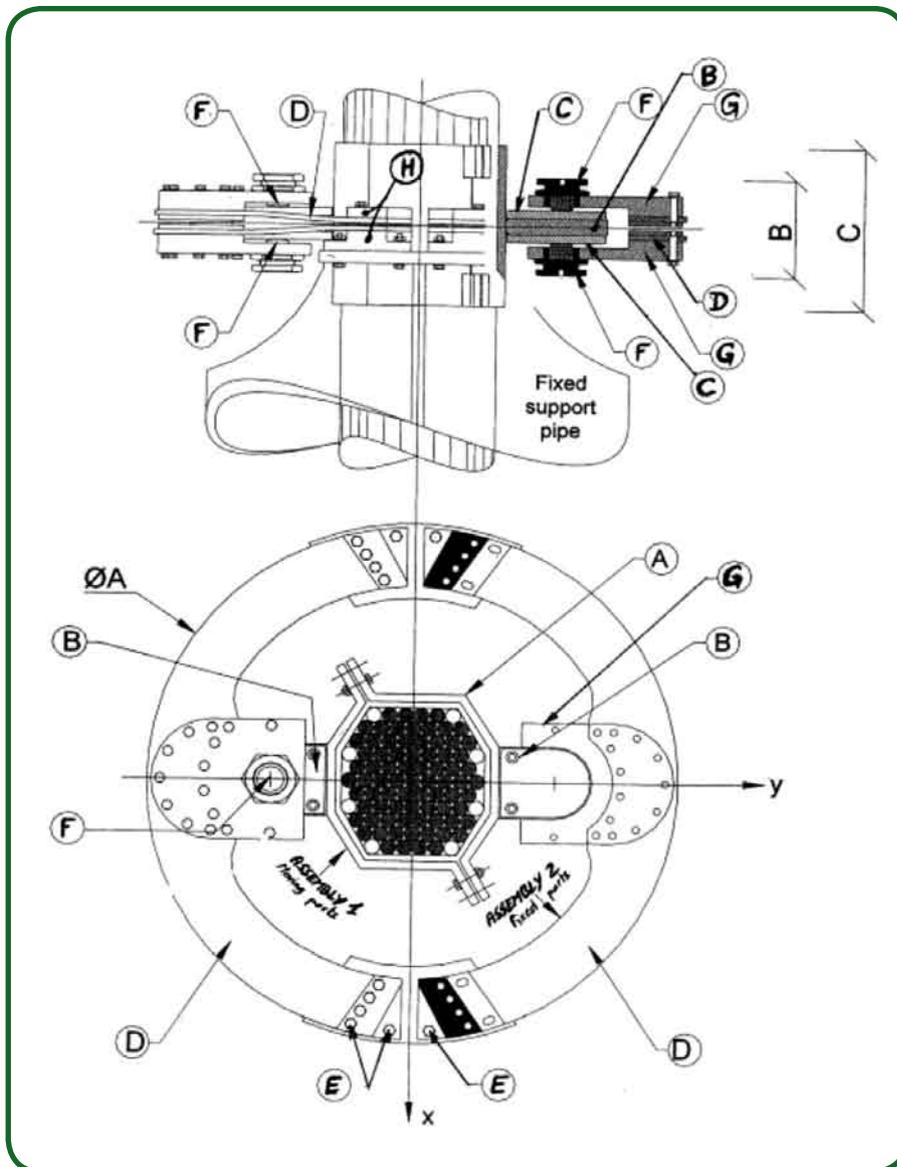


Fig.8 – Friction damper description

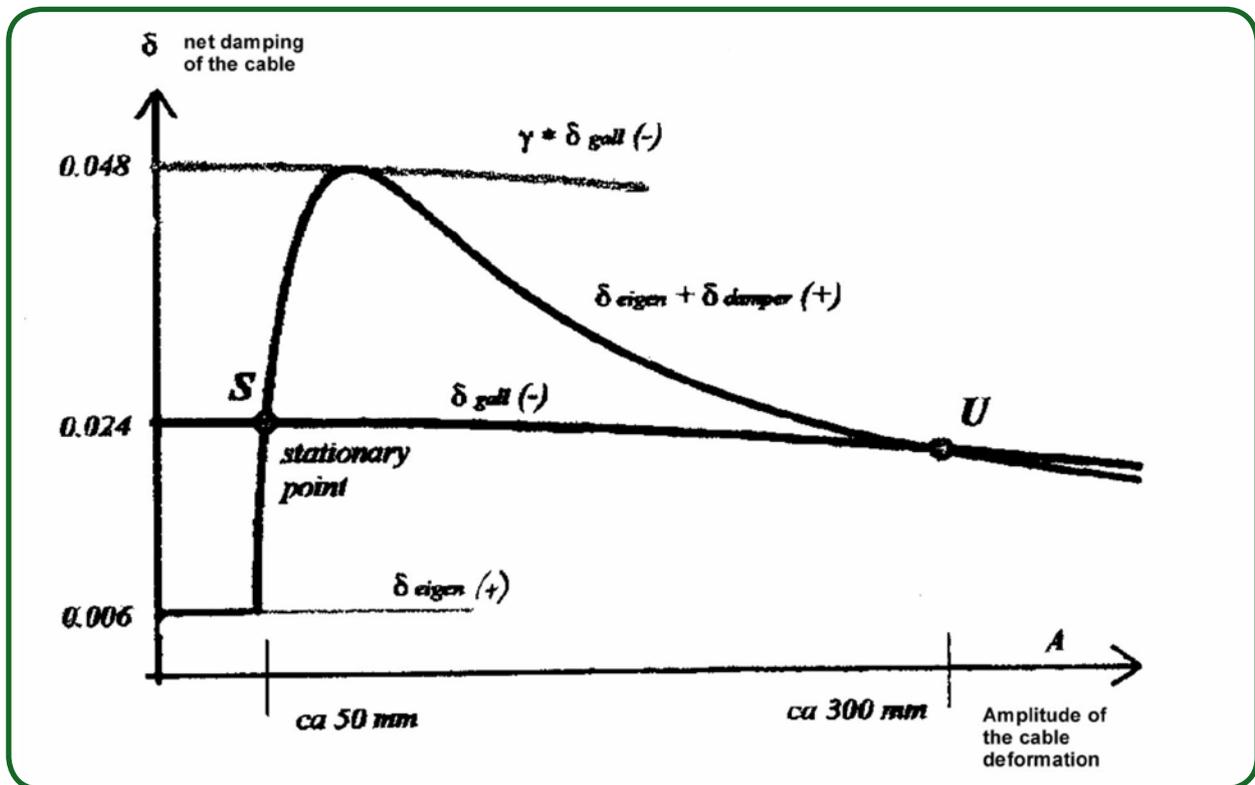


Fig. 10 – Cable damping characteristics

The main advantages of the friction damper are the following:

- ◆ The damper is not activated for small and non-critical vibration amplitudes. Thus, we have reduced wearing and low maintenance costs.
- ◆ For each cable, the friction force of the damper is adjusted according to the allowable amplitude of vibration defined by the designer.
- ◆ The friction damper is designed to be easily installed on existing bridges, where cables are subjected to unexpected vibrations.
- ◆ All components of the damper are accessible and can be easily inspected and replaced, if necessary, during the maintenance operations.
- ◆ The characteristics of the damper can be easily adjusted during the maintenance operations, if needed.
- ◆ The friction forces are practically constant and independent of the speed of the point to be dampened.
- ◆ The damping characteristics are insensitive to the frequency of the vibrations and to temperature.
- ◆ The friction damper is designed so that the damping of the stay cable is not affected by longitudinal movement of the cable due to load variations.

b) Stability criterion.

The most onerous type of vibration, based on past experience, seems to be the one induced by wind-rain which occurs at moderate wind speeds

of 10 to 15m/s. During these vibrations, the oscillation amplitudes may increase exponentially if the damping is insufficient. It has been found that if an adequate solution to this type of vibration is found, other types of cable vibrations such as galloping etc. are usually not critical (But this solution may be insufficient for some cases of parametric excitations)

For the design of the friction damper, the estimation of the required damping of the cable will be based on the galloping theory applied to wind-rain induced vibration. In order to be stable, the net damping of a stay cable must be positive. The net damping is the sum of the internal (structural) damping of the cable which may include effects of its surface structure, the effect of the damping device if provided, and the negative aerodynamic damping from the wind-rain excitation, as per the following equation:

$$\delta_{\text{net}} = \delta_o + \delta_d + \gamma \cdot \delta_{\text{ae}} \geq 0 \quad \text{Stability criterion}$$

δ_o – internal (or structural) damping of the cable.

δ_d – damping device (log. decrement).

δ_{ae} – aerodynamic (negative) damping effect according to the galloping theory.

γ – safety coefficient covering uncertainties (typically $\gamma \approx 1.5$ to 2).

For each cable, the aerodynamic damping is calculated and the stability criterion is checked. And if necessary the additional damping δ_d will be calculated to define the friction damper to be installed.



Fig. 11 – View of the 216 m long parallel wire cable

c) Cable damping characteristics.

As example, the Figure 10 represents the net damping curve of a typical cable of about 200 m equipped with a friction damper installed at about 3 m from the anchorage.

The friction force was designed to $F = 3.6$ kN. The friction damper is activated at a stay cable amplitude $A_o \approx 50$ mm and reaches the peak damping coefficient at an amplitude of $2A_o = 100$ mm.

At the assumed stationary point S a maximum amplitude of about 70 mm can be expected. This is about $L/3000$.

The actual damping coefficient provided by the friction damper installed in the structure is calculated with due consideration of the flexibility of the supporting structure. The efficiency of the damping device installed on the cable is lower than the theoretical value because of the flexibility of the support of the damping device.

d) Friction damper testing

The Tongji University of Shanghai has recently tested the performance of various types of cable damping systems, including prototypes. The tested dampers were mainly linear viscous and hydraulic systems. The non-linear friction damper was also submitted for testing.

One of the objectives of the tests was to study the performance of cable damping systems. For very long cables, one solution is to increase the performance of the damper located at the deck level by installing an additional damper near the pylon.

However, the VSL system performed so well during the tests that this second damper should not be needed.

INSTALLATION OF THE FRICTION DAMPER

As for all the other tested damping systems, the friction damper was installed on a 216m-long parallel wire stay cable of 113mm



Fig. 12 – View of the VSL friction damper installed on the cable.

diameter. The cable was stressed to 3950kN. The performance of the friction damper was measured at two different locations in relation to one of the anchorages. The positions were 5.0m (2.3% of the cable length) and 3.5m (1.6% of the cable length). In both cases, the damper was tested with different types of new composite friction material. The cable was equipped with several acceleration and displacement sensors. Excitation was achieved by two men pushing the cable by hand at the correct frequencies. The friction damper was studied at the three first modes of vibration in a total of 19 tests.

MAIN RESULTS

The tests demonstrated a high level of performance by the friction damper and confirmed that this type of damper may be used not only for medium but also for long cables.

Being a non-linear system, the friction damper is designed to perform its maximum efficiency at a defined level of cable deformation. An efficient cable damping system has to: a) increase the cable damping to a minimum value of 3%, b) achieve this action with a damper installed near the anchorages (at a distance less than 3% of the cable length).

The damper achieved excellent results: a damping of 8% (at a distance of 2.3%) and 6% (at a distance of 1.6%) were measured on the cable.

The main results at different mode of vibration are indicated in the following table.

Damper location	1st mode	2nd mode	3rd mode
5.0m	8%	7%	6%
3.5m	6%	5%	4%

The curve Fig. 13 shows the damping at mode 1 in relation to the cable deformation measured by the displacement sensor installed at a quarter of the cable length $L/4$. (data supplied by Tongji University).

The damper was adjusted to have its optimum performance when the amplitude of the cable deformation (at $L/4$) was around 30 mm

We can observe on the curve that the friction damper was adjusted to start its action when the cable deformation (at $L/4$) was about 9 mm. And as soon as the damper started to work it reached its optimum performance to stabilize the cable deformation.

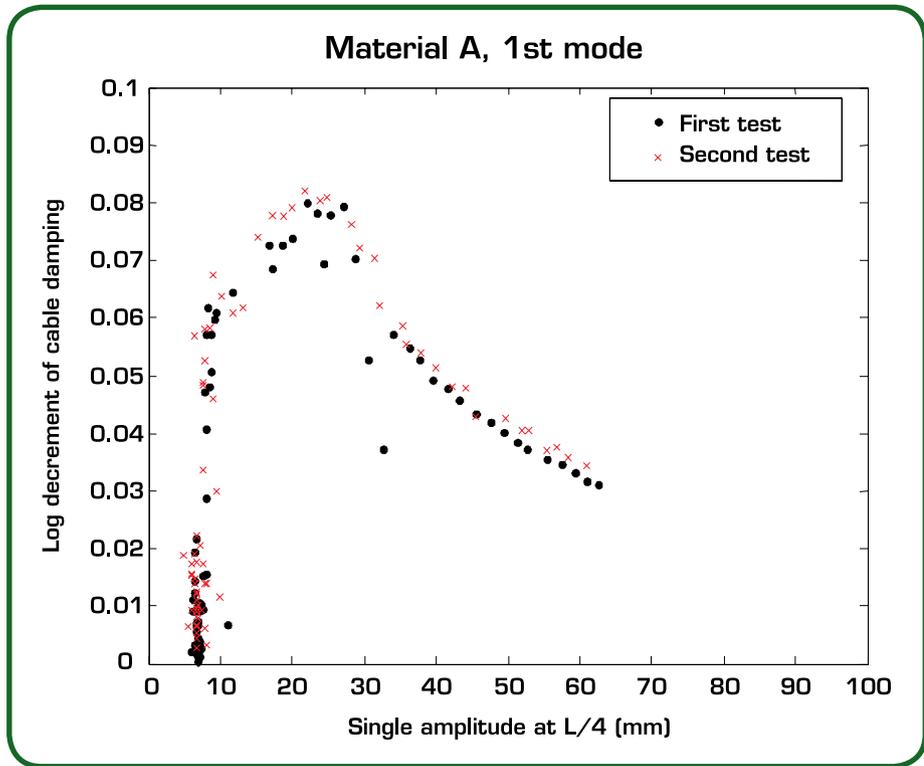


Fig. 13 – Measured cable damping

e) Maintenance of the friction damper.

120 VSL friction dampers have been installed on the stay cables of Uddevalla Bridge (Sweden), in 2000. After two years of service, 25% of the dampers (i.e. 30) have been controlled to check their conditions. This maintenance operation has been achieved in September 2002.

During this period of two years, since the opening of the bridge to the car traffic, the bridge has been submitted to varying speed winds (low to high) and no cable vibration has been observed.

Each of the 30 controlled friction dampers has been partially dismantled and re-assembled after control of its components. The main information provided by this maintenance operation is the following:

- Actual maintenance operations were easy to carry out.

- No vibration problems have been observed over the first two years period.
- No corrosion /durability problem was observed on the dampers except for bolts supporting the friction pads. New bolts with increased content of chrome have been installed.
- Friction pads were found in good conditions. Slight signs indicating some movement of the damper were found. Wear of soft friction partner was < 0.5 mm.
- Performance over first two years would lead to expect, for the friction partners, a design life > 15 years.

Figures 14 and 15 illustrate the easiness of dismantling and maintaining of the friction damper on the Uddevalla Bridge.



Fig. 14 – Dismantling of the friction damper



Fig. 15 – Control of the damper components



Fig. 16 – Strand by strand installation



Fig. 17 – Stressing operation with the automatic monostrand stressing system

5. Stay cable installation and replacement

The stay cable system has to be optimised to facilitate cable installation on site. Compact anchorages permit easy installation and single strand installation and stressing are standard features of the system.

The strand by strand method allows perfect parallelism of the strands, high erection speed, simple and repetitive operations for local labour, reduced construction loads thanks to light equipment, and the flexibility to adapt to the main contractor's schedule.

During installation, all the cable parameters, as tension and elongation are controlled by a monitoring system. A power seating operation is achieved on all the strands to secure the wedges and avoid any slippage.

One specific aspect of modern stay cable systems is the ability to replace partially or fully the stay cable with very light equipment and within a reduced space which allows to achieve any replacement operation with the minimum disruption of the car traffic. The best example of cable replacement is the operation achieved by VSL in October 2001 to replace a 298 m stay cable on the Ching Chau Ming Jiang Bridge, in China.◆



O SIABE 06 irá ocorrer de forma integrada ao 48º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC 2006 e ao INCOS 06 International Conference on Concrete for Structures.

Português e Espanhol são os idiomas oficiais, com o objetivo de envolver países e representantes de toda a Ibero-América.

Entidades e países promotores:

Brasil

- Instituto Brasileiro de Concreto – IBRACON

Portugal

- Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra – FCTUC
- Departamento de Engenharia Civil da Universidade da Beira Interior – DEC da UBI

Espanha

- Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC).

SIABE 06 – II SIMPÓSIO ÍBERO-AMERICANO SOBRE "CONCRETO ESTRUTURAL"

Rio de Janeiro | Riocentro | Pavilhão 5
27 de setembro de 2006

Tema 1 O concreto como material estrutural

- 1.1 Análise de materiais constituintes
- 1.2 Propriedades físicas e mecânicas
- 1.3 Resistência à deterioração
- 1.4 Produção e controle tecnológico em obras
- 1.5 Caracterização em estudos de caso
- 1.6 Normalização para projeto
- 1.7 Concretos especiais

Tema 2 As estruturas de concreto

- 2.1 Análise e dimensionamento estrutural
- 2.2 Previsão de vida útil
- 2.3 Manutenção, recuperação ou reforço estrutural
- 2.4 Procedimentos para fiscalização ou inspeção
- 2.5 Ensaios para diagnóstico "in situ"
- 2.6 Estruturas mistas
- 2.7 Normalização
- 2.8 Pré-fabricação
- 2.9 Estruturas especiais

Tema 3 Novas práticas para o desenvolvimento sustentável da indústria do concreto

INFORMAÇÕES:

IBRACON
11 3735-0202
www.ibracon.org.br

COMISSÃO ORGANIZADORA

Cláudio Sbrighi – FAAP
Jaime Fernandez – INTEMAC
José Calavera – INTEMAC
Luiz Oliveira – UBI
Paulo Helene – USP
Sérgio Lopes – FCTUC
Wellington Repette – UFSC

Avaliação de Desempenho do Concreto Empregado nos Dormentes do Metrô da Região Metropolitana do Recife após 16 anos

Tibério Andrade
Universidade de Pernambuco
Paulo Helene
Universidade de São Paulo

Resumo

Este trabalho discute o desempenho mecânico e de durabilidade do concreto empregado na confecção dos dormentes protendidos utilizados na linha do Metrô da Região Metropolitana do município de Recife, em Pernambuco, Brasil. Após 16 anos de uso, e sem nenhuma avaliação de desempenho feita nesse período, foi estudado e analisado o concreto dos dormentes, tomando como informações dados existentes da época da fabricação, inspeção da linha e ensaios mecânico e relativo à durabilidade, realizados em corpos de prova extraídos e cortados dos dormentes em uso. O concreto empregado nos dormentes, por tudo que foi analisado no experimento, após 16 anos, sob condições específicas de tráfego do sistema de trens urbanos e ambientais, apresenta parâmetros de um CAD, com melhoria significativa de suas propriedades em relação aos 28 dias. Essa característica refletiu no excelente estado em que se encontram os dormentes, na atualidade, podendo ser feita uma previsão de que os 50 anos de vida útil proposto para essas peças em concreto, no caso particular desses dormentes, pode estar sendo subestimado.

Palavras-chave: Dormentes de concreto, concreto de alto desempenho; durabilidade.

Abstract

This paper discusses the effective concrete strength evolution over a 16 year-old High Performance Concrete, used on the pre-stressed dormant production for a railroad in the Metropolitan Area of the city of Recife, in Pernambuco, Brazil. The improvement of strength was analyzed according to the characteristics

of the materials used in the concrete as well as to the use of its thermal type fast curing and cement nature, as compared to the available models for improved strength in the bibliography, particularly in the Model Code 90 approved by fib(CEB-FIP). The results obtained showed no negative interference of cyclic or fatigue demands and no effect of long term compression of concrete (Rusch effect). An effective improvement of strength was found at the ratio of 1.28 and 1.42 times above the expected result on 28th day, therefore, much higher than the one usually accepted by the official coefficients founded in literature and unfortunately published by many critics of the HPC and HSC.

Keywords: High Performance Concrete; High Strength Concrete; evolution of compressive strength

1. Concreto e os dormentes do Metrô do Recife

Nos anos de 1983, 1984 e 1985 foi construído o Metrô de superfície da Região Metropolitana do Recife, com 20 quilômetros de extensão e 17 estações de embarque e desembarque de passageiros, envolvendo, investimentos da ordem de 300 milhões de dólares. O dormente utilizado na via dupla do metrô foi em concreto, do tipo protendido, utilizando o processo de fabricação denominado de "short line". O concreto foi especificado para atingir uma resistência característica à compressão, aos 28 dias, de 45MPa e resistência característica à tração na flexão, aos 7 dias, de 5MPa. Por uma necessidade de ordem financeira e de prazo, o concreto dos dormentes deveria atingir uma resistência mínima à compressão de 35MPa às 18h de idade, resistência esta necessária à transferência de protensão. Para isto, foi utilizado o sistema de cura a vapor. Foram

Tabela 1
Composição do traço de concreto utilizado nos dormentes

Traço unitário em massa seca						Consumo Cimento	Slump test	Vebe test
cimento	areia	brita 9,5	brita 25	a/c	aditivo	kg/m ³	(mm)	(s)
1,00	0,52	1,40	1,57	0,33	-	500	0	15 a 20

fabricados 79.103 dormentes de março de 1984 a janeiro de 1985, num processo atípico para o padrão normal de fabricação de concreto na região. O concreto possuía consistência quase seca, tipo "terra úmida", utilizando misturador de eixo vertical e mesa vibratória de alta potência com prensagem simultânea para o adensamento, sem uso de qualquer tipo de adição mineral ou aditivo.

Os dormentes têm seção trapezoidal (B=25cm, b=15cm, h=24cm), com 2,50m de comprimento (fig.01). Cada dormente possui 8 fios CP 160 RB, de diâmetro 7mm, que são tensionados no sistema de pré-tensão, sendo os esforços transmitidos às formas metálicas até que o concreto atinja a resistência necessária para transferência da protensão (35MPa). O comprimento mínimo dos fios é de 20mm.

2. Dosagem e materiais empregados

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

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

Este cimento, apesar de classificado como classe 32, apresentava resistência à compressão da classe 40 e comportamento tipo ARI. Este cimento foi empregado em todo o concreto dos dormentes, não tendo sido rejeitado nenhum lote de concreto no controle estatístico, realizado conforme as recomendações estabelecidas pela NBR 6118 (ABNT, 1980), para aceitação do concreto.

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

3. Controle tecnológico do concreto

Na época, foi montado um laboratório na fábrica onde eram realizados, diariamente, os ensaios físicos do cimento (fim e início de pega, finura, expansibilidade e resistência à compressão) e os ensaios físicos dos agregados. O controle do concreto baseou-se na resistência à compressão e a tração na flexão, com formação de lotes semanais, aprovados pela análise estatística recomendada pela NBR 6118 (ABNT, 1980).

Foram resgatados os relatórios mensais de acompanhamento da resistência à compressão, referentes aos meses de março/84 a dezembro/84. Nestes relatórios, encontravam-se os resultados do controle de aceitação dos lotes formados para liberação das peças. Nesses resultados, são descritos: o período de formação dos lotes, a média de resistência (μ), o desvio padrão (σ), o coeficiente de variação (V) e o valor estimado (f_{ckest}) de cada lote. A Tabela 2 está reproduzindo os resultados emitidos nos relatórios da época da construção, com exceção dos 2021 dormentes fabricados em janeiro de 1985, cujo relatório não foi encontrado.

A média das médias da resistência à compressão dos lotes formados para aceitação do concreto pode ser considerada, sob o ponto de vista estatístico, como a resistência média do concreto produzido ao longo da fabricação dos dormentes. Calculando a média ponderada das médias da resistência à compressão dos lotes, em função da estimativa de dormentes fabricados mensalmente, e distribuindo uniformemente estes dormentes nos lotes do mês, obteve-se um valor de 65,0MPa. Este valor pode ser considerado como a resistência à compressão média do concreto, obtida aos 28 dias de idade, correspondente aos 10 meses de fabricação dos dormentes.

Para estimativa da variabilidade aparente do processo de produção e ensaio da fabricação do concreto, foi utilizado o desvio padrão da resistência à compressão obtida nos 33 lotes individuais, empregando-se a expressão (1) proposta por HELENE; TERZIAN (1993).

$$S_c^2 = \frac{S_{c1}^2 \times (n_1 - 1) + S_{c2}^2 \times (n_2 - 1) + S_{c3}^2 \times (n_3 - 1) + \dots + S_{cp}^2 \times (n_p - 1)}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1) + (n_3 - 1) + \dots + (n_p - 1)} \quad (1)$$

Onde:

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

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

N_i = N° de exemplares do lote.

Com os dados da Tabela 2 e a expressão (1), obteve-se um desvio padrão do processo de produção e ensaio do concreto dos dormentes de 4,01MPa, conseguindo com estes dados, um coeficiente de variação de 6,1 %. O intervalo de confiança da resistência à compressão média do concreto dos dormentes, com um nível de significância de 95%, pode ser obtido a partir da teoria

das grandes amostras ($n > 30$), através da seguinte expressão (2).

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

Onde:

$X = 65,0$ MPa;

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

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

Aplicando os dados na expressão, obtém-se que a resistência média do concreto dos dormentes, aos 28 dias, esteve compreendida entre 63,6MPa e 66,4MPa, com 95% de probabilidade de acerto na afirmação.

Tabela 2

Resistência à compressão obtida no controle tecnológico aos 28 dias (1984)

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

4. Experimento

A avaliação do concreto empregado na fabricação dos dormentes consistiu na realização de inspeção visual, juntamente com a equipe responsável pela manutenção da linha.

No laboratório foram realizados experimentos para determinação da resistência à compressão e para determinação de algumas propriedades relativas à durabilidade (Carbonatação natural e acelerada, frente de cloretos, resistência à penetração de cloretos e resistividade elétrica).



Figura 01 – Visão de dois dormentes estocados



Figura 02 – Detalhe do corte dos dormentes



Figura 03 – Detalhe da extração dos testemunhos



Figura 04 – Visão de 4 prismas com os cp's já extraídos

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

Cada dormente foi cortado em fatias (fig. 02), com auxílio de disco apropriado, obtendo-se entre os olhais de fixação dos trilhos, 05 prismas (B, C, D, E e F) de seção trapezoidal com comprimento de aproximadamente 25cm. Os 02 prismas restantes, situados nas duas extremidades, com, aproximadamente 62cm, os quais contêm os olhais de fixação

Tabela 3

Resumo dos ensaios realizados após 16 anos de serviço dos dormentes

Ensaio	Quant. de dorm.	Quant. cp/dorm.	Total de cp's	Normas
Resistência à compressão	20	02	40	NBR 5739/80
Carbonatação natural	04	01	04	RILEM C18
Carbonatação acelerada	04	01	04	-
Frente de cloretos e Def _{clr}	03	05	15	ASTMC1152-90
Resistência à penetração de íons cloretos	06	04	24	ASTMC.1202-94
Resistividade elétrica do concreto	04	03	12	ASTMC.G57-84

dos trilhos, foram denominados de A e G. De cada prisma, através de extratora, foi posteriormente extraídos testemunhos cilíndricos de 10 x 20cm, totalizando 05 corpos de prova por dormente. A extratora foi convenientemente centrada para evitar que os 8 fios de protensão de 7 mm de diâmetro (CP-160 RB), dispostos longitudinalmente ao dormente, não fossem incorporados aos testemunhos, inviabilizando os ensaios (fig. 03).

Os prismas com os testemunhos já extraídos podem ser visualizados na Figs. 04. A tabela 03 mostra o resumo dos ensaios realizados, com as quantidades e as normas de referência.



Fig 05 - Visão da linha na estação central

5. Inspeção e vistoria da via e dos dormentes

A inspeção e a vistoria da via foi realizada pelo autor do trabalho, conjuntamente com o engenheiro responsável pela manutenção da via permanente. A mesma consistiu de uma inspeção visual e levantamento fotográfico das condições dos dormentes em alguns trechos da linha do metrô, além de entrevistas com os responsáveis pela manutenção.

Segundo informações da equipe de manutenção, o metrô funciona das 5 horas às 23 horas, com intervalo de 6 minutos entre uma composição e outra, sendo esta intensidade de tráfego referente ao trecho da Estação Recife à Estação Coqueiral, sendo que após essa estação, o tráfego é reduzido pela metade. Essa frequência de tempo permitiu estimar que durante os 16 anos de uso do metrô, ocorreram, aproximadamente, 1.000.000 de passagens de trem na via permanente de maior fluxo.

Segundo a equipe de manutenção, desde a inauguração do metrô, apenas um dormente foi substituído. Esta substituição foi devido aos danos causados pelo descarrilamento de uma composição, não tendo, até a realização desse trabalho, substituição de dormentes relacionados com a deterioração.

A inspeção visual foi realizada em 05 estações de passageiros: Estação Central, Mangueira, Tejipió, Curado e Cavaleiro. Em cada estação foi



Fig 06 - Detalhe da parte superior dos dormentes



Fig 07 - Visão do equip. nivelador, socador e alin de via



Fig 08 - Detalhe do desgaste superficial de um dormente

percorrido, a pé, aproximadamente 500m de linha (fig. 05).

Na inspeção, não foi possível visualizar o corpo dos dormentes, somente a superfície superior das peças, pois os mesmos apresentavam-se quase que cobertos pelo lastro de brita da linha (fig 06). Nessa superfície não foi observado qualquer tipo de sintoma que pudesse indicar um processo de deterioração dessas peças.

Além da inspeção na via, foi realizada inspeção visual minuciosa nos 20 dormentes retirados da via. Em nenhum dos dormentes foi observado qualquer estado de fissuração. No entanto, em alguns dormentes, foi detectado desgaste superficial nas laterais e no fundo (fig. 07). Esses desgastes ocorreram em maior intensidade nas extremidades das peças, tendo uma maior incidência na região inferior das superfícies laterais e da superfície de apoio (fundo).

Segundo os responsáveis pela manutenção, o desgaste superficial é proveniente do atrito entre o lastro de brita e o dormente, provocado durante a operação de socaria, realizado periodicamente pelo

equipamento denominado de nivelador, socador e alinhador de via (fig. 08).

Segundo o pessoal de manutenção, a região dos trilhos, próxima às juntas, sofre maior problema de fuga do lastro, devido à trepidação ocasionada pela descontinuidade do trilho, sendo que algumas juntas são mais problemáticas do que outras. Com frequência, nesses trechos, a equipe de manutenção é obrigada a realizar a operação de socaria, que consiste em comprimir a pedra do lastro de encontro ao dormente, recompondo o material embaixo destes, na região dos apoios dos trilhos. Essa operação, segundo a equipe, chega a triturar a pedra do lastro da via.

6. Resultados experimento e discussão

6.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados, da resistência à compressão, obtidos nos

Tabela 4

Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos testemunhos extraídos

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

testemunhos extraídos dos 20 dormentes retirados da via férrea.

A resistência média obtida nos 20 exemplares ensaiados à compressão, nas condições de ensaio específicas do experimento, foi de 82,2MPa conforme mostrado na Tabela 4, após 16 anos idade, com desvio padrão de 5,26MPa, obtendo-se um coeficiente de variação de 6,2 %. O intervalo de confiança da média da resistência à compressão do concreto dos dormentes, com um nível de significância de 95 %, pode ser obtido a partir da teoria das pequenas amostras ($n < 30$), utilizando a distribuição de Student, através da expressão (1).

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

Onde:

$X = 82,2$ MPa;

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

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

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

O histograma mostrado na figura 09 permite visualizar a distribuição dos resultados e a dispersão obtida no ensaio. Como era de se esperar, o histograma confirma uma curva de distribuição normal para a resistência à compressão do concreto, com 85% das amostras compreendida no intervalo de $X \pm S$.

O crescimento da resistência à compressão com o tempo resultou em uma resistência à compressão média, após 16 anos, de 82,2MPa. Esse valor é

1,26 vezes superior a resistência obtida aos 28 dias de idade (65,0MPa) e 1,80 vezes superior ao f_{ck} de projeto (45,0MPa). Essa resistência à compressão alcançada após 15 anos de uso não pode ser negligenciada, permitindo não só uma melhoria significativa no desempenho mecânico dos dormentes, mas também nos aspectos relacionados à durabilidade.

6.2. Propriedades relativas à durabilidade

6.2.1. RESISTÊNCIA À CARBONATAÇÃO

6.2.1.1. NATURAL

Foram ensaiados 04 dormentes, sendo as determinações feitas na face cortada do prisma A de cada um dos dormentes, em cujas bordas da seção foram feitos cortes, à seco, ao longo de todo o seu perímetro. Esses cortes foram executados com espessuras e profundidade de 2cm. Em todo perímetro cortado, foi aspergida solução de fenolftaleína.

O ensaio de carbonatação natural realizado em 04 dormentes foi surpreendente. Nestes 16 anos de exposição, sob as condições climáticas da região, não foi observada nenhuma profundidade de carbonatação em qualquer uma das faces das peças dos prismas. A fig. 10 apresenta um dos dormentes ensaiados. Em uma tentativa de se obter uma medida, por menor que fosse, foi utilizado um fissurômetro da Mitutoyo com lupa de aumento e precisão de 0,1mm. Novamente não foi observada nenhuma espessura de concreto carbonatada.

Este resultado, obtido após 16 anos de exposição dos dormentes, reforça as afirmações de RICHARDSON (1988) PETERSON, SANDEBERG (1997)

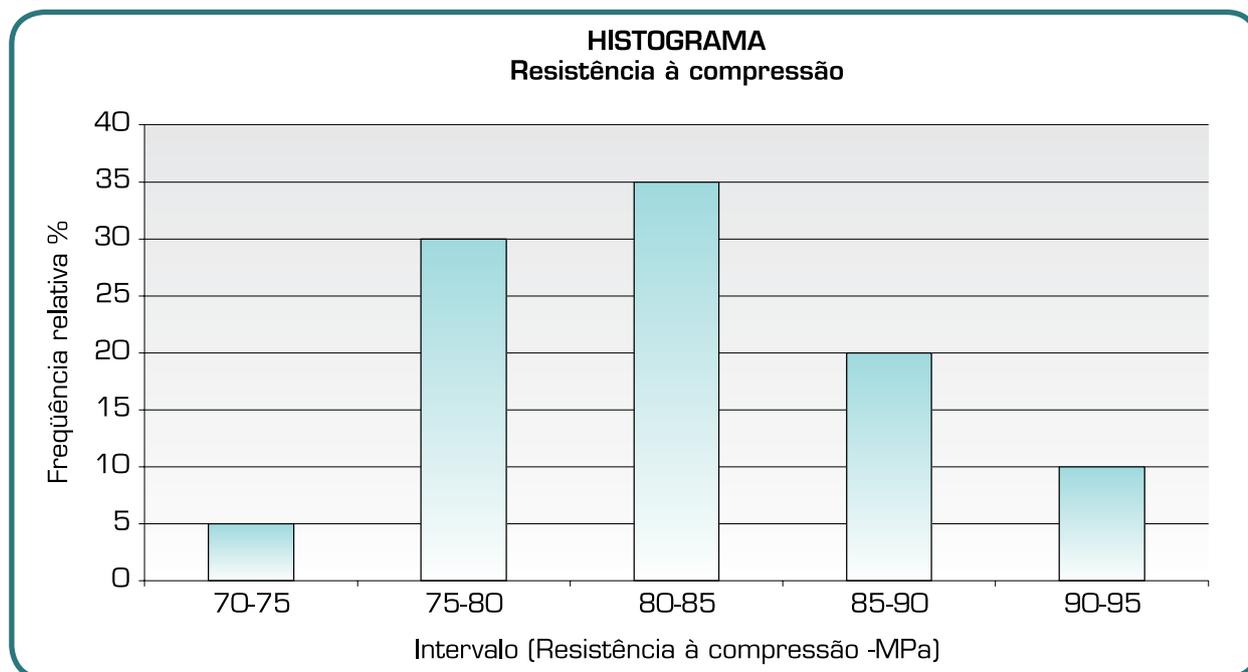


Figura 09 – Histograma dos resultados de resistência à compressão dos testemunhos extraídos



Fig. 10 – Cor vermelho carmim na superfície cortada do prisma A do dormente 11, indicando inexistência de carbonatação do concreto

de que o fenômeno de carbonatação geralmente não consiste em um problema para os Concretos de Alto Desempenho.

Com esse resultado não se pode chegar a um valor mensurável para o coeficiente de carbonatação, isto é, assumiu um valor nulo, chegando-se à conclusão, que não existe fenômeno de carbonatação neste concreto, sob as condições específicas de exposição nas quais os mesmos estão inseridos. O término da vida útil do próprio sistema de trens urbanos da RMR acontecerá muito antes que a carbonatação possa se tornar um problema.

6.2.1.2. ACELERADA

A carbonatação acelerada foi realizada em um corpo de prova prismático, cortado de um prisma de 04 dormentes distintos, utilizando uma concentração de 100% de dióxido de carbono em câmara de carbonatação, com umidade relativa do ar variando entre 65 a 80%. Os corpos de prova permaneceram na câmara de carbonatação por 07 dias ininterruptamente, sendo medidas a profundidade de carbonatação no 1º, 3º e 7º dia de exposição, através de cortes à seco, executados sucessivamente nos cp's.

Imediatamente após a retirada dos cp's da câmara, foi aspergida solução de fenolftaleína nas suas faces cortadas. A profundidade de carbonatação



Fig. 11 – Superfície cortada de 04 amostras de 04 dormentes distintos na cor vermelho carmim, que foram expostas a carbonatação acelerada

foi medida na superfície lateral que estava em contato com a fôrma metálica durante a cura a vapor, na superfície de concretagem que estava exposta a este vapor e na superfície interna do concreto.

No que se refere ao ensaio de carbonatação acelerada, os resultados também foram surpreendentes. Nas medidas efetuadas as idades de 01, 03 e 07 dias, não foi observada nenhuma espessura de concreto carbonatada em qualquer uma das faces expostas, estando o resultado aos 07 dias ilustrado na figura 11.

A carbonatação acelerada foi realizada, com o intuito de checar a possibilidade de uma variação da espessura carbonatada, em função das diferentes solicitações que estas superfícies sofreram durante o processo de cura a vapor na fabricação das peças.

Segundo HIGGINSON (1961) e AKMAN; GÜLSEREN (1994) existe uma perda de qualidade do concreto, principalmente nas proximidades da superfície, quando se utiliza o processo de cura a vapor para acelerar a maturação do concreto. Esta perda é refletida no aumento de sua permeabilidade à ação de gases e líquidos.

Estas informações não foram confirmadas através da solicitação por carbonatação acelerada, para o concreto utilizado nos dormentes. A influência da cura a vapor nas propriedades do concreto deve ser alvo de maiores estudos, tanto para os de alta como de baixa resistência, haja vista que o processo, em determinadas situações de prazo e custo, pode se tornar bastante vantajoso.

6.2.2. AÇÃO DOS ÍONS CLORETOS

6.2.2.1. FRENTE DE CLORETOS

Foi medida a frente de cloretos totais através da retirada de amostras com auxílio de furadeira apropriada. Para determinação do teor de cloretos totais, foi empregado o método de ensaio definido pela ASTM C.1152 (ASTM, 1990). As amostras foram retiradas nas profundidades de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 cm da superfície, sendo essa última profundidade correspondente ao cobrimento do fio de protensão. Para

Tabela 5
Resultados dos perfis de íons cloreto totais

Dormente N ^o	Distância ao litoral (m)	Percentual de íons cloretos totais em relação à massa de cimento				
		0,5 cm	1,0 cm	1,5 cm	2,0 cm	Centro
11	2.500	0,1976	0,0424	0,0080	0,000	0,000
16	5.100	0,1005	0,0286	0,0046	0,000	0,000
22	8.100	0,0634	0,0860	0,000	0,000	0,000

efeito de comparação, retirou-se amostra do centro do dormente para estimativa da contaminação inicial do concreto com íons cloretos proveniente dos insumos.

As amostras foram retiradas perpendicularmente às faces inclinadas de um dos prismas cortados do dormente, perfurando o concreto em 20 pontos aleatórios, sendo posteriormente, misturada as amostras relativas à mesma profundidade (fig. 12). Foi utilizada uma amostragem de 03 dormentes, distantes 2500m, 5100m e 8100m em relação ao litoral, com o objetivo de avaliar a frente de cloretos em função da proximidade com o mar.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos teores de íons cloreto totais, enquanto a figura 12 mostra os perfis nos 03 dormentes, situados a 2500m, 5100m e 8100m da orla marítima.

Pode se observar na figura 12, como era de se esperar, que a medida em que a linha se afasta do litoral o teor de cloretos totais nos dormentes e reduzido gradativamente.

Não ocorreu contaminação inicial significativa com íons cloretos nos dormentes ensaiados, isto é, a contaminação proveniente dos materiais empregados na fabricação do concreto. A figura 13

mostra que, a partir da profundidade de 17,5mm, não se encontra mais traços de íons cloretos.

A máxima contaminação de íons cloretos foi detectada no dormente n^o 11, situado aproximadamente a 2500m da orla marítima, que corresponde à estação mais próxima da praia. Esta contaminação foi de 0,2% em relação à massa de cimento, a uma profundidade média de 2,5mm, enquanto a menor contaminação foi encontrada no dormente 22, com 0,06%.

A ACI 222R (ACI, 2001) recomenda, para concreto protendido, um valor máximo de contaminação inicial com cloretos totais de 0,08% em relação à massa de cimento.

Utilizando a equação simplificada, mostrada abaixo, a qual foi proposto por HELENE; TERZIAN (1993) substituição do modelo matemático da lei de fick, poderá ser obtido o coeficiente de penetração de cloretos, correspondente a uma concentração de 0,08%, definido pela ACI 222R (ACI, 2001). Esta concentração foi obtida a uma profundidade máxima de 6mm, no dormente mais próxima à orla, como se observa no gráfico da figura 15, em um intervalo de 16 anos.

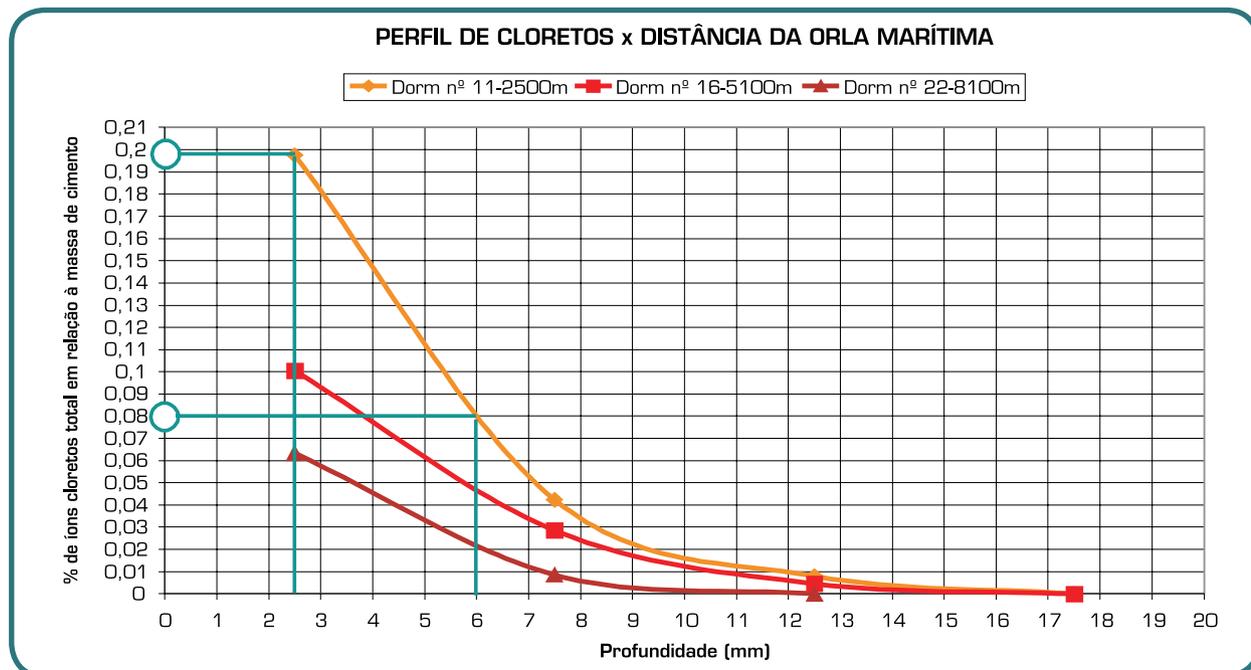


Figura 12 – Perfil de cloretos totais nos dormentes em função da distância da orla marítima

Tabela 6
Resultados do ensaio de penetrabilidade a cloretos

Dormentes nº	Carga passante em Coulombs				Média
	Cp1	Cp2	Cp3	Cp4	
06	1386	469	1197	852	976
07	205	595	545	598	486
13	811	842	325	369	587
16	194	393	547	448	395
20	466	662	888	917	733

Tabela 7
Penetração de cloretos baseado na carga passante (ASTM C. 1202-94)

Carga passante em Coulombs	Percolação de cloretos
> 4000	Alta
2000 a 4000	Moderada
1000 a 2000	Baixa
100 a 1000	Muito Baixa
< 100	Desprezível

$$E_{cl0,08\%} = K_{cl0,08\%} x t^{1/2} \quad (2)$$

Onde:

$E_{cl0,08\%}$ = profundidade da frente de cloretos com 0,08%, no tempo (t);

$K_{cl0,08\%}$ = Coeficiente de cloretos para uma concentração de 0,08%;

t = tempo em anos.

Apesar de possuir apenas um ponto como dado de referência, obtêm-se um tempo de aproximadamente 180 anos, a partir do início da exposição dos dormentes, para que a concentração de 0,08% de íons cloreto atinja a cordoalha a uma distância de 20mm da superfície do dormente de nº11. Tomando como parâmetro a concentração de 0,2% de íons cloretos, esta frente levaria mais de 1000 anos para atingir a profundidade de 20mm, nos dormentes mais próximos da orla marítima.

Com este tempo, pode-se afirmar que, com as condições de exposição a que os dormentes estão submetidos, a ação dos íons cloretos não será o fator limitante para a vida útil dos dormentes. Como no fenômeno de carbonatação, a obsolescência do próprio sistema de trens urbanos da RMR acontecerá muito antes que a ação dos íons cloretos possa despassivar a armadura.

6.2.2.2. RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DE CLORETOS

Além da determinação da frente de cloretos, foi realizado o ensaio de resistência à penetração de íons cloreto utilizando procedimentos baseados na

Norma ASTM C.1202 (ASTM, 1994). Foram ensaiados em 05 dormentes, utilizando 04 corpos de prova para cada dormente (Fig 14). Os resultados estão mostrados na tabela 06.

Os resultados médios individuais dos dormentes variaram de 395 a 976 Coulombs, obtendo-se uma média de 634 Coulombs. De todas as 20 amostras dos 05 dormentes, apenas duas deram acima de 1.000 Coulombs, referente ao dormente de nº 8, apresentando valores de 1.386 e 1197 Coulombs.

Estes valores qualificam o concreto dos dormentes de muito baixa percolação de cloretos, segundo a classificação sugerida pela ASTM C.1202 (ASTM, 1994), estando essa classificação mostrada na tabela 07.

A tabela 08 mostra variações encontradas na penetração de cloretos em concretos, empregando diferentes relações água/cimento, com e sem utilização de sílica ativa (AİTCIN (1998)). A resistência à penetração de cloretos, encontrada no concreto dos dormentes, segundo a tabela 08, seria superior a um concreto de relação água/cimento de 0,25, sem adição de sílica ativa. Observa-se que os resultados estão acima do esperado para o concreto dos dormentes, que utilizou uma relação água/cimento de 0,33.

Esta resistência à penetração de cloretos, acima do previsto, pode ser creditada à melhoria da qualidade da pasta de cimento hidratada, ao longo dos 16 anos, refletindo não só no incremento da resistência mecânica, como já foi visto, mas também no refinamento dos poros, reduzindo a permeabilidade do concreto à ação de agentes agressivos.

Tabela 8

Varição da resistência à penetração de cloretos em função da relação água/cimento e sílica ativa (AITCIN;1998)

Relação a/c	Com sílica ativa		Sem sílica ativa	
	Limite inferior (Coulombs)	Limite superior (Coulombs)	Limite inferior (Coulombs)	Limite superior (Coulombs)
0,60	1.800	3.500	5.500	9.000
0,50	1.200	5.000	4.000	6.000
0,40	250	1.000	2.500	4.000
0,30	150	500	1.800	3.000
0,25	100	200	800	2.500

6.2.3. RESISTIVIDADE ELÉTRICA

O ensaio de resistividade elétrica foi realizado em 03 prismas de 04 dormentes, com 03 medidas para cada prisma. A resistividade elétrica foi medida através do sistema de 4 eletrodos, utilizando o método da ASTM C.G-57 (ASTM, 1992). No ensaio, a superfície dos prismas estava seca, entretanto, antes do ensaio, os prismas foram imersos em água por 48 horas, possuindo a condição mais desfavorável quanto à resistividade.

DURAR (DURAR, 1997) classifica os riscos de corrosão da armadura no concreto, em função da resistividade elétrica superficial, através dos limites de resistividade mostrada na tabela 09.

A resistividade elétrica encontrada nos 04 dormentes ensaiados, mostrados na tabela 10, variou de 200 a 263 Ωm , classificando esse concreto como de baixo risco de corrosão, como era de se esperar, com os dados já obtidos anteriormente.

6.3. Desempenho dos dormentes

O desempenho do concreto dos dormentes será discutido, tendo como roteiro, os mecanismos de envelhecimento e deterioração das estruturas de concreto citados na NBR 6118/03, quais sejam,

relativos ao concreto, à armadura e à estrutura propriamente dita.

6.3.1. MECANISMOS DE DETERIORAÇÃO RELATIVOS AO CONCRETO

Os mecanismos de deterioração relativos ao concreto, que foram encontrados em referências bibliográficas, associados a dormentes de concreto, são dois, reação álcali-agregado e a formação de etringita atrasada ou a ação conjunta de ambos os mecanismos.

A ação desses mecanismos provoca expansão do concreto, tendo como sintomatologia o aparecimento inicial fissuras e/ou microfissuras, cuja intensidade e orientação é extremamente dependendo do estado de tensão, a qual a peça está sujeita, bem como, a densidade e distribuição das armaduras. Para a propagação desses mecanismos, a umidade é essencial, e segundo bibliografias, os sintomas aparecem com no máximo 05 a 08 anos de uso das peças.

Os dormentes analisados já possuem 16 anos de uso, e nas inspeções realizadas nas peças extraídas, e na linha, bem como nas informações obtidas do setor de manutenção e nos ensaios mecânicos, não existe nenhum indício que estes mecanismos estejam atuando.

Apesar das incertezas que cercam estes fenômenos de deterioração do concreto, com estas

Tabela 9

Classificação do grau de risco de corrosão através da medida da resistividade elétrica do concreto DURAR (DURAR, 1997)

Resistividade elétrica Ωm	Risco de corrosão
$\rho > 200$	Baixo
$200 > \rho > 10$	Moderado
$\rho < 10$	Alto

Tabela 10
Resultados do ensaio de resistividade elétrica

Dormentes Nº	Resistividade Elétrica Ωm			
	Cp1	Cp2	Cp3	Cp4
05	219	234	226	226
06	270	246	272	263
11	207	209	209	208
16	208	197	196	200

informações e dados, aliada a idade dos dormentes, pode-se afirmar que é muito improvável que o término da vida útil das peças estará associado a um desses mecanismos de ataque.

6.3.2. MECANISMOS DE DETERIORAÇÃO RELATIVOS À ARMADURA

A corrosão da armadura no concreto só ocorrerá após a sua despassivação, através do processo de carbonatação ou através do elevado percentual de cloretos na região da armadura.

Nos ensaios relativos à durabilidade, referentes a corrosão da armadura, o concreto dos dormentes, após 16 anos de exposição e sob

as condições ambientes do entorno, apresentou um desempenho bastante satisfatório, principalmente em relação à carbonatação, indicando um período de tempo bastante longo para a despassivação da armadura, não constituindo em um problema relativo à vida útil das peças.

Este bom desempenho está, sem dúvida, associada a baixa relação água/cimento empregada no concreto, no processo e no controle de produção.

6.3.3. MECANISMOS DE DETERIORAÇÃO RELATIVOS À ESTRUTURA PROPRIAMENTE DITA

Os mecanismos de deterioração relativos ao dormente propriamente dito estão associados às ações cíclicas de carregamento, impactos e desgaste superficial.

Na inspeção realizada nos dormentes extraídos das linhas, não foi observado nenhum indício de fissuração proveniente da ação cíclica de carregamento e de impacto, principalmente nos dormentes localizados próximo às juntas do trilho. Esta inspeção, aliada à informação que em 16 anos de uso, nenhum dormente foi substituído por problemas de perda de desempenho de qualquer procedência, indica que os dormentes até a presente idade, e sob as condições de tráfego do sistema, apresentam-se em excelente estado de integridade.

Na inspeção visual dos dormentes, foi constatado desgaste superficial de intensidade variada nas superfícies de apoio e lateral de alguns dormentes.



Fig 13 – Operação de furação e coleta das amostras para determinação do perfil de cloretos



Fig 14 – Detalhe do ensaio de determinação da resistência à penetração de cloretos

Este desgaste, como já foi comentado, está associada a operação de manutenção da linha, em pontos isolados, onde existe ocorrência de fuga do lastro por trepidação das juntas problemáticas ao longo da linha.

Está ocorrência não deve ser associado a um problema, pois esta se dá em poucos pontos isolados, e, além disso, mesmo após 16 anos de desgaste, estes dormentes estão desempenhando satisfatoriamente a sua função.

7. Conclusões

O concreto empregado nos dormentes, por tudo que foi analisado no experimento, não

só atendeu a uma classificação de resistência à compressão de 50 MPa aos 28 dias para ser potencialmente classificado como CAD, mas após 16 anos de uso, sob as condições específicas de tráfego do sistema de trens urbanos e ambientais, apresenta parâmetros de um CAD, com melhoria significativa de suas propriedades em relação aos 28 dias.

Esta característica refletiu no excelente estado em que se encontram os dormentes, na atualidade, podendo ser feita uma previsão de que os 50 anos de vida útil proposta para estas peças em concreto, no caso particular desses dormentes, pode estar sendo subestimado.◆

Referências Bibliográficas

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Committee 222. Protection of metals in concrete against corrosion. ACI Manual of Concrete Practice. Detroit, 2001. 41p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Estruturas de Concreto- NBR 6118. Rio de Janeiro, 1980.
- HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo, Pini, 1993. 349p.
- RICHARDSON, M.G. Carbonation of reinforced concrete – its causes and management. Dublin, CITIS, 1988. 205p.
- PETERSON, K.; SANDBERG, P. Chloride threshold levels, corrosion rates and service life for cracked high-performance concrete. In Malhotra, V.M. In DURABILITY OF CONCRETE, 4., Sidney, Australia, 1997. Proceedings... Detroit CANMET, 1997. p. 451-78. (SP-170).
- HIGGINSON, E. C. Effect of Steam Curing on the important properties of concrete. Journal of the American Concrete Institute. V.58, n.3, Sept., p.281-98, 1961.
- AKMAN, M. S.; GÜLSEREN, H. The influence of heat treatment on the durability of concrete. In Malhotra, V.M. In: INTERNACIONAL CONFERENCE DURABILITY OF CONCRETE, 3., Nice, France, 1994. Proceedings... Detroit, ACI, 1994. (SP-145).
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Acid-Soluble chloride in Mortar and concrete: ASTM – C1152 – 90, Philadelphia, 1990.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Method of field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner four-Electrode Method: ASTM – C.657 – 84. Philadelphia, 1992.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for electrical indication of Concrete Ability to Resist Chloride Ion Penetration: ASTM – C.1202 – 94, Philadelphia, 1994.
- AİTCİN, P. –C. High Performance Concrete. 1ª ed. Londres, E & FN SPON, 1998.
- DURAR – Durabilidad de la Armadura. Manual de Inspeccion, Evaluacion y Diagnostico de corrosion em Estructuras de Hormigón Armado. 1997. ISBN 980-296-541-3.

Shopping Midway: maior da América Latina em área construída

Inaugurado em 27 de abril de 2005, o Midway Mall ocupa uma área de 240 mil m² com três pavimentos destinados a lojas e serviços diversos (310 lojas; 10 salas de cinema; e 30 lojas de alimentação) e outros seis pavimentos destinados ao estacionamento coberto para 3500 veículos.

Construído todo em pré-moldado – sistema de lajes alveolares, pavimentos protendidos e painéis arquitetônicos

-, foram gastos 40 mil toneladas de cimento, 6,5 toneladas de aço, 4,2 mil caçambas de areia e 5 mil caçambas de brita, totalizando 80 mil m³ de concreto, recorde no consumo de pré-fabricados no Brasil.

Os pré-fabricados foram produzidos na fábrica montada dentro do canteiro de obra, possibilitando uma produção planejada de acordo com o cronograma executivo. Os equipamentos utilizados foram: central de concreto da obra (informatizada, inclusive ajuste de umidade do concreto); pontes rolantes (transporte das peças que são produzidas na área de fabricação de pré-moldados); monitoramento por programa computacional das fundações – estacas de hélice contínua monitorada; caldeira (para a cura

à vapor das peças produzidas); máquinas envolvidas na fabricação das lajes alveolares protendidas (extrusora e moldadora) - 2 pistas autoportantes com 140m cada; guindastes (utilizados na montagem da superestrutura); base dos trilhos das pontes rolantes em pré-moldados para reaproveitamento futuro.

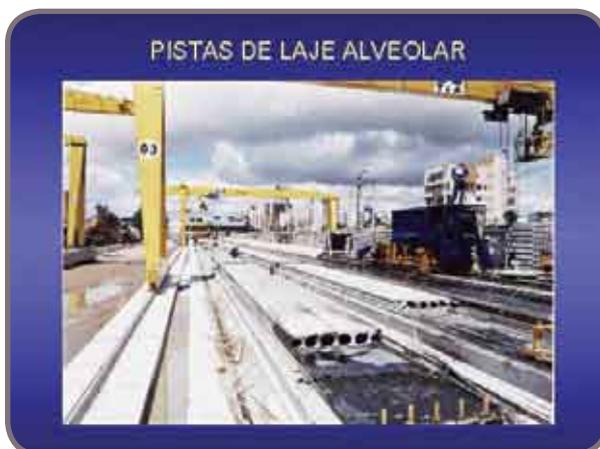
O Shopping fica localizado no mais importante cruzamento da cidade de Natal (CE), entre as avenidas Senador Salgado Filho e Bernardo Vieira.

Construtora: T&A Construção Pré-fabricada Ltda

Arquitetura: Pedro Siqueira

Fundações: Dácio de Carvalho

Pré-Moldados: José Zamarion Diniz



Igreja Príncipe da Paz, combinação de tradição e modernidade

Para servir à crescente comunidade católica em Taylor, Carolina do Sul (EUA), a arquitetura da Igreja Príncipe da Paz deveria perseguir três objetivos: prover esperança e fé para os católicos da comunidade; servir à liturgia; e transformar materiais de construção e luz no reflexo da presença de Deus.

Devido às suas características de qualidade de produção e flexibilidade de formas, a tecnologia escolhida para cumprir as metas arquitetônicas foi a de concreto pré-moldado. Em especial, o painel pré-fabricado foi capaz de combinar a capacidade de carga e a magnificência interior, criando um espaço de inspiração para as cerimônias litúrgicas.

Mais de 250 componentes pré-moldados foram produzidos para o projeto, dentre os quais: painéis; vigas; e spandrels arcados. Esses componentes consumiram 743 m³ de um total de 840 m³ de concreto.

Finalizada em setembro de 2003, a construção de 2320 m² tem capacidade para atender 1200 crentes.

Arquiteto: Craig Gaulden Davil

Projetista: Cary Engineering Consultants

Construtora: Morris Construction Co.

Pré-fabricados: Metromont Prestress Co. ♦



Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON CNPJ 43.367.754/0001-97

(aprovado pelo Conselho Diretor do IBRACON em 02.06.2006. Será submetido à aprovação da Assembléia Geral Ordinária do IBRACON a ser realizada em 25.09.2006 no Rio de Janeiro)

ESTATUTO

CAPÍTULO I

Da Constituição, Denominação, Sede, Foro e Prazo de Duração

Art. 1º - O Instituto Brasileiro do Concreto é uma organização técnico-científica de defesa e valorização da engenharia, de âmbito nacional, de caráter associativo, de duração ilimitada, com personalidade jurídica própria, sem fins lucrativos, regida por este Estatuto, pela Lei 10.406/02 (Código Civil) e pela Legislação aplicável.

§ 1º - O Instituto Brasileiro do Concreto terá como sigla as letras maiúsculas – IBRACON.

§ 2º - O Instituto Brasileiro do Concreto é uma entidade sem finalidade lucrativa e sem distribuição, sob nenhuma forma ou pretexto de lucros, de bonificações ou de quaisquer vantagens econômicas a diretores, conselheiros, colaboradores, associados coletivos, associados mantenedores ou associados individuais.

Art. 2º - O Instituto Brasileiro do Concreto, doravante simplesmente denominado IBRACON, tem sua sede localizada à Rua Julietta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68, CEP 05542-120, Bairro Jardim Olímpia, na Cidade de São Paulo, no Estado de São Paulo; e foro na Capital do Estado de São Paulo.

CAPÍTULO II

Dos Objetivos

Art. 3º - O IBRACON tem o objetivo de proporcionar aos profissionais e intervenientes do setor de concreto e construção civil, nas áreas de materiais, tecnologia, projeto, gestão, controle, arquitetura, estruturas e construções, maiores conhecimentos, por meio de cursos, eventos, publicações, certificações de pessoal, reuniões técnico-científicas, valorização e incentivos às investigações e pesquisas científicas e tecnológicas e sua respectiva divulgação.

Parágrafo único - O IBRACON tem por missão criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de obras de concreto, desenvolvendo o seu mercado, articulando seus agentes e agindo em benefício dos consumidores e da sociedade em harmonia com o meio ambiente.

CAPÍTULO III

Do Quadro Associativo e Da Associação

Art. 4º - O IBRACON será constituído de associados individuais, coletivos, mantenedores e honorários. Serão admitidos, também, como associados individuais os estudantes devidamente matriculados em cursos oficiais de graduação e de pós-graduação.

§ 1º - Para a classe de associados individuais estudantes, o candidato deverá apresentar documento do estabelecimento onde estuda, comprovando ser aluno regularmente matriculado.

§ 2º - Como associados individuais serão admitidos os profissionais ou pessoas físicas que exerçam ou se interessem pelas atividades ligadas aos objetivos do IBRACON.

§ 3º - Como associados coletivos ou mantenedores serão admitidas entidades oficiais, públicas ou privadas; e entidades de classe ou empresas cujas atividades se relacionem com as finalidades e objetivos do IBRACON.

Art. 5º - A Assembléia Geral, mediante proposta do Conselho Diretor, poderá conceder o título de sócio honorário a personalidades nacionais e estrangeiras de reconhecido mérito técnico-científico e que tenham se destacado no campo das atividades do IBRACON.

Parágrafo único - Os sócios honorários ficam liberados do pagamento de qualquer tipo de taxa ou contribuição social.

Art. 6º - A admissão dos associados individuais, coletivos e mantenedores será homologada pela Diretoria, mediante proposta do interessado.

Parágrafo único - É critério único e exclusivo da Diretoria a aceitação ou não de um novo candidato a associado, tendo esta a mais ampla liberdade para recusar a admissão de candidatos, sem a necessidade de justificativa.

Art. 7º - A proposta dos associados individuais consiste no preenchimento completo do formulário de inscrição para tal fim, elaborado pelo IBRACON.

Art. 8º - A proposta dos candidatos a associados coletivos e mantenedores deverá consistir no preenchimento completo do formulário de inscrição, juntamente com as cópias do estatuto ou contrato social/comercial da entidade candidata.

CAPÍTULO IV

Dos Direitos e Deveres dos Associados

Art. 9º - São direitos dos associados individuais:

a) tomar parte, discutir e votar nas Assembléias do IBRACON, nos seus congressos e reuniões; b) ter acesso ou receber as publicações do IBRACON, gratuitamente ou não, a critério da Diretoria;

c) fazer parte dos Comitês Técnicos do IBRACON, a serem regulados por este estatuto e por respectivo regulamento dos Comitês Técnicos, aprovado pelo Conselho Diretor.

Parágrafo único - Os associados individuais estudantes de graduação não têm direito a voto, mas possuem direito a voz.

Art. 10 - São direitos dos associados coletivos:

a) indicar um representante titular no IBRACON, que gozará dos mesmos direitos dos associados individuais;

b) indicar três representantes no IBRACON, que gozarão dos mesmos direitos dos associados individuais, para efeito de participação nos eventos promovidos pelo IBRACON;

c) indicar um representante para participar gratuitamente do Congresso Brasileiro do Concreto ("CBC"), realizado anualmente;

d) receber um exemplar das publicações do IBRACON, editadas a partir da data de sua associação, sem qualquer tipo de ônus.

Parágrafo único - O representante de associado coletivo no IBRACON que se afastar da entidade jurídica a que pertence, deverá ser substituído por novo representante indicado pela direção da própria entidade jurídica do associado coletivo.

Art. 11 - São direitos dos associados mantenedores:

a) indicar um representante titular no IBRACON, que gozará dos mesmos direitos dos associados individuais;

b) indicar cinco representantes no IBRACON, que gozarão dos mesmos direitos dos associados individuais, para efeito de participação nos eventos promovidos pelo IBRACON;

c) indicar um representante para participar gratuitamente do Congresso Brasileiro do Concreto ("CBC"), realizado anualmente;

d) receber dois exemplares das publicações do IBRACON, editadas a partir da data de sua associação, sem qualquer tipo de ônus.

Parágrafo único - O representante titular de associado mantenedor que se afastar da entidade jurídica a que pertence, deverá ser substituído por novo representante indicado pela direção da própria entidade jurídica do associado mantenedor.

Art. 12 - A Diretoria fixará anualmente as contribuições para cada uma das categorias de associados, homologadas posteriormente pelo Conselho Diretor.

Art. 13 - São deveres dos associados:

a) promover a realização da missão e dos objetivos do IBRACON;

b) acatar e prestigiar os atos do IBRACON e as decisões de suas Assembléias;

c) pagar anualmente as contribuições previstas no Art. 12, deste estatuto, nas datas de vencimento estabelecidas pela Diretoria;

d) manter atualizados os seus dados cadastrais junto à Administração do IBRACON.

Art. 14 - Serão eliminados, por proposta da Diretoria e após homologação do Conselho Diretor, os associados que agirem contra os interesses, objetivos, missão e fins do IBRACON.

§ 1º - Os associados que deixarem de pagar as contribuições previstas no Art. 12 deste estatuto, perderão todos seus direitos e serão desligados automaticamente do IBRACON.

§ 2º - Os associados em dia com sua contribuição e que, por outras razões forem desligados do IBRACON, receberão notificação formal com a justificativa de seu desligamento, podendo o associado desligado recorrer da decisão em Assembléia Geral, conforme Artigo 57, da Lei 10.406/02.

Art. 15 - O Conselho Diretor e a Assembléia Geral decidirão, conforme o caso, sobre a imposição de outras penalidades, mais brandas, aos associados individuais, coletivos e mantenedores que agirem contra os interesses, objetivos, missão e fins do IBRACON.

Art. 16 - Os associados do IBRACON não responderão solidária nem subsidiariamente pelas obrigações assumidas pela entidade, nem mesmo quando os mesmos estiverem exercendo cargos voluntários na Diretoria ou no Conselho Diretor.

CAPÍTULO V

Da Administração

Art. 17 - O IBRACON será dirigido por um Conselho Diretor e uma Diretoria, sem remuneração de qualquer espécie.

§ 1º - Os Conselheiros e Diretores devem ser associados do IBRACON por, no mínimo, há 4 (quatro) anos, na data do início de mandato.

§ 2º - O Diretor Presidente deve ser associado individual do IBRACON por, no mínimo, há 10 (dez) anos, na data do início de seu mandato e deve ser do Conselho Diretor do IBRACON.

§ 3º - No caso do candidato a Diretor Presidente ser representante de associado coletivo ou mantenedor, a contagem do tempo, para que sua candidatura produza efeitos, será considerada a partir do momento em que o mesmo foi indicado formalmente como representante daquele sócio coletivo ou mantenedor junto ao IBRACON. Na sua inscrição como candidato a Presidente este deve associar-se como sócio individual do IBRACON.

Art. 18 - O Conselho Diretor será constituído pelos ex-Diretores Presidentes do IBRACON, que continuarem associados, e por 20 (vinte) associados, eleitos através de votação secreta e direta dos associados, por correio, através de cédula inviolada ou presencialmente em Assembleia Geral Ordinária, dentre os associados individuais, coletivos e mantenedores. Em número de 10 (dez) para a categoria de associados titulares individuais; e, 10 (dez) para a categoria de associados coletivos e mantenedores, somados.

Parágrafo Único - Além dos 20 (vinte) membros titulares eleitos para o Conselho Diretor, serão nomeados 16 (dezesseis) suplentes; sendo 10 (dez) associados individuais e 6 (seis) associados coletivos ou mantenedores, na seqüência de classificação na votação, objeto do Art. 18 deste estatuto.

Art. 19 - Os associados do Conselho Diretor terão o mandato de dois anos, eleitos conforme o Artigo 18 deste estatuto.

§ 1º - A eleição será realizada durante a Assembleia Geral Ordinária, conforme previsto no Artigo 43 deste Estatuto e no regulamento "Eleição do Conselho Diretor", aprovado pelo Conselho Diretor do IBRACON.

§ 2º - Terão direito a voto os associados quites com a Tesouraria do IBRACON e admitidos há 6 (seis) meses antes da data da eleição.

§ 3º - Os votos poderão ser dados por correspondência, por meio de cédulas enviadas juntamente com a circular de convocação da respectiva Assembleia Geral Ordinária, contendo um envelope específico que garanta o sigilo do voto.

§ 4º - O mandato dos Diretores e Conselheiros prosseguirá até a posse dos novos associados membros do Conselho Diretor.

Art. 20 - A Diretoria do IBRACON será composta por 15 membros:

1. Um Diretor Presidente;
2. Um Diretor 1º Vice-Presidente;
3. Um Diretor 2º Vice-Presidente;
4. Um Diretor 1º Secretário;
5. Um Diretor 2º Secretário;
6. Um Diretor 1º Tesoureiro;
7. Um Diretor 2º Tesoureiro;
8. Um Diretor Técnico;
9. Um Diretor de Relações Institucionais;
10. Um Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento;
11. Um Diretor de Publicações;
12. Um Diretor de Eventos;
13. Um Diretor de Cursos;
14. Um Diretor de Certificação de Pessoal; e,
15. Um Diretor de Marketing.

§ 1º - Os ocupantes dos cargos de Diretor Presidente, Diretor 1º Vice-Presidente, Diretor 1º Secretário e Diretor 1º Tesoureiro deverão pertencer ao Conselho Diretor e os demais Diretores poderão ser escolhidos dentre os associados individuais do IBRACON com, pelo menos, 4 (quatro) anos ou mais de associação ao IBRACON.

§ 2º - O representante de associado coletivo ou mantenedor no Conselho que, depois de eleito para a Diretoria, afastar-se da entidade jurídica a que pertence, não poderá ocupar um dos cargos indicados no § 1º.

§ 3º - O Diretor Presidente de mandato recém terminado será membro nato da Diretoria na gestão seguinte, ocupando o cargo de Diretor 1º Vice-Presidente.

§ 4º - Os suplentes de associados individuais ocuparão assento no Conselho Diretor, na ordem de sua classificação, quando um membro eleito para o Conselho, na categoria de associado individual for designado para ocupar um cargo na Diretoria ou por impedimento ou vacância de qualquer um dos membros do Conselho.

§ 5º - Os suplentes de associados coletivos ou mantenedores ocuparão assento no Conselho Diretor, na ordem de sua classificação, quando houver afastamento ou desligamento do Conselho por parte de associado coletivo ou mantenedor.

§ 6º - No caso de serem chamados todos os suplentes dos associados individuais e ainda restarem vagas a serem preenchidas no Conselho Diretor, deverão ser convocados os suplentes dos associados coletivos e mantenedores, na seqüência de classificação de votação, para tomarem posse como membros do Conselho Diretor do IBRACON.

Art. 21 - A eleição do Diretor Presidente deverá feita por voto secreto em eleição direta.

§ 1º - Terão direito a voto apenas os membros do Conselho Diretor.

§ 2º - O voto poderá ser dado por procuração formal assinada e passada a outro Diretor Conselheiro.

§ 3º - Vence o candidato mais votado por maioria simples.

§ 4º - É facultada a reeleição do Diretor Presidente por apenas mais um mandato consecutivo ou

quantos mandatos forem desejados, mediante devida eleição, desde que intercalado com o mandato de outros Diretores Presidente.

Art. 22 - Cabe ao Diretor Presidente eleito, indicar os membros de sua Diretoria a serem homologados pelo Conselho Diretor. O mandato da Diretoria será de dois anos ou até a posse da nova Diretoria.

Parágrafo Único - É facultado ao Diretor Presidente convidar assessores associados do IBRACON para compor a sua Diretoria que passam a ter voz mas não voto.

Art. 23 - A Diretoria, com aprovação prévia do Conselho Diretor, poderá contratar um Secretário Administrativo, um Secretário Executivo, bem como os demais componentes do corpo funcional, para manter a continuidade das atividades técnico-administrativas do IBRACON.

Parágrafo Único - As remunerações salariais do Secretário Administrativo e do Secretário Executivo, serão propostas pela Diretoria e sua efetivação ocorrerá somente após a aprovação do Conselho Diretor.

Art. 24 - A fim de atuar como Organismo de Certificação de Pessoal, o IBRACON abrigará um Conselho de Certificação e um "Núcleo de Certificação". Estes órgãos atuarão de acordo com um regulamento de Certificação de Pessoal, previamente aprovado pelo Conselho Diretor do IBRACON.

CAPÍTULO VI

Do Conselho Diretor

Art. 25 - Compete ao Conselho Diretor:

- a) eleger o Diretor Presidente do IBRACON;
- b) homologar a Diretoria proposta pelo Diretor Presidente;
- c) aprovar o programa anual de atividades apresentado pelo Diretor 1º Secretário;
- d) propor à Assembleia Geral Ordinária ou Extraordinária a admissão de sócios honorários;
- e) aprovar o balanço anual apresentado pelo Diretor 1º Tesoureiro, a ser submetido à Assembleia Geral Ordinária;
- f) deliberar sobre matéria referente à missão, aos objetivos e à administração do IBRACON;
- g) deliberar sobre modificações nos Regulamentos do IBRACON, bem como avaliar a aprovar aqueles que forem propostos.

Art. 26 - O Conselho Diretor se reunirá, pelo menos, duas vezes por ano, com um mínimo de dois terços dos seus componentes e suas resoluções serão aprovadas por maioria simples dos presentes. Os membros do Conselho Diretor que se ausentarem sem justificativa formal ao Conselho Diretor por mais de duas reuniões consecutivas serão automaticamente desligados e substituídos respeitando o Parágrafo Único, do Artigo 18, deste Estatuto.

§ 1º - Em todas as votações do Conselho, cada Conselheiro terá direito a um único voto, qualquer que seja a sua categoria de associado do IBRACON.

§ 2º - A Diretoria do IBRACON participará das Reuniões do Conselho Diretor, com direito a voto de cada representante ou procurador presente, cabendo ainda, ao Diretor Presidente, o voto de desempate.

§ 3º - Os Conselheiros e Diretores poderão fazer-se representar nessas reuniões do IBRACON por procuração assinada e passada a outro Conselheiro ou Diretor respectivamente.

§ 4º - Os Diretores das Regionais poderão participar das Reuniões do Conselho Diretor, com direito a voz, porém sem direito a voto.

§ 5º - O Secretário Administrativo e o Secretário Executivo poderão participar, por convocação da Diretoria ou do Conselho Diretor, das reuniões de Diretoria ou do Conselho Diretor para prestar as informações que se fizerem necessárias, mas não terão direito a voto.

CAPÍTULO VII

Da Diretoria

Art. 27 - Compete ao Diretor Presidente:

- a) representar o IBRACON, em juízo ou fora dele, ativa ou passivamente;
- b) convocar e presidir as Assembleias, bem como as reuniões do Conselho Diretor e da Diretoria;
- c) administrar o IBRACON, juntamente com a Diretoria e com o concurso do Conselho Diretor incluindo a delegação de poderes;
- d) deliberar sobre a organização e promoção das atividades das Regionais e dos Comitês Técnicos;
- e) orientar e fiscalizar as atividades do Secretário Administrativo e do Secretário Executivo;
- f) coordenar a elaboração do programa anual das atividades do IBRACON juntamente com o Diretor 1º Secretário;
- g) nomear os Diretores das Regionais e os Presidentes dos Comitês Técnicos do IBRACON;
- h) deliberar sobre as publicações do IBRACON;
- i) promover a defesa e a valorização da engenharia e dos interesses nacionais;
- j) promover a inserção internacional do IBRACON;
- k) indicar, mediante aprovação do Conselho Diretor, substitutos definitivos aos Diretores que, em caso de vacância forem automaticamente destituídos de seus cargos.

Parágrafo Único - Entende-se por vacância dos Diretores a ausência definitiva ou prolongada, caracterizada por morte, enfermidade, impedimento legal, afastamento por pedido próprio, ou ainda por ausência em três reuniões de Diretoria consecutivas, sem justificativa aprovada pelo Conselho Diretor.

Art. 28 - Compete ao Diretor 1º Vice-Presidente substituir o Diretor Presidente em suas faltas e impedimentos e, em caso de vacância da Presidência, até nova eleição para esse cargo.

Parágrafo Único - A substituição do Presidente pelo Diretor 1º Vice-Presidente, em caso de vacância da Presidência, assegurará ao Diretor 1º Vice-Presidente o direito de integrar o Conselho Diretor, na condição de ex-presidente.

Art. 29 - Compete ao Diretor 2º Vice-Presidente:

- a) substituir o Diretor 1º Vice-Presidente em suas faltas e impedimentos e, em caso de vacância, até nova eleição para esse cargo;
- b) colaborar com o Diretor Presidente, desenvolvendo as atividades por ele solicitadas.

Art. 30 - Compete ao Diretor 1º Secretário exercer todas as atribuições que, por consenso, são inerentes

ao cargo na atividade associativa, dentre as quais:

- a) preparar a correspondência de expediente do IBRACON;
- b) lavar e ler as atas das Reuniões de Diretoria, do Conselho Diretor e das Assembléias;
- c) secretariar as reuniões da Assembléia Geral e da Diretoria, nos termos deste Estatuto;
- d) coordenar e dirigir os trabalhos da secretaria;
- e) assistir ao Presidente e ao 1º Vice-Presidente;
- f) fazer e publicar os editais e expedir as cartas ou circulares de convocação;
- g) supervisionar os arquivos da secretaria, os registros do corpo associativo e seus respectivos endereços mantidos sempre em ordem, atualizados e prontos a quaisquer usos;
- h) preparar o plano anual de atividades com o concurso do Diretor Presidente e demais membros da Diretoria;
- i) manter em dia o calendário de eventos previstos neste Estatuto, alertando os demais membros da Diretoria para o seu fiel cumprimento.

Art. 31 - Compete ao Diretor 2º Secretário:

- a) colaborar com o Diretor 1º Secretário no exercício de suas atribuições;
- b) substituir o Diretor 1º Secretário na sua ausência.

Art. 32 - Compete ao Diretor 1º Tesoureiro:

- a) viabilizar a arrecadação das rendas do IBRACON, bem como dirigir o setor financeiro do IBRACON, fiscalizando os serviços de Contabilidade e Tesouraria, recebendo anuidades, taxas e demais contribuições para a receita do IBRACON;
- b) colaborar com os demais membros da Diretoria na aplicação dos fundos sociais;
- c) apresentar o balanço anual ao Conselho Diretor;
- d) assinar, juntamente com o Diretor Presidente ou com outro diretor, os cheques e documentos contábeis, bem como efetuar pagamentos devidos e recebimentos autorizados;
- e) ter sob sua guarda e responsabilidade os valores do IBRACON;
- f) gerir os recursos financeiros do IBRACON, acompanhando as despesas, racionalizando os gastos e tomando medidas corretivas, quando necessário;
- g) supervisionar a arrecadação da receita e depositá-la em contas bancárias em nome do IBRACON, nos bancos escolhidos pela Diretoria e Conselho Diretor;
- h) elaborar e apresentar à Diretoria e ao Conselho Diretor a proposta de orçamento para o exercício seguinte;
- i) fornecer ao Diretor Presidente as informações contábeis sempre que solicitado;
- j) acompanhar os serviços contábeis de empresa de auditoria que vier a ser contratada pelo IBRACON.

Art. 33 - Compete ao Diretor 2º Tesoureiro:

- a) colaborar com o Diretor 1º Tesoureiro, no exercício de suas atribuições;
- b) substituir o Diretor 1º Tesoureiro na sua ausência.

Art. 34 - Compete ao Diretor Técnico:

- a) coordenar e avaliar a atuação dos Comitês Técnicos do IBRACON;
- b) incentivar a instalação de novos Comitês e a participação efetiva de seus membros;
- c) diligenciar e promover os concursos técnicos do IBRACON destinados a estudantes de graduação de arquitetura e de engenharia;
- d) promover o estudo de qualquer assunto de relevo relacionado aos objetivos do IBRACON;
- e) promover, através dos Comitês Técnicos ou comissões especiais, o estudo de problemas levantados por entidades públicas ou de interesse público, principalmente aqueles que visem a melhor relação com o meio ambiente e desenvolvimento de tecnologias que promovam o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida;
- f) promover a normalização de materiais, produtos, sistemas, processos e serviços no setor de concreto e construção civil no País.

Art. 35 - Compete ao Diretor de Relações Institucionais:

- a) fornecer apoio aos Diretores Regionais;
- b) promover entendimentos institucionais do IBRACON com órgãos afins, entidades parceiras, empresas e associados, no Brasil;
- c) manter, coordenar e promover a inserção internacional do IBRACON;
- d) cobrar relatórios anuais dos Diretores Regionais;
- e) transmitir às Regionais as orientações e as diretrizes do Diretor Presidente do IBRACON;
- f) manter o Diretor Presidente do IBRACON informado das atividades das Regionais;
- g) coletar e preparar material relativo às atividades das Regionais para ser veiculado nos veículos de divulgação do IBRACON.

Art. 36 - Compete ao Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento:

- a) diligenciar de modo a manter a Diretoria do IBRACON a par de novas tecnologias e do seu estado da arte no país e no exterior;
- b) promover entendimentos relativos à pesquisa e desenvolvimento, com outros órgãos afins;
- c) receber e trocar informações que estejam relacionadas com os objetivos e finalidades do IBRACON;
- d) incentivar e promover pesquisas que visem o desenvolvimento do concreto;
- e) coordenar o "Concurso de Teses & Dissertações do IBRACON" destinado a sócios individuais estudantes de pós-graduação;
- f) coordenar o banco de dados do IBRACON denominado "Concreto Brasil" sobre pesquisas e ensino de pós-graduação no país;
- g) promover a inserção internacional do IBRACON junto a entidades de pesquisa e desenvolvimento da construção civil.

Art. 37 - Compete ao Diretor de Publicações:

- a) viabilizar a edição impressa da revista técnico-científica "Concreto & Construções";
- b) coordenar a edição eletrônica das revistas científicas "Materiais/Materials" e "Estruturas/Structures" do IBRACON;

- c) coordenar e viabilizar outras publicações técnico-científicas que venham ser realizadas;
- d) elaborar o catálogo bial de publicações do IBRACON;
- e) orientar a edição e publicação dos Anais dos Congressos Brasileiros do Concreto - CBCs;
- f) organizar e divulgar o acervo de publicações do IBRACON;
- g) elaborar um relatório anual de venda e divulgação de publicações do IBRACON.

Art. 38 - Compete ao Diretor de Eventos:

- a) planejar, coordenar e supervisionar os eventos promovidos pelo IBRACON, responsabilizando-se pela contratação de pessoal e serviços, bem como a compra e confecção de material de apoio;
- b) elaborar e apresentar ao 1º Tesoureiro as prestações de conta dos eventos promovidos.

Art. 39 - Compete ao Diretor de Cursos:

- a) levantar as necessidades dos associados e da comunidade técnica em termos de cursos;
- b) planejar, orçar e organizar os cursos a serem promovidos pelo IBRACON;
- c) elaborar e apresentar ao 1º Tesoureiro anualmente as prestações de contas dos cursos promovidos;
- d) divulgar a programação das atividades;
- e) gerenciar e promover a imagem e conteúdo do Programa de Educação Continuada MasterPEC do IBRACON, aprovando seu regulamento junto à Diretoria e ao Conselho Diretor.

Art. 40 - Compete ao Diretor de Certificação de Pessoal:

- a) elaborar o Planejamento Estratégico do Organismo de Certificação de Pessoal do IBRACON;
- b) desenvolver e manter operacional o Organismo de Certificação de Pessoal IBRACON;
- c) apresentar anualmente ao Conselho Diretor do IBRACON o balanço financeiro e de atividades do Organismo de Certificação de Pessoal IBRACON.

Art. 41 - Compete ao Diretor de Marketing:

- a) estabelecer a política geral de divulgação do IBRACON junto a entidades públicas e privadas;
- b) manter o site do IBRACON sempre atualizado em relação aos calendários de eventos, cursos e notícias pertinentes, bem como formulários de inscrição de associados, atas de reuniões e estatuto;
- c) identificar e propor ações para a captação de possíveis patrocinadores e apoiadores para os eventos realizados pelo IBRACON;
- d) estabelecer política de ampliação do quadro associativo;
- e) estreitar o relacionamento com os associados, analisando reivindicações e sugestões dos mesmos;
- f) divulgar a realização de reuniões técnicas, congressos, seminários, cursos, conferências, palestras, na sede do IBRACON, nas Regionais, ou outros locais com o objetivo de difundir o aprimoramento técnico-científico do associado e fomentar o intercâmbio de conhecimentos;
- g) apresentar anualmente ao Conselho Diretor, um balanço anual das atividades e progressos conseguidos.

Art. 42 - As reuniões da Diretoria devem ser mensais e estabelecidas anualmente num calendário prévio, cabendo única e exclusivamente à Diretoria a alteração da periodicidade das reuniões.

§ 1º - Nenhum membro da Diretoria pode ausentar-se de três reuniões consecutivas sem justificativa aprovada pelo Conselho Diretor, sob pena de ser automaticamente desligado e substituído por novo sócio Diretor indicado pelo Diretor Presidente, mediante aprovação do Conselho Diretor.

§ 2º - Os Diretores poderão fazer-se representar nas reuniões do IBRACON por procuração formal assinada e passada a outro Diretor.

CAPÍTULO VIII

Das Assembléias Gerais

Art. 43 - A Assembléia Geral Ordinária do IBRACON será realizada uma vez por ano, destinando-se a propiciar aos associados a participação e apreciação das atividades técnico-científicas e administrativa do IBRACON, bem como decidir sobre assuntos que lhe são privativos.

§ 1º - A Assembléia Geral Ordinária realizar-se-á em data e local previamente fixados pela Diretoria.

§ 2º - A Assembléia Geral Ordinária será convocada pelo Diretor Presidente com antecedência de 30 (trinta) dias, no mínimo, da data de sua realização, mediante publicação prévia de edital.

Art. 44 - Além dos assuntos que poderão ser tratados na Assembléia Geral Ordinária com o objetivo de promover o desenvolvimento do IBRACON, a ela caberá deliberar e decidir sobre:

- a) outorga do título de sócio honorário, por proposta do Conselho Diretor;
- b) eleições dos membros do Conselho Diretor, conforme Artigos 17, 18 e 19, deste Estatuto;
- c) alteração do Estatuto;
- d) aprovar o balanço anual.

Parágrafo Único - O Estatuto só poderá ser alterado em Assembléia Geral Ordinária ou Extraordinária convocada especialmente para esse fim, podendo deliberar em primeira convocação com ao menos um terço dos associados e, em segunda convocação, com qualquer número de associados presentes, considerando-se aprovadas as alterações que contarem com o voto favorável de mais da metade (maioria simples) dos associados presentes, conforme Artigo 59, da Lei 10.406/02, alterado pela Lei 11.127/05. O Artigo 3º deste Estatuto, no entanto, só poderá ser alterado por deliberação de dois terços dos associados presentes na Assembléia.

Art. 45 - A segunda convocação da Assembléia Geral Ordinária ou Extraordinária se processará em, pelo menos, meia hora após a convocação da primeira e será realizada com o número de associados ali presentes.

Art. 46 - Convocadas pelo Diretor Presidente, por iniciativa própria ou a pedido de um quinto dos associados, poderão realizar-se Assembléias Gerais Extraordinárias para decidir sobre assuntos de interesse do IBRACON.

§ 1º - As Assembléias Gerais Extraordinárias serão convocadas pelo Diretor Presidente, mediante comunicação a todos os associados do IBRACON, com a declaração do local e assunto a ser tratado,

com antecedência de, no mínimo, trinta dias da data de sua realização.

§ 2º - As Assembleias Gerais Extraordinárias poderão deliberar da mesma forma estatuída para a Assembleia Geral Ordinária, prevista nos Artigos 43, 44 e 45 deste Estatuto.

CAPÍTULO IX

Dos Comitês Técnicos

Art. 47 - O IBRACON manterá os Comitês Técnicos que forem julgados de interesse pela Diretoria.

Art. 48 - Cada Comitê Técnico ("CT"), será dirigido por um Presidente de CT nomeado pelo Diretor Presidente, dentre os associados do IBRACON que sejam associados, há pelo menos 3 (três), anos na data de início, com a aprovação da Diretoria.

§ 1º - Os mandatos do Presidente de CT e dos membros dos Comitês Técnicos terminam com o mandato do Diretor Presidente, podendo ser reconduzidos, consecutivamente, apenas uma vez e quantas vezes for desejado de forma intercalada com o mandato de outros.

§ 2º - Poderão ser membros dos Comitês Técnicos profissionais indicados pelo Presidente do respectivo CT, ou aqueles que apresentarem, por escrito, sua intenção de participação, seguindo a prerrogativa de que todos os membros dos Comitês Técnicos devem ser sócios do IBRACON.

Art. 49 - Os Comitês Técnicos poderão funcionar na sede do IBRACON, ou em outro local, conforme a conveniência e interesse de seus membros e dos assuntos a serem estudados, a juízo do Presidente do CT. Parágrafo Único - As conclusões dos estudos ou os pareceres emitidos pelos membros de qualquer um dos Comitês Técnicos, somente representarão a opinião do IBRACON se tiverem a aprovação da Diretoria.

Art. 50 - As atividades dos Comitês Técnicos devem se pautar por este Estatuto e por seu regulamento dos Comitês Técnicos, aprovado pelo Conselho Diretor do IBRACON.

CAPÍTULO X

Das Regionais

Art. 51 - As Regionais, de que tratam as alíneas "d" e "g", do Artigo 27, instaladas em cidades e regiões expressivas do País terão, em âmbito regional, os mesmos objetivos e missão do IBRACON.

Art. 52 - As Regionais serão dirigidas por um Diretor da Regional.

§ 1º - O Diretor Presidente do IBRACON designará, para cada Regional, o respectivo Diretor da Regional, cabendo a este a escolha dos demais colaboradores regionais.

§ 2º - O mandato do Diretor Regional termina com o mandato do Diretor Presidente, podendo ser reconduzido, no máximo, uma vez mais consecutivamente ou quantos forem desejadas, desde que intercalado com o mandato de outros.

Art. 53 - Compete às Regionais:

- colaborar para o aumento do número de associados do IBRACON;
- promover atividades técnico-científicas que visem o estreitamento da comunicação entre os associados,

tais como reuniões, palestras, conferências, cursos e outros eventos;

c) divulgar as próprias atividades, nas suas áreas de atuação e no âmbito nacional.

Art. 54 - As atividades das Regionais serão apoiadas e gerenciadas pelo Diretor de Relações Institucionais do IBRACON, conforme Artigo 35 do presente e por regulamento das Regionais aprovado pelo Conselho Diretor.

CAPÍTULO XI

Do Patrimônio Social e Fontes de Recursos

Art. 55 - O Patrimônio do IBRACON e sua Receita serão compostos pelas contribuições sociais, definidas conforme Artigo 12 deste Estatuto; pelas doações, auxílios e subvenções, pelos móveis ou imóveis, pelas rendas e juros dos depósitos bancários e aplicações financeiras, pelo saldo de exercícios financeiros anteriores transferidos para a conta patrimonial, por valores advindos de suas atividades de consultoria e de promoção de eventos, entre os quais, e sem a eles se limitar no âmbito dos objetivos do IBRACON, simpósios, seminários, cursos, congressos e certificações; bem como por aqueles oriundos de patrocínio e apoio de agências de fomento às atividades definidas no Artigo 3º deste Estatuto.

CAPÍTULO XII

Da Dissolução

Art. 56 - O IBRACON poderá ser dissolvido em qualquer tempo, por deliberação de, no mínimo, 2/3 (dois terços) dos seus associados em Assembleia Geral Extraordinária convocada especialmente para esse fim.

§ 1º - Em caso de dissolução, a Assembleia que sobre ela deliberar designará, pelo voto da maioria dos associados presentes, entidade congênere, sem fins lucrativos, à qual reverterá o patrimônio social do IBRACON.

§ 2º - Não existindo no Município, no Estado, no Distrito Federal ou no Território, instituição nas condições indicadas neste artigo, o que remanescer do patrimônio do IBRACON será encaminhado à Fazenda do Estado, do Distrito Federal ou da União.

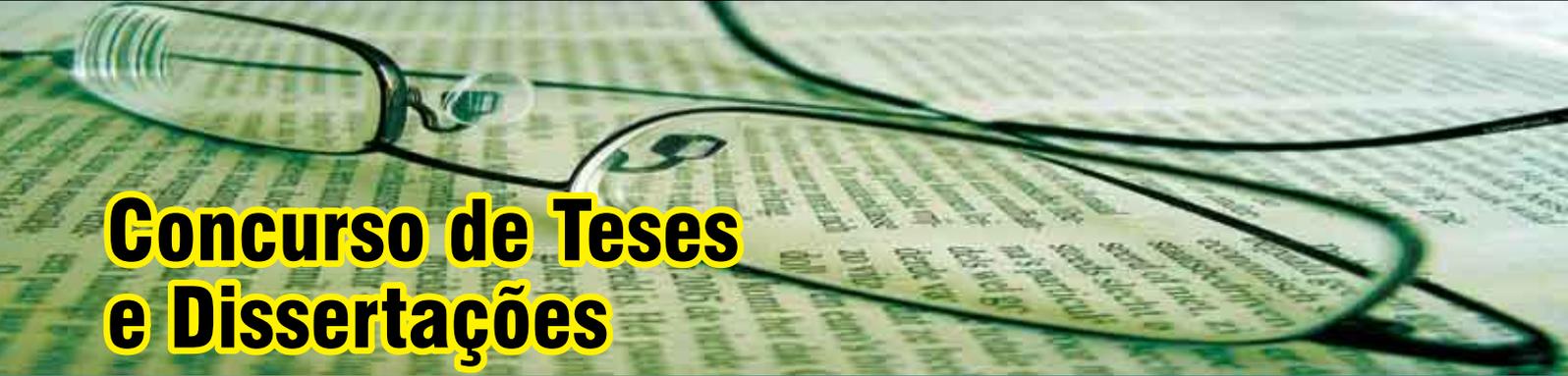
CAPÍTULO XIII

Das Disposições Transitórias

Art. 57 - Serão considerados associados fundadores todos aqueles que assinaram a Ata da Reunião de Fundação do IBRACON, ocorrida em 23 de junho de 1972.

Art. 58 - Além deste Estatuto, fazem parte integrante da legislação do IBRACON o Regulamento de Eleição do Conselho Diretor, o Regulamento das Regionais, o Regulamento de Certificação de Pessoal e o Regulamento dos Comitês Técnicos, aprovados pelo Conselho Diretor.

Art. 59 - O presente Estatuto entra em vigor a partir da data da sua aprovação em Assembleia Geral.



Concurso de Teses e Dissertações

Com o objetivo de valorizar ainda mais as atividades dos pós-graduandos que tenham eleito o concreto como tema principal de suas pesquisas, o **IBRACON** criou e implantou o **Concurso de Teses & Dissertações**, iniciando a premiação neste ano de 2006, durante o **48º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC 2006**, a realizar-se de 22 a 27 de Setembro de 2006, no Rio de Janeiro – Riocentro.

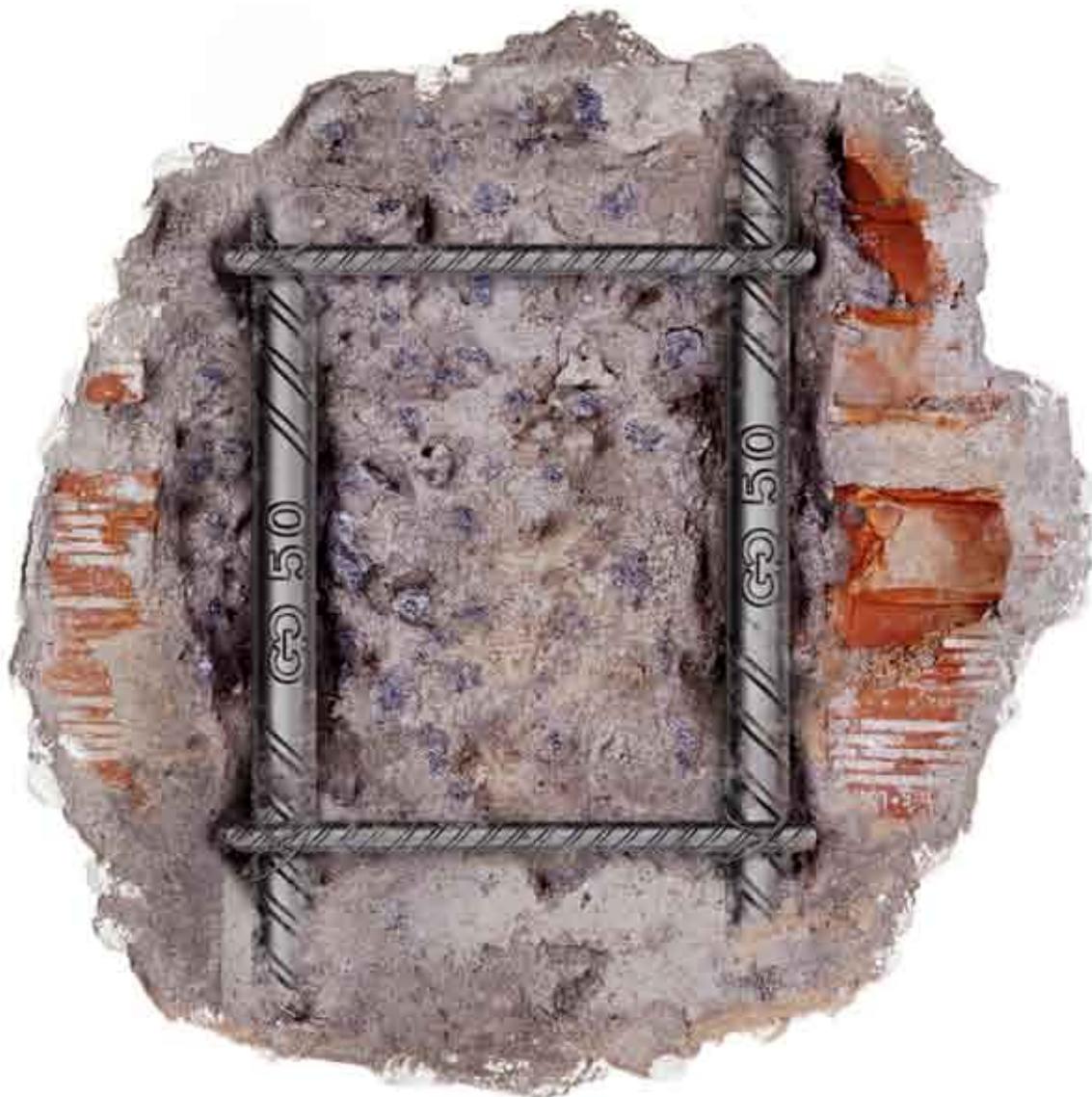
O **IBRACON** concede prêmios para as teses e dissertações nas áreas de **MATERIAIS** e de **ESTRUTURAS**.

Os prêmios para as dissertações e para as teses serão intercalados a cada ano, conforme estabelecido no regulamento do concurso, disponível no site do **IBRACON** (www.ibracon.org.br). Os candidatos deverão ser associados ao **IBRACON** e como primeiro passo deverão inscrever sua tese ou dissertação no banco de dados do **IBRACON**, gratuitamente.

O julgamento será feito por comissões indicadas pela Diretoria do **IBRACON**. Essas comissões serão formadas por representantes dos diversos segmentos do setor, a saber: pesquisa; desenvolvimento; produção; comercialização; mercado; controle; ensino; uso; manutenção; projeto; materiais; etc.

Espera-se promover uma maior integração entre as necessidades da prática de engenharia e as pesquisas acadêmicas desenvolvidas no país.

Maiores informações podem ser obtidas com o Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento do **IBRACON**, Prof. Túlio Bittencourt, responsável pelo concurso.



Abrimos um novo ângulo para valorizar o seu trabalho.

Mostrar o quanto é importante o que está por dentro das melhores obras é valorizar o seu trabalho. Somado ao seu projeto, o vergalhão GG 50 da Gerdau vai construir excelentes obras com você.



**VERGALHÃO
GG 50 DA GERDAU**
Por dentro das melhores obras



gc-sp@gerdau.com.br
Tel.: |11| 3874-4333
www.gerdau.com.br



Imagine como seria
a vida sem cimento.

Shutterstock

Imagine o mundo sem luz elétrica. Imagine a vida sem os avanços tecnológicos. Imagine a sua obra sem cimentos de qualidade e a sua empresa sem você. Como você pode ver, elas não iriam durar muito.





Esta foto é para quem acha que os nossos produtos estão presentes apenas em pequenas obras.



Com uma linha de mais de 120 produtos, a Vedacit/Otto Baumgart está presente há 70 anos também nas maiores obras do Brasil, como a Rodovia dos Imigrantes, a Ponte do Rio Guamá e o Rodoanel. Estamos em constante atualização e empenhados em oferecer soluções para os mais diversos tipos de obra.

Foto: Hidrelétrica de Tucuruí.

