



CONCRETO

& Construções



IBRACON

Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XXXIV | Nº 45
Jan. • Fev. • Mar. | 2007
ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br

TECNOLOGIA



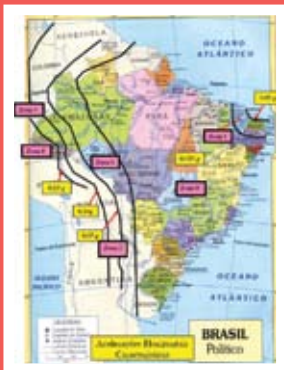
Edifício da Empresa
Municipal de
Transportes

CONCRETO PROTENDIDO



Protensão aderente
e não-aderente

NORMAS TÉCNICAS



NBR 15421:
resistência a sismos

PAVIMENTOS: AS BOAS PRÁTICAS DA ENGENHARIA NACIONAL E INTERNACIONAL



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

ADITIVOS

Durolit
desde 1929

GRACE
Construction Products

DENVER
IMPEDIMENTABILIZANTES

MELBAR

BASF
The Chemical Company

VEDACIT
OTTO BAUMGART / VEDACIT

MC
MC-Bauchemie
Innovation in building chemicals

Sika

CHRYSO

LIQUOSULFONATO

PIAPOL
preparações para
Betonos resaca e proteger sua obra.

REABILITAÇÃO

RR COMPACTA
Engenharia Restauração Recuperação

ADIÇÕES

Elkem Materials South America

Metacaulim
de Brasil

Tecnosil

JUNTAS

JEONE

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

UPE
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

UFSC

UNIP

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PUC
CAMPINAS
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

norie
núcleo orientado para a inovação da edificação

PCC
Escola Politécnica - USP

PEF
Escola Politécnica - USP

ARMADURA

VULKAN
DIVISÃO HAREX

MACCAFERRI
AMÉRICA LATINA

GERDAU
AÇO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

BELGO
Grupo Arcelor

ESCRITÓRIOS DE PROJETOS

Pasqua & Graziano associados

THEMAG
ENGENHARIA

TQS

PhD ESIGN
Consulting
Consulting Construction and Rehabilitation

FRANÇA & ASSOCIADOS
ENGENHARIA - S.S. LTDA

JKMF

P
P&P

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



I.a.falcão bauer



EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.

CONSTRUTORAS



FÔRMAS



CIMENTO



Votorantim Cimentos

AGREGADOS



CONCRETO ENGEMIX



GOVERNO



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

Diretor Presidente
Paulo Helene

Diretor 1º Vice-Presidente
Cláudio Sbrighi Neto

Diretor 2º Vice-Presidente
Eduardo Antonio Serrano

Diretor 3º Vice-Presidente
Mário William Esper

Diretor 1º Secretário
Antônio Domingues de Figueiredo

Diretor 2º Secretário
Sônia Regina Freitas

Diretor 1º Tesoureiro
Luiz Prado Veira Jr.

Diretor 2º Tesoureiro
Flávio Teixeira de Azevedo Filho

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 Bautlouini Neto
Martin Eugênio Sola
Ruy Ohtake

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

ISSN 1809-7197
Tiragem desta edição 5.000 exemplares
Publicação Trimestral
Distribuída gratuitamente aos associados

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

EDITOR
Fábio Luís 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: Ipsis 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 2007 IBRACON. Todos os direitos de reprodução
reservados. Esta revista e suas partes não podem ser
reproduzidas nem copiadas, em nenhuma forma de
impressão mecânica, eletrônica, ou qualquer outra, sem o
consentimento por escrito dos autores e editores.

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



SUMÁRIO

Pavimentos de concreto

Projeto, execução e
controle de qualidade

15



Entidades Parceiras

UNC propõe
medidas para o
crescimento do país

88



E MAIS...

- 5 Editorial
- 6 Converse com IBRACON
- 12 Debate O Momento Atual da Engenharia Brasileira
- 15 Personalidade Entrevistada. Lev Khazanovich
- 20 Acontece nas Regionais
- 24 Pisos industriais
- 32 Mantenedor
- 33 Concreto Protendido
- 37 Pavimento rodovia dos Imigrantes
- 48 Ensino de Engenharia
- 50 Edifício da EMT
- 59 NBR 15421
- 60 Informe CT
- 61 Tubulões de concreto
- 64 Mercado Nacional
- 66 Temperatura e placas de concreto
- 77 Entidades Parceiras
- 79 Artigo Científico
- 88 Recordes



Créditos Capa:
Trecho da Rodovia
dos Bandeirantes
www.autoban.com.br

IBRACON e a Política

O final do ano de 2006 e este início de 2007 foi bastante tumultuado com os colapsos de barragem, marquise e túnel do Metrô SP. Passadas a frustração e a tristeza natural de cidadão e engenheiro, vem a convicção de que é preciso refletir sobre a formação do engenheiro, o exercício profissional e o ambiente onde está inserida a Engenharia Civil brasileira.

Cabe perguntar-se se poderiam esses aspectos juntos estarem pressionando, mais que o razoável, a Engenharia para uma região nebulosa de atuação profissional indigna que não consegue mais discernir entre ética e convivência, entre responsabilidade e negligência, entre segurança e omissão, entre competência e força política, ou mesmo entre qualidade e lucro?

Curioso e sintomático estar a Engenharia brasileira vivendo esses dissabores ao mesmo tempo que 2006 encerra-se como o melhor dos últimos dez anos para o setor. Há uma clara euforia com os resultados obtidos em 2006, que só não deixará saudades porque 2007 promete ser ainda melhor. Não há dúvida que o momento é ímpar e altamente motivador para o desenvolvimento do concreto e da construção civil. Já faz um tempo que andamos de cabeça erguida, cientes e orgulhosos de nossa profissão, da contribuição à humanidade e à sua história de grandeza e pujança. Agora é ora de colher frutos, porém sem jamais descuidar do amanhã.

Cabe então se perguntar: — A Engenharia está bem preparada para responder à demanda do país que finalmente desperta para a necessidade de grandes investimentos na infra-estrutura, habitação e saneamento? — O ambiente onde a Engenharia atua está, de fato, privilegiando o correto exercício profissional e mobilizando os profissionais competentes na hora certa? — O Governo, maior investidor do país no setor, tem tomado as medidas corretas para a contratação e fiscalização das obras com foco na segurança, durabilidade, qualidade e economia real (que considere o total do ciclo de vida de uma obra de engenharia)?

Cada um de nós tem uma boa resposta para essas perguntas e sabe que há espaço para melhorar muitos procedimentos e práticas atuais, quem sabe até leis, como a inadequada 8.666, em prol de uma maior valorização da atuação profissional.

O nobre papel da Engenharia sempre foi dominar a força da natureza e dela se servir em benefício da melhoria da qualidade de vida dos povos. A Engenharia, assim como a Medicina, é uma profissão de confiança pública. A sociedade espera e crê que todos os engenheiros estejam bem preparados e corretamente habilitados para o desempenho das responsabilidades que lhe são impostas.

Não é razoável continuar frustrando essa expectativa. Nós sabemos que nem todos os engenheiros estão atualizados e bem capacitados para o exercício profissional. Cabe perguntar onde estão os mecanismos para identificar os profissionais melhor preparados?

Vive-se então, um momento de dicotomia entre a necessidade de dar uma boa resposta à maior demanda e o imperativo de melhor organizar o setor. Atento e engajado com esses aspectos políticos, o IBRACON tem participado ativamente dessas duas vertentes.



Por um lado, junto com a UNC União Nacional da Construção, tem somado esforços no sentido de mostrar ao Governo os óbvios benefícios sociais, econômicos e tecnológicos de um maior investimento na infra-estrutura, habitação e saneamento. Tem participado das reuniões do setor junto ao presidente da República, seus ministros, assim como discutido nas câmaras nacionais e regionais da construção, com o objetivo comum de contribuir com o governo para o sucesso e a correta viabilização do plano de aceleração de crescimento PAC.

Por outro lado, tem unido esforços com as demais Instituições científicas e de classe, de caráter nacional e regional, para discutir em alto nível os problemas do setor. Através de uma visão sistêmica e holística, essas Instituições estão discutindo os entraves atuais do ambiente da Engenharia que estão impedindo o setor de exercer plena e conscientemente sua competência em prol do desenvolvimento seguro e constante do país.

No último dia 7 de março de 2007, a ABMS, a ABGE, a ABECE e o IBRACON promoveram no auditório do Instituto de Engenharia de São Paulo que também integrou essas entidades promotoras, o debate nacional intitulado "O Momento Atual da Engenharia Brasileira". Esse importante evento de reflexão e discussão do momento histórico por que passa a Engenharia Civil brasileira contou com 300 participantes presenciais e cerca de 600 internautas, inclusive do exterior.

Provavelmente foi um dos acontecimentos de maior concentração de presidentes de Entidades científicas e de classe, reconhecidas e representativas do setor.

Os diferentes depoimentos buscando cobrir todos os aspectos do exercício profissional: investimento público, contratação, projeto, construção, controle, fiscalização, ensino da engenharia, qualificação e atualização profissional, habilitação profissional, monitoramento, segurança, foram amplamente debatidos encontrando-se vários pontos comuns que permitem entender melhor quais devem ser os passos e ações futuras do setor.

Ao final foi realizado um balanço e síntese do evento, decidindo-se por realizar no prazo de 30 dias novo encontro, desta vez no Rio de Janeiro, onde deverá ser aprovada e divulgada uma carta ou manifesto público do setor, apontando o caminho e medidas a serem tomadas para o melhor exercício da Engenharia.

Acompanhem neste número as notícias sobre esses importantes e históricos movimentos políticos da cadeia produtiva, formativa e consumidora da construção civil no país. Por primeira vez na história do país tantas Entidades estiveram tão unidas para refletir sobre o setor e somar na direção comum de fazer no futuro melhor do que se faz hoje.

Juntos chegaremos mais longe...

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

Converse com o IBRACON

Diretoria Regional do IBRACON, Oeste do Paraná

Prezado Cláudio Sbrighi,

Reunimo-nos semana passada, dias 09 e 10 de novembro, para inaugurar e divulgar a sede da Regional IBRACON Oeste do Paraná, onde na sequência abrimos um seminário sobre "Inovações em Tecnologia do Concreto". A Diretoria Regional tem o supraprivilegio de agradecer a todos os participantes pelo primoroso empenho demonstrado e, àqueles que indiretamente contribuíram para que o evento tão esperado e necessário, hoje seja realidade. A égide desse relacionamento dá origem à amizade, à parceria, à admiração e, acima de tudo, ao respeito. Que floresce a experiência, ressaltando valores e confiança mútua. Agradecemos imensuravelmente a todos pelo grande esforço voluntário, empreendido em prol do domínio do conhecimento e tecnologia: Dr. Cláudio Sbrighi; Dr. Rubens Machado Bittencourt; Engº Waldomiro Almeida Junior; Engº Emílio Minoru Takashi;; Engº Humberto Rodrigues Gama; Engº Saulo Silva Lacerda; Engº Luiz Noboru Marukawa; Engº Newton Goulart Graça; Engª Elizabeth Leopoldina Batista; Engº Fabio Hauagge do Prado; Dr. Acir Amilto do Prado; Engº Carlos Alberto Prado. Muito Obrigado.

Jose Augusto Braga, Fabio Luiz Willrich e Gilmar Fabro. Sócios individuais. Categoria diamante. Diretoria IBRACON Regional Oeste. ITAIPÚ Binacional

UDC - União Dinâmica de Faculdades Cataratas Centro Tecnológico. Foz do Iguaçu. Paraná

Colaboração Voluntária ao IBRACON

Caro Professor Salomon Levy,

Venho por meio deste manifestar meu grande interesse em atuar junto a esta Instituição como colaboradora voluntária. Sou graduada em Engenharia Civil (Itajubá dez/95), com especialização em Engenharia Ambiental (Unicamp 2003) e pesquisadora no campo da gestão estratégica (metodologia RCD - Ilace). Trabalho - há seis anos - na Companhia Paulista de Obras e Serviços - CPOS, cujo fundamen-

to é dotado de personalidade jurídica de direito privado e patrimônio próprio, constituída a partir da transformação do Departamento de Edifícios e Obras Públicas - DOP, e vinculada a Secretaria de Saneamento e Energia (antiga Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento). Atualmente tenho atuado na coordenação das ações relativas ao licenciamento ambiental de grandes unidades prisionais da Secretaria da Administração Penitenciária - SAP, junto à Secretaria de Meio Ambiente. Assim sendo, caso seja de seu entendimento que eu possa agregar valor a esta reconhecida Instituição, aguardo retorno tão logo seja possível.

Renata Petta Theodoro. Companhia Paulista de Obras e Serviços CPOS. Belo Horizonte. MG.

48º Congresso Brasileiro do Concreto. 48ºCBC2006

Dear Paulo and Selmo

I would like to thank both of you for your generous hospitality during our visit to Brazil. Tom and I truly felt at home and left the meeting feeling that the relationship between IBRACON and ACI is extremely important to both parties. We feel the relationship has been strengthened due to your involvement at ACI conventions and our participation at the IBRACON conferences. Selmo, I sincerely regret that you will not be able to join us in Denver and hope that your schedule will allow you to attend the Atlanta convention in April. Paulo, we look forward to seeing you, Tulio, and Julio in Denver.

Bill William R. Tolley. Sócio individual.

Executive Vice President American Concrete Institute. USA

Caro Paulo,

Estive viajando após o evento do Rio, e agora no retorno, aproveito para parabenizá-lo pela excelência alcançada. O evento está se disseminando para os estudantes de graduação, o que é realmente desejável, porém alguns assuntos podem ser muito estéreis sem um mínimo de conhecimento prévio dos assuntos abordados. Para melhorar ainda mais

o evento, sugiro seções especiais para disseminação de conceitos que serão discutidos, com a criação de conferências para os alunos de graduação. Desta forma, o evento seria duplamente proveitoso, não perderia sua caracterização científica (importantíssima para os meios técnico e acadêmico nacionais) e ainda teria um importantíssimo papel de disseminação conceitualmente correta das novas tecnologias, das questões de durabilidade e vida útil, dos avanços na área de concreto.... Estas seções paralelas ao evento seriam uma complementação muito interessante aos eventos do Concrebol, Ousadia e do APO que cada vez mais trazem alunos para a nossa área do conhecimento. Parabéns novamente pelo evento e me coloco à sua disposição para discutir esta sugestão e, caso seja considerada interessante, contribuir para sua manifestação.

Prof. José Marques Filho. Sócio individual. Curitiba. Paraná.

Prezado José Marques

Não é uma tarefa fácil e já há muitas atividades paralelas nos CBCs. Também há de se considerar as vantagens da integração entre jovens e velhos, experientes e intempestivos, pacientes e intransigentes, prudentes e ousados, enfim... é um caso para pensar. Obrigado.

Estimado Paulo,

Escribo estas líneas para agradecer todas las atenciones y consideraciones dispensadas a mi persona durante el magnífico evento del 48CBC2006. Como no pude despedirme personalmente, lo hago a través de este mensaje, que espero lo puedas hacer extensivo a Arlene, Túlio, Enio y a todo el equipo que te acompaña en esa titánica tarea. Desde ya, estos días fueron tremendamente enriquecedores tanto desde el punto de vista técnico como humano, por las abundantes y cálidas relaciones interpersonales y empresariales que tuvimos la oportunidad de cultivar. Felicitaciones por el éxito alcanzado, y deseos de similares o mejores logros en los temas que vengan después. No te olvides de escribir la "Deontología para asociados del IBRACON", o el tratado del "deber ser" de los socios, que manejará las relaciones interpersonales y entre los individuos y la organización.

Prof. Paulo Yugovich. Sócio individual. Asunción. Paraguay.

Estimado Prof. Paulo Yugovich

Muito interessante essa proposta de Deontologia para o associado do IBRACON. Tem um pouco subentendido nos estatutos, porém talvez caiba ampliar. Obrigado.

Prezado Paulo Helene,

Em primeiro lugar novamente quero agradecer-lhe pela oportunidade e esperar que tenha me apresentado à altura do momento. Parabéns pelo sucesso do IBRACON e do 48º CBC2006. Conforme havíamos comentado, desejo dirigir um convite pessoal a todos

os participantes do Evento no sentido de enviarem suas contribuições para o conteúdo da Prática Recomendada que estamos escrevendo, juntamente com os colegas que debateram o assunto "Controle da Resistência", de tal modo a consolidar as conquistas obtidas no sentido da eliminação das controvérsias sobre o tema, proporcionando um roteiro de consenso para que este assunto seja abordado de forma a integrar-se definitivamente aos hábitos de construção. Para viabilizar nossa pretensão gostaria de receber a lista dos participantes, aos quais enviarei um e-mail convidando-os a participar. Nossa expectativa é reunir todas as informações e apresentar a primeira versão dentro de até 6 meses a contar do evento, ou seja, até março de 2007. Se tudo estiver de acordo gostaríamos de apresentar os resultados deste trabalho no próximo IBRACON.

Egydio Hervé Neto. Sócio individual. Categoria diamante. Ventuscore Soluções em Concreto. Porto Alegre. RS.

Prezado Egydio

Maravilhoso seu entusiasmo! Todos os associados têm acesso a todos os documentos dos Congressos, inclusive lista de participantes. Converse com Arlene. Obrigado.

Newsletter Estação Pinheiros do Metrô SP, "Hipótese de Trabalho" e "Quem são os Culpados"

Prezado Paulo,

Muito importante que o IBRACON se manifeste, assim como outras entidades ligadas à Engenharia. Gostei muito do texto e acho que ele deveria ir para os jornais, porque é muito importante a sua colocação de que a engenharia faz o diagnóstico apenas, cabendo à justiça o julgamento dos culpados. Parabéns pela sua lucidez!

Dra. Maria Alba Cincotto. Sócia individual. Categoria diamante. Escola Politécnica da USP. São Paulo. SP.

Prezado professor Paulo Helene,

Muitos me perguntaram sobre o caso e sempre defendi teoria muito similar à apresentada pelo professor na "Hipótese de Trabalho" do comunicado que recebi recentemente do IBRACON. Na minha opinião, para comprová-la seria bastante útil "reconstruir um quebra-cabeças" tridimensional formado por partes de rocha que, montado, formará uma cunha, neste caso, algo similar a um tronco de cone, com as rochas que, se não foram removidas, devem estar nos arredores, e poderiam ser catalogadas para tal e poderiam ser o "elo perdido". Gostaria de saber se o IBRACON irá manter comunicados freqüentes sobre o assunto e se haverá reuniões de discussão sobre ele, onde pudéssemos estar participando. Parabéns a atuação do IBRACON neste caso e agradeço antecipadamente.

Zeferino F. Velloso Neto.

VIP – Vistorias e Inspeções Prediais Engenharia Ltda. São Paulo. SP.

Caro Paulo,

Parabéns pela iniciativa e pelas reflexões apresentadas. Eu e Bernardo Horowitz, meu sócio, estamos de pleno acordo. Entrei na página do IBRACON e verifiquei a chamada para o International Workshop em Recife. Estou à disposição para colaborar com o IBRACON nessa importante e oportuna iniciativa.

Carlos Calado.

Reitor da Universidade de Pernambuco UPE. Recife. Pernambuco.

Caro Prof. Paulo Helene,

Parabenizo-o pela elaboração dos dois trabalhos pertinentes à ruína de partes do metrô de São Paulo. Suas colocações abrangeram o universo de hipóteses factíveis e deixam a nossa imaginação fluir para tentar entender o que ali ocorreu, mas a engenharia está de luto. Não poderíamos admitir falhas que gerassem conseqüências tão danosas em uma obra desse porte. Vou visitar a página do IBRACON para ver mais material e, digo-lhe, gostei do seu posicionamento sobre a presença de estrangeiros. Não sou contra eles, absolutamente, mas seria renegar o conhecimento da engenharia nacional.

Marcos Carnaúba.

Consultor e projetista estrutural. Maceió. Alagoas.

Prezado Professor,

Não posso deixar de externar meus parabéns pelo excelente artigo em referência.

Eng. Nelson Nór.

Ex-Presidente do IBAPEISP

Consultor em Perícias e Avaliações.

São Paulo. SP

Professor Paulo Helene,

Parabens pelo seu artigo sobre o sinistro da Estação Pinheiros, ele é a síntese honesta, verdadeira dos próximos movimentos. É verdade que a engenharia está relegada a um plano inferior, ela está sendo substituída pelos procedimentos administrativos, acreditando-se que uma simples coordenação aplicada sobre sub-empregados, muitas vezes exercida até por leigos, e visando simplesmente a tão desejada redução de custos, muito diferente de economia raciocinada, leva a conclusão de uma obra. Leva uma obra ao final sim, contudo fora dos parâmetros mínimos de qualidade e segurança. Ou seja, precisamos mudar a cultura, o comportamento, e assim o estamos fazendo através do lado da dor. Infelizmente até Deus necessita utilizar-se de alguns de nossos irmãos, levando-os daqui, para nos mostrar que estamos há muito tempo no caminho errado, está implantado um estado de erro e já dispomos de todos os sinais de que ele precisa ser modificado.

Alberto Barth.

Consultor. Perito judicial. São Paulo. SP.

Caro Paulo Helene,

Lendo isto em um momento trágico e horrível, isto também doe para mim: ver colegas de profissão,

peço vivendo aquilo. Porém gostaria de registrar que este e-mail foi buscar dentro de mim, o engenheiro Luiz Augusto, e é o que sou, orgulho de fazer parte desta classe, sendo que as Empresas de Engenharia sem exceção pensam muito comercialmente, instigando o engenheiro que, para ser bem avaliado, tem que ter esta capacidade, porém sem treinamento e clareza em um assunto muito delicado em qual é o limite de cada um. Parabéns pelo conteúdo, onde todas as colocações são claras, objetivas, com um foco muito construtivo.

Luiz Augusto Milano.

Matec. São Paulo. SP.

Prezado Prof. Paulo Helene,

Parabéns pelo texto. É um relato/roteiro conciso e bastante claro, que, penso, será básico para o início da busca da verdade deste triste episódio, o qual poderá ser transformado num importante marco de reflexão de nossa fantástica Engenharia. Este lamentável acidente deve ter ocorrido, entendo, por razões talvez muito distantes das mentes dos verdadeiros e dedicados profissionais que se entregam, de corpo e alma, exclusivamente ao trabalho técnico. Entendo tua tristeza numa hora destas, mas tenho convicção que nada de negativo ocorre sem deixar algo de positivo.

Odilon Cavalheiro. Sócio individual. Categoria diamante. Universidade Federal de Santa Maria/RS

Reportagens na Revista Época, Veja e Folha de São Paulo

Estimado Prof. Paulo Helene,

O jogo de palavras "jornalístico" ficou claro na resposta da Revista ÉPOCA, publicada na mesma página, logo após a sua carta e a do geólogo Álvaro. A comunidade técnica tem acompanhado pelo site do IBRACON o alto nível das discussões relacionadas com o incidente do Metrô de São Paulo, sempre buscando a melhoria da qualidade da Engenharia nacional. Parabéns.

Enio Pazini Figueiredo.

Conselheiro IBRACON. Professor Titular da EECIUG. Goiânia. Goiás.

Paulo,

Você tem sido destaque na mídia. Parabéns pela entrevista à Folha e pela sua preocupação com a qualidade do ensino da Engenharia Civil no Brasil. **Salomon Mony Levy. Sócio individual. Categoria diamante. UNINOVE. São Paulo. Presidente do CT IBRACON "Meio Ambiente"**

Caro Paulo, bom dia,

A última vez que nos falamos foi em Olinda (Pernambuco) no 47º encontro do IBRACON 47°CBC2005. Naquela ocasião você estava preocupado com o evento, com a organização, mas quando conversamos no corredor sobre o problema que começa ocorrer aqui na região do Recife sobre RAA nas estruturas de concreto, você parou tudo e me disse: "Henri

isso é mais um desafio para aprimorarmos o nosso conhecimento e aperfeiçoamento no estudo do concreto." Isso me marcou muito porque essa frase tem um espírito de nobreza e renascimento interior muito grande. Vendo as coisas aqui da Paraíba eu tenho a certeza absoluta que a Engenharia Brasileira irá resolver esse problema e, como já fez antes, descobrir que é no erro se pode aprender muito.

Henri Netto. Sócio individual. Categoria ouro. João Pessoa. Paraíba

Prezado Paulo Helene,

Lendo as newsletters do IBRACON, vejo que você, por mais uma vez, bem desempenhou e cumpriu desafios profissionais à altura da sua posição e títulos. Abraços e parabéns,

Prof. Sílvia Maria de Sousa Selmo. Sócia individual. Categoria ouro. Escola Politécnica da USP. São Paulo. SP.

Caro Paulo,

Agradeço o envio antecipado e já o parabeno pelos 3 textos: didáticos, claros, equilibrados. Sobre os seus textos, permita-me sugerir alguns termos geotécnicamente mais usuais: Afinal como colapsou... 3. solo arenoso saturado (ao invés de encharcado com água)...espessura de rocha alterada (ao invés de degradada).; 6. ...solo argiloso rijo (ao invés de compacto – termo usado só para solo arenoso)... ...só para impedir a queda de blocos (ao invés de só para não cair pedras) 9. solo mole e liquefeito (ao invés de fluidificado) pelas vibrações.... O seu texto não está incorreto, portanto sinta-se à vontade para usar ou não as sugestões aqui enviadas. Por favor, avise quando pudermos divulgar esse seu excelente material.

Alberto Sayao.

Presidente da ABMS. PUC RJ. Rio de Janeiro.

Prezado Paulo,

Seus textos ficaram muito bons e interessantes. Vale a pena publicar.

Rubens Machado Bittencourt. Sócio mantenedor e individual diamante. FURNAS Centrais Elétricas S.A. Goiânia. Goiás. Conselheiro e Diretor Técnico do IBRACON.

Estrangeiros Contratados para Laudo sobre Colapso da Estação Pinheiros do Metrô SP

Colegas "Laudo com ou sem Seriedade?"

Seriedade! — Estrangeiros serão contratados para analisar o caso do Metrô e dar seriedade ao laudo! — Palavras do engenheiro da Secretaria de Transportes Metropolitanos de São Paulo, ao vivo, na TV Record! - Ouvi isso duas vezes, indignado! Prof. Paulo Helene! — Faço um apelo ao IBRACON para que se manifeste. Prof. José Roberto Braguim e Prof. Marcos Monteiro - Diretores da ABECE: solicito que a Instituição se manifeste. Faço o mesmo apelo às universidades e clubes de engenharia dos diversos estados. Não somos irresponsáveis!-Os engenheiros

brasileiros têm sim capacidade e responsabilidade para elaborarem um laudo sobre o colapso da estrutura do metrô. Além disso têm credibilidade internacional! Estamos sendo massacrados pela imprensa e ninguém reage à altura! Clamo providências para o engajamento das nossas instituições na análise do projeto, do sistema de execução e da elaboração do Laudo de Qualificação Técnica da obra do metrô. Confio nelas!

Eng. Civil Marcos Carnaúba.

Consultor e projetista estrutural. Maceió. Alagoas.

Prezado Professor Paulo,

Sou gaúcho, engenheiro civil e trabalho em construção rodoviária. Um colega meu repassou o seu trabalho sobre o desabamento do túnel em São Paulo. Gostaria de parabenizá-lo por todos os conceitos, hipóteses e especulações que o senhor explanou no texto. Desde o dia do desastre, optei por não ler jornais nem assistir noticiário da TV, pois estes são, via de regra, sensacionalistas e buscam atingir o lado sentimental do povo brasileiro. Esperava, então, que algo consistente viesse para dar uma luz, no sentido mais amplo da técnica, enfim, alguém abalizado para emitir opiniões. Eis que surge o Professor Paulo e escreve um artigo realmente com muito embasamento e conhecimento técnico. Parabéns! Concordo com o senhor quando diz que em nosso país há profissionais extremamente capacitados para emitirem laudos técnicos sem que haja necessidade de "importar estrangeiros".

João Luiz Lenz Fontoura.

Santa Cruz do Sul. RS.

Caro Paulo Helene,

Achei excelente as suas ponderações e os pontos questionáveis sobre o recente e pior acidente da história do Metrô. Também levei um choque muito grande. No meio da semana passada fui procurado por um repórter da Folha e por telefone conversamos 2 vezes totalizando cerca de 3h. Você deve ter lido a matéria que saiu no domingo. Pois bem, é sabido que os jornalistas, cortam, distorcem, omitem, etc. portanto não tem que esperar muito, não. Então não foi nenhuma surpresa o pouco que foi publicado. Na verdade, não consegui engulir que iriam contratar especialistas estrangeiros. E fiquei feliz ao ler no seu artigo, o mesmo ponto de vista a respeito dessa coisa de país menor e colonizado, de achar que não somos capazes e os estrangeiros são melhores. É para mim, um desrespeito muito grande, principalmente aos técnicos do Metrô, da casa e ao meio técnico brasileiro. Considerando que coordenei o projeto, na verdade, todos os estudos de alternativas construtivas das várias etapas dos projetos da Linha 4, desde 1993, que quase saiu para concorrência em 1994 e 1998 e também de todo o programa de investigação geológica-geotécnica, aliás muito bem conduzida pelo Geólogo Hugo, não podia deixar de me manifestar e defender o trabalho realizado nesta área por toda a equipe do Projeto civil. É lamentável ter que

ouvir comentários errados, sem fundamento ou conhecimento nenhum, enfim, estapafúrdios. Não quis entrar pelo caminho de hipóteses do acidente que deve ser investigado para chegar as causas, como voce o fez brilhantemente com firmeza e calado no conhecimento que voce tem. Parabéns e coloco-me a sua disposição para qualquer outra informação.

Kenzo Hori. Ex-Diretor de Projetos do Metrô SP. Depoimentos na TV e Rádios sobre o Caso Metrô SP

Caro Prof. Paulo,

Vejo que, como sempre, seu objetivo é valorizar a nossa Engenharia. Por isto mais uma vez lhe agradeço, pois é um FAVOR ao nosso setor. Todos colegas/profissionais do setor lhe devem agradecimentos por isso. Sobre o acidente, sou o menos indicado pra lhe responder, já que estou nesta obra quase que diariamente, mas não costumo observá-la sob o ponto de vista do acidente. Desta forma, posso cometer algum equívoco.

Tiago Ern. Sócio individual. Categoria azul. BASF. Sócio Mantenedor. São Paulo. SP.

Professor Paulo Helene,

Totalmente de acordo com a sua entrevista na CBN que acabei de ouvir. Parabéns pelas declarações em prol da boa Engenharia.

Arcindo Agustin Vaquero y Mayor. Sócio individual. Categoria diamante. Consultor de concreto. São Paulo. SP.

Professor Paulo,

Apenas para falar do respeito e do orgulho permanente que sentimos enquanto seus alunos. Sei que não falo só por mim. Deus o abençoe!

Fernando Montija. Sócio individual. Categoria azul. Consultor de concreto. Doutorando EPUSP. São Paulo. SP.

Debate “O Momento Atual da Engenharia Brasileira”

Olá, Paulo Fernando (Diretor Institucional do IBRACON),

A Regional IBRACON SC, em conjunto com a ABMS, a Associação Regional de Engenheiros e Arquitetos AREA17 e a UNIVALI, está organizando a participação da comunidade do Vale do Itajaí no debate sobre o **O MOMENTO ATUAL DA ENGENHARIA BRASILEIRA**, que acontecerá amanhã. Organizamos uma sala para exibir a transmissão do evento, bem como um debate local sobre o tema, envolvendo estudos de caso de desastres na Engenharia e a necessidade de Legislação Específica (pelo menos Municipal) sobre manutenção predial. Depois encaminharei ao Fábio um resumo do evento aqui em SC para as notícias das regionais.

Prof. Sílvia Santos. Sócia individual. Categoria ouro. Diretora Regional IBRACON – SC e Coordenadora do Curso de Engenharia Civil UNIVALI.

Caros Alberto Sayão e Paulo Helene,

Parabéns pelo debate de ontem. Foi um momento marcante na realidade nacional. Aqui no sul, em várias universidades, grupos de alunos e professores acompanharam atentamente o debate. A maioria teve o primeiro contato com muitas das entidades representadas no evento. Pela primeira vez se sentiram parte de um setor e refletiram sobre a realidade do mesmo. Esta é uma importante semente para ações futuras. É necessário agora aproveitar o embalo para provocar mudanças. Seria importante termos algum vetor de atividades para evitar que toda esta energia se disperse. Creio que é crucial estender a discussão para além do ramo técnico e cutucar a sociedade. Espero que vocês continuem exercendo liderança neste processo. Localmente, estamos avaliando a possibilidade de reproduzir o debate, mobilizando a comunidade local e capturando a opinião gaúcha. Se isto se consolidar, seria muito interessante contar com vocês aqui, fazendo um relato do ocorrido e uma ponte com as mobilizações nacionais.guardo a evolução para dar maiores notícias.

Luiz Carlos Pinto da Silva. Sócio individual e coletivo. Categoria diamante. Prof. UFRGS. Diretor Regional do IBRACON. Conselheiro IBRACON. Presidente da ALCONPAT Brasil e Diretor da ASAAE.

Publicações sobre Corrosão de Armaduras

Professor Paulo Helene,

Se me permitir chamá-lo assim, me chamo Andrecelly Solon Borges, moro em Natal RN e sou concluinte do curso Tecnólogo de Tecnologia dos Materiais através do CEFET-RN e Técnica em Construção Civil, também formada por esta Instituição. Estou mandando este e-mail simplesmente para agradecer as grandes contribuições que o senhor nos deixou acerca dos estudos que fez sobre estruturas de concreto armado, visto que, no momento, estou efetuando pesquisas de dados necessários para minha monografia, cujo tema é Proteção e Controle da Corrosão em Estruturas de Concreto Armado e, está sendo com o auxílio principalmente de suas publicações, as quais são de excelente qualidade de conteúdo, que estou conseguindo montar um trabalho objetivo e de grande valor argumentativo. Desde o momento em que tive os primeiros contatos com dois de seus livros, me despertou o desejo de um dia poder ter todas as suas publicações, a fim de conhecer mais profundamente sobre patologias e recuperações de estruturas de concreto. Espero que o senhor possa ler esta mensagem para que receba meus agradecimentos e para que sinta-se parabenizado, mais uma vez, não só por mim, mas por todos aqueles que pesquisam sobre a construção civil e que, ao recorrer a sua bibliografia, encontram de forma simples e objetiva os esclarecimentos para suas dúvidas Obrigada.

Andrecelly Solon Borges. Natal. Rio Grande do Norte. CEFET-RN.

Cópias Indevidas do Texto IBRACON sobre Exemplos de Aplicação da NBR 6118:2003

Prezado Paulo,

Recebi a sua news sobre "IBRACON e a Ética". Parabeno-o pelo comentário. Parabeno-o pela decisão tomada, EM NÃO PUNIR! Essa é a melhor resposta. Existem profissionais que jamais pensaram no esforço de pessoas que fazem de tudo para manter o IBRACON, não pensam nas horas que se dispuseram a se ausentar da família, das coisas mais simples, do empenho profissional em noites mal dormidas, etc... Não pensam sequer em toda a problemática envolvida para se produzir um material técnico ou técnico-científico! Não pensam que alguém (no caso, o Zamarion, Stucchi, França, Graziano, Túlio, e outros) se predispõe a escrever alguma coisa com base na sua experimentação! Não pensam em verificar que a finalidade de tudo o que se escreve bem intencionado é para melhorar a vida. Não pensam que a vida é mais importante que a Engenharia (imitando nosso grande Arq. Oscar Niemeyer). Lembro-me do Prof. Vasconcelos, na Ilha Solteira, recentemente, que saiu de um hospital e foi até o público, com acompanhamento de médicos, só pra colaborar com uma comunidade científica, dispondo a morrer, para compartilhar seu saber! Infelizmente há profissionais assim, que buscam todos os meios pra se valerem de suas "esperanzas". Pra que isso serve? Corroboro com sua decisão à frente do IBRACON.

Jefferson Libardi Libório. Sócio individual. Categoria diamante. Diretor Regional do IBRACON. Escola de Engenharia de São Carlos USP

Caro Prof. Paulo Helene,

Fiquei muito chocado pelo caso que ocorreu com a nova publicação do IBRACON, isso me faz refletir sobre que tipo de profissionais podemos encontrar e sobre como alguns tentam ser "melhor" ou mais "espertos" do que outros e não vislumbram o mal que fazem. Venho através deste e-mail para dizer que quando o Instituto necessitar estarei a disposição, e também aguardo pela publicação que com toda a certeza é de grande valor para a nossa classe.

Danilo Mercadante Policastro. São Paulo. SP.

Paulo Helene,

Foi com consternação que recebi a notícia desta edição do jornal eletrônico do IBRACON, onde consta a "estória" sobre cópia indevida, digo, pois, não posso acreditar que a mesma seja história! Tenho pesquisado bastante nos últimos anos e concluí: tenho que continuar estudando - sempre! Os profissionais citados na news como verdadeiros autores (Zamarion, Stucchi, Graziano, Túlio, França e outros), além de ilustres senhores, são profissionais que, como me consta,

contribuíram muito para a história de sucesso do Brasil, pois - até onde sei - trabalharam em grandes obras de relevância nacional fosse no projeto, na execução ou no estudo de soluções inovadoras. Quero manifestar meu pesar pela atitude, ainda que seja "estória", daquele colega. Mas também, quero lembrar ao IBRACON que não punir é participar, portanto: uma ação deve ser adotada para coibir tais atitudes. Afinal, segundo li outro dia, e concordo: "não existem culpados, existem responsáveis", e dentro desta ótica aquele colega é responsável pela sua atitude. Sem mais, parabéns pela honrável manifestação.

André Luis Mugnaini. São Paulo. SP.

Qualidade do Ensino de Engenharia Civil
Caro Paulo,

Seguem os documentos de Acreditação dos cursos de engenharia utilizados pela Ordem dos Engenheiros de Portugal. Este processo de Acreditação tem levado a uma melhoria de todos os cursos, mesmo dos que não estão acreditados, pois elevou os "standards". Claro, não é a Acreditação, por si só, que faz aumentar o sentido de responsabilidade dos Engenheiros. Mais importante é a implementação das chamadas Especializações, implicando que só os Especialistas devem fazer trabalhos "especiais". Infelizmente, em Portugal ainda não se conseguiu passar essa mensagem. Pelo contrário, nos países nórdicos não existe qualquer lei ou especializações mas a Sociedade entende bem o conceito de competência e responsabilidade, quer do lado dos profissionais quer do lado dos clientes.

Antonio Adão da Fonseca. Sócio individual Professor Universidade do Porto. Portugal. Newsletter sobre "Responsabilidades para com o Futuro"

Prezado Paulo,

Essa newsletter (memo) é realmente muito boa e vai "levantar o astral" de muitos engenheiros estruturais. Nossos colegas, algumas vezes, são muito pessimistas e não engrandecem a profissão. Temos que trabalhar para reverter este quadro motivando-os e mostrando a grandeza de nossa engenharia de estruturas e da construção civil brasileira. Sem dúvida vou enviar o texto também para nossa rede TQS.

Nelson Covas. Sócio coletivo. Categoria Diamante. TQS Informática. São Paulo. SP.

Caro amigo,

Gostei muito da carta "RESPONSABILIDADES PARA COM O FUTURO". Meus parabéns pela forma brilhante de teu desempenho como diretor-presidente do IBRACON. Digo não como amigo e sim como sócio fundador do IBRACON.

Vladimir Antonio Paulon. Sócio individual. Categoria diamante fundador. Prof. UNICAMP. Campinas. SP.♦

Debate aponta caminhos para melhorar a prática da engenharia civil no país

Fábio Luís Pedroso
Assessor de Imprensa



Da esq. para a dir. Paulo Helene, presidente do Ibracon, José Roberto Braguim, presidente da Abece, e Ricardo Antonio A. Veiga, representante do Confea, Eduardo Lafraia, presidente do Instituto de Engenharia, José Tadeu da Silva, presidente do Crea-SP, Reynaldo Barros, presidente do Crea-RJ, Alberto Sayão, presidente da ABMS, e Maria Heloísa Frascá, presidente da ABGE.

O debate sobre o Momento Atual da Engenharia Brasileira, realizado no dia 7 de março de 2007, no auditório do Instituto de Engenharia, foi histórico para o setor da construção civil pela importância da discussão sobre o exercício da prática profissional no país e pelo número de entidades apoiadoras e participantes.

Motivadas pelos recentes acidentes em obras civis, em especial, o trágico desabamento da Estação Pinheiros do Metrô de São Paulo, as entidades técnicas ligadas ao setor da construção civil buscaram organizar um evento que discutisse o contexto tecno-legal-sócio-econômico atual no qual se insere a engenharia brasileira. Fato inovador, pois as associações estão mais habituadas a debater os problemas exclusivamente técnicos surgidos no projeto, execução e controle de obras civis, relegando ao segundo plano as relações entre a engenharia, a sociedade e o investimento. "Estamos aqui para entender o ambiente que levou aos acidentes, não para inquirir sobre suas causas técnicas,

pois a capacidade da engenharia nacional não está em discussão", destacou logo de início o engenheiro Alberto Sayão, presidente da Associação Brasileira de Mecânica de Solos (ABMS), e mediador do debate.

O debate contou com a presença de 300 profissionais de vários cantos do país e foi transmitido online ao vivo, sendo visto por cerca de 600 internautas. Sua realização ficou a cargo da ABMS, do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), do Instituto de Engenharia (IE), da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e da Associação Brasileira dos Engenheiros e Consultores Estruturais (ABECE).

Contratação dos serviços de engenharia

Ao falar sobre o papel do projetista e do consultor, o engenheiro Jarbas Milititsky, vice-presidente

da ABMS-RS, tocou num dos pontos mais sensíveis do debate: a forma de contratação desses profissionais. Jarbas também propôs a instituição imediata de um Fundo de Apoio à Infra-estrutura do país, como uma das fortes alternativas de valorização do setor e estímulo ao desenvolvimento.

Um clamor entre os debatedores foi o de revisão do texto da Lei 8.666, que trata do processo de licitação de obras. "A lei, na forma como se vê hoje, privilegia o malandro, não o profissional competente; nivela por baixo e obriga as empresas a trabalharem pela sobrevivência, não abrindo espaço para o aperfeiçoamento técnico", afirmou Eduardo Lafraia, presidente do Instituto de Engenharia (IE).

Na mesma linha, vários debatedores posicionaram-se absolutamente contra o absurdo dos leilões para compra de serviços de engenharia, argumentando que se alguns produtos podem ser assim adquiridos com vantagem ao Estado, serviços especializados como de Medicina e de Engenharia jamais podem ser objeto de um leilão exclusivo de preços.

Além das distorções promovidas no mercado de serviços de engenharia, a Lei de Licitações não favorece o desenvolvimento de estudos técnicos em número necessário para executar uma obra com segurança e qualidade. "Muitas vezes, a contratação é feita sem se conhecer o projeto executivo e a obra é executada sem os estudos geotécnicos e complementares necessários", salientou o engenheiro Francis Bogossian, presidente da Associação dos Empresários de Engenharia do Rio de Janeiro (AEERJ), que abordou o papel do executor.

A questão da exequibilidade dos preços, da qualidade e segurança das obras e outros 17 itens foram amplamente discutidos entre os representantes da indústria da construção civil e serão em breve transformados em emendas a serem encaminhadas pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP). "A emenda contida no Programa de Aceleração do Crescimento deixa a contratação de obras pelo pregão ainda mais ambígua e a maioria dos projetos de reforma da lei 8.666 acabam por piorar a lei", informou Luiz Antonio Messias, vice-presidente do sindicato, que apresentou o tema "Licitação e Contratação em Engenharia".

Para José Bernasconi, presidente do Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva (SINAENCO), a situação da engenharia nacional é reflexo do erro estratégico do Brasil em não crescer há 25 anos. Ele ressaltou a importância da contratação de empresas nacionais para a construção das plataformas de exploração de petróleo pela Petrobrás. "Se o custo aparente resultar maior é por causa das distorções promovidas no mercado interno pelos altos juros, pelo câmbio valorizado, pela elevada carga tributária e pelo excesso de encargos trabalhistas, mas esta é uma forma legítima de valorizar a engenharia nacional".

A falta de investimentos em infra-estrutura e em obras transforma os engenheiros em 'bóias-

frias', expressão usada pelo engenheiro Roberto Kochen (IE) em sua apresentação sobre os sucessos e acidentes na engenharia, pois a não previsibilidade de investimentos causa o desmonte de equipes de engenheiros especializados em determinados tipos de obras.

Formação e Habilitação Profissional

Outro ponto sensível do debate foi a formação profissional e a regulamentação de seu exercício. O diretor da Escola Politécnica da USP, professor Ivan Falleiros, expôs os perigos na formação profissional ao seguir os modismos do mercado de trabalho. "Para o mercado, o engenheiro precisa ser um gênio", disse. Ele enfatizou a importância da formação básica, que é o que fica para toda a vida do profissional, destacando que um bom engenheiro é aquele que sabe muito bem matemática, física, química e resistências dos materiais.

Com base na pesquisa realizada em 2003, última pesquisa divulgada, pelo Ministério da Educação com 134 Instituições de Ensino Superior na qual participaram 6.123 recém-formados em engenharia civil mostra que cerca de 70% dos egressos obtiveram nota inferior a 5. Uma das possíveis causas desse resultado está na grade curricular dos cursos de engenharia civil no país, que apresentam como disciplinas obrigatórias e, portanto, válidas para todo o território nacional, apenas 30% do total de disciplinas, deixando mais da metade ao livre arbítrio das IES (Instituições de Ensino Superior).

Como medida urgente para solucionar o problema de formação dos profissionais e da chegada ao mercado de trabalho de 7.000 egressos de engenharia e geologia por ano com aprendizado inadequado para o exercício seguro da profissão, foi consenso entre os presentes uma nova forma de regulamentação do exercício profissional. Atualmente, o sistema CONFEA/CREA confere de forma automática, plena e vitalícia a habilitação profissional a todos os egressos das Instituições de Ensino Superior. A idéia apresentada pelo professor Paulo Helene, e endossada por ampla maioria presente, é que a habilitação seja concedida apenas para os recém-formados que passarem num exame de ordem que aborde os fundamentos da engenharia. "Essa habilitação inicial teria validade de quatro anos e permitiria ao jovem trabalhar apenas sob a supervisão de um profissional com habilitação plena. Daí pra frente a habilitação plena seria obtida a partir de análise curricular (ARTs por exemplo), e seria renovada de cinco em cinco anos", explicou Helene.

O vice-presidente do CONFEA, engenheiro Jaques Sherique, informou aos presentes que a entidade está se organizando para um Pacto Profissional e Social. "Este pacto abordará o exame da ordem, a acreditação das Instituições de Ensino Superior e um projeto de lei para nova regulamentação da profissão que leve em conta menos atribuições para

os recém-formados”, afirmou. Respondendo as várias críticas recebidas pelo sistema CONFEA/CREA durante o evento, o engenheiro Reinaldo Barros, do CREA-RJ, reconheceu que o sistema tem que melhorar.

Já, as medidas de longo prazo para melhoria da formação profissional passam pela avaliação permanente das instituições de ensino e por uma maior integração em mão dupla entre as universidades e as empresas. “A inovação, a pesquisa e as novas tecnologias podem inclusive ser a saída para a redução dos custos dos serviços de engenharia”, apontou Bogossian.

Urgências das deliberações

O engenheiro Rogério Menescal, diretor do Ministério da Integração Nacional, trouxe para o debate um dado alarmante da situação das obras hidráulicas no país, ao falar de risco e segurança em engenharia: relatou ter o registro de 400 acidentes em barragens brasileiras nos últimos cinco anos, por causa do abandono completo das obras e de sua falta de manutenção. Afirmou também que o Ministério viu-se na obrigação de montar um cadastro de profissionais especialistas em obras hídricas, que deveria ser de responsabilidade do sistema CONFEA/CREA.

Este dado mais os recentes acidentes que têm vindo a público demonstram a oportunidade do debate sobre o momento atual da engenharia

brasileira e mostram a necessidade da comunidade técnica continuar mobilizada em torno do tema. Afinal de contas, “os imprevistos geológicos não podem ser atribuídos ao excesso de chuvas, fator extensamente conhecido na geologia e geotecnia, mas sim às responsabilidades humanas, em razão da falta de investimentos e da deficiência de investigações”, reconheceu o geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos em sua apresentação sobre investigações e monitoramento.

Confirmado a importância e oportunidade deste diagnóstico e discussão do Momento Atual da Engenharia Brasileira, os organizadores, ouvindo o plenário, decidiram por realizar no prazo de 30 dias, no Rio de Janeiro, outro encontro, para firmar posições e lançar oficialmente uma Carta da Engenharia Brasileira com sugestões das instituições participantes contemplando, em princípio, os seguintes tópicos principais:

- ◆ Exigência do projeto executivo na contratação de obras
- ◆ Sistema de revisão do projeto por pares
- ◆ Instituir o Exame de habilitação profissional aos recém-formados
- ◆ Instituir a Habilitação Plena renovável a cada 5 anos
- ◆ Fim do pregão para os serviços de engenharia
- ◆ Criar Um Fundo Setorial como forma de incentivo às pesquisas e ao desenvolvimento tecnológico no campo da infra-estrutura
- ◆ Instituir a obrigatoriedade do Controle de qualidade externo e independente ◆



Auditório lotado com a presença de 300 profissionais

Execução de juntas e transferência de cargas em pisos de concreto: controvérsias e fatos reais

A questão de projeto e construção de juntas nos pavimentos de concreto nos EUA tem sido a mais controversa no meio técnico. Para esclarecer aos técnicos brasileiros um pouco mais sobre ela, convidamos para essa entrevista o Prof. Lev Khazanovich, da Universidade de Minnesota, e coordenador de pesquisas junto ao Federal Highway Administration e ao Departamento de Transportes do Estado de Minnesota sobre a eficiência e desempenho de juntas serradas com barras de transferência de cargas em pisos e pavimentos de concreto.



IBRACON: Prof. Khazanovich, seria possível um breve sumário sobre a evolução conceitual e em termos construtivos do emprego de juntas em pavimentos de concreto no século passado?

Prof. Khazanovich: Os pavimentos de concreto são construídos nos EUA desde a última década do século XIX. Nos primeiros trabalhos, as juntas eram executadas por razões construtivas, não para o alívio de tensões. No início do século XX, acreditava-se que o concreto continuaria a se expandir com a idade de tal maneira que algum espaço para acomodar tal expansão deveria ser providenciado. Mais tarde, se reconheceu que tensões significativas poderiam se desenvolver nos pavimentos de concreto devido à sua contração associada à secagem do concreto; assim cada vez menos as juntas de expansão e mais as juntas de contração passam a ser empregadas. Em 1920, algumas agências viárias começam a testar o emprego de dispositivos de transferência de cargas nas juntas. Isso se deu pelo incremento do tráfego e pelo emprego de placas mais largas. A primeira notícia sobre uso barras de transferências data de 1918 em um pavimento próximo a Newport News, Virgínia. Em 1940, Bengt Friberg relatava que, na maioria das estradas, as juntas transversais tinham abertura entre 6,5 a 25 mm, enquanto que as barras de transferência de cargas eram produzidas com aço liso redondo com diâmetros de 19 mm ou 22 mm e comprimento de 60 cm. As barras eram posicionadas espaçadas entre si de 30 a 50 cm. Um lado da barra era encamisado e pintado ou lubrificado de modo a apresentar "a menor resistência possível ao movimento do pavimento". As barras estavam mais frequentemente em contato direto com o concreto no entorno; contudo, em alguns projetos eram

ajustadas a capuzes pesados aderidos ao concreto. Essas práticas eram conduzidas mais com base em considerações de ordem construtiva que em análises específicas durante projetos.

Depois da Segunda Grande Guerra, os projetos de pavimentos de concreto tomaram duas direções: (1) pavimentos de concreto simples, sem barras de transferência, com placas curtas separadas por juntas de contração, porém sem juntas de expansão; (2) pavimentos com armaduras em malha (telas) e com barras de transferência de carga contendo juntas de expansão e de contração espaçadas de 15 a 30 metros. Destacamentos de retículos do concreto, esmagamento e elevação do concreto em juntas mostraram-se problemas para os pavimentos com telas e, em 1981, muitas agências rodoviárias estaduais nos EUA e em outros países passaram a adotar apenas a solução de pavimentos de concreto simples com juntas de contração (e barras de transferência de cargas) espaçadas de 5 a 6 metros.

Entre 1973 e 1995, as agências estaduais de transportes de 53 estados dos EUA e Canadá foram questionadas sobre suas práticas de construção de juntas de contração em pavimentos de concreto. Com base nos dados obtidos da enquete, as seguintes linhas gerais podem ser traçadas:

- ◆ 50 das 53 agências consultadas usavam juntas de contração em pavimentos de concreto simples e armados, pelo menos desde finais dos anos 1960;
- ◆ Em 1995, cinco dos 33 estados, ao construir pavimentos de concreto simples, usavam espaçamento entre juntas transversais de contração de 5 metros, enquanto em 9 estados o comprimento de 6 metros era preferido. Nos restantes 19 estados, este espaçamento variava entre 5 e 6 metros, sendo que 11 entre os mesmos empregavam de forma randômica espaçamentos nesta faixa de distância;
- ◆ Entre 1973 e 1995, o número de estados usando barras de transferência em pavimentos de concreto simples passou de 42 para 46 do total de 53 estados da enquete;
- ◆ 24 de 42 agências estatais questionadas aumentaram o diâmetro das barras de transferência em pavimentos de concreto simples de 25 a 32 mm para 32 a 38 mm, e em alguns casos para 41 a 47 mm. Apenas 4 estados usavam a regra de barras com diâmetro de 1/8 da espessura da placa;
- ◆ Em 1973, o comprimento das barras variava entre 30 e 60 cm, sendo que a maioria dos estados empregava comprimento de

45 cm; em 1995, 14 entre 42 estados que empregavam barras de transferência de carga alteraram a prática quanto ao comprimento de barras, sobretudo, diminuindo esse comprimento. Todavia, em Massachusetts o comprimento foi aumentado de 40 cm para 46 cm;

- ◆ As barras são espaçadas entre si de 30 cm em todos os estados, com exceção de Carolina do Sul (36 cm) e Utah (122 cm).

IBRACON: *É verdade que cuidados especiais com as juntas, comparado a outras questões em termos de controle tecnológico, poderiam ser tomados como ponto central em termos de desempenho dos pavimentos de concreto?*

Prof. Khazanovich: Projeto e construção adequados das juntas são muito importantes porque se tratam de elementos críticos no sistema. As juntas transversais em pavimentos de concreto são executadas para aliviar as tensões internas no concreto

causadas por retração de secagem, temperatura e gradientes de umidade na massa fresca, bem como restrições de atrito entre o concreto e a camada de base subjacente. Essas tensões podem conduzir ao surgimento, de modo randômico, de fissuras não controladas nas placas. Enquanto as juntas transversais são necessárias e parte integrante do projeto e da construção, existem vários problemas relacionados a seu projeto, construção e

desempenho. Na verdade, o desempenho de muitos pavimentos de concreto com juntas não foi, historicamente, interpretado por

sua capacidade estrutural, mas preferencialmente pelo seu sistema de juntas. Projetos com espaçamento excessivo entre juntas e transferência de carga insuficiente são exemplos de fatores críticos que penalizaram o desempenho de muitos pavimentos de concreto.

A construção adequada das juntas é também uma chave para a garantia de pavimentos de longa durabilidade. O aspecto mais crítico das operações de serragem de juntas é o tempo decorrido entre o lançamento do concreto e seu corte nas juntas. Caso o corte seja feito precocemente (antes de o concreto atingir dureza adequada), destacamentos e esborcinamentos das juntas podem ocorrer. Por outro lado, se as juntas forem serradas tardiamente (após a ocorrência de tensões internas no concreto), fissuras descontroladas surgem nas placas. Uma vez que a ocorrência dessa última situação é mais crítica que a anterior, dá-se preferência para que a serragem das juntas ocorra o mais breve possível, geralmente entre 4 a 12 horas.

Projeto e construção adequados das juntas são muito importantes porque se tratam de elementos críticos no sistema.

IBRACON: Como a transferência de cargas ao longo das juntas afeta a resposta mecânica e o desempenho do sistema?

Prof. Khazanovich: A eficiência de transferência de carga (load transfer efficiency, LTE) em juntas e em fissuras afetam profundamente o desempenho de pavimentos de concreto. Valores medíocres de LTE podem conduzir à ocorrência de fissuras longitudinais e de canto, além de expressivo escalonamento nas juntas. Esses defeitos podem levar à presença de irregularidade e pobres condições de rolamento. Por outro lado, juntas com barras de transferência de carga e fissuras transversais bem fechadas com altos LTEs geralmente não causam problemas (funcionais) de serventia nos pavimentos.

IBRACON: Em sua opinião, existem atualmente condições de se pensar em juntas sem barras de transferência de cargas em pisos industriais?

Prof. Khazanovich: Se uma junta é submetida a cargas pesadas, o uso de barras de transferência de cargas é altamente recomendado.

IBRACON: Conte-nos um pouco sobre a experiência americana no corte (fresco) de juntas de retração (contração) em pavimentos de concreto. Existem normas regulamentando o tempo de corte dessas juntas?

Prof. Khazanovich: Muitos estados permitem o uso de serragem da junta prematura (fresca) para a criação de juntas transversais de maneira mais precoce que a convencional com equipamentos pesados. Serragem precoce requer equipamentos leves e utiliza uma placa de deslocamento especial de maneira a permitir o corte do concreto ainda imaturo. O concreto deve ser capaz de suportar sem deformações as operações de serragem quando se emprega esse sistema de corte precoce. Antes de serrar, nesse caso, é necessário fazer um teste de "ranhura" usando um prego ou uma faca afiada. Não se serra o concreto se a ranhura remove sua superfície. A temperatura da superfície do concreto deve ser monitorada de perto e a serragem da junta deverá ser completada antes que esta temperatura comece a cair. As juntas serradas com o corte fresco devem ser lavadas posteriormente antes de sua selagem. Essas serragens devem ser paralisadas aproximadamente 12 a 15 mm antes do canto da placa para prevenir destacamentos nos cantos. Uma vez que as fissuras formam-se nas juntas, elas seguirão em direção à parcela não serrada da superfície para o canto. Porém, o emprego de corte fresco (ou "verde") não é recomendado para juntas longitudinais.

Os benefícios do corte fresco de juntas transversais é reduzir o potencial de fissuras randômicas nas placas e deixar mais altura de concreto abaixo do corte, aumentando desse modo o efetivo intertravamento entre agregados (na face fissurada). O possível inconveniente com uma serragem prematura é que pode causar microfissuração da junta se a lâmina de corte for lenta, oscilante ou se desalojar o agregado no lugar de cortá-lo.

IBRACON: Qual a posição adequada para as barras de transferência de cargas? Essa posição afeta a resposta do pavimento?

Prof. Khazanovich: De preferência, as barras de transferência de cargas devem ser posicionadas nas placas à meia-altura, exatamente paralelas à superfície e ao plano central da placa de concreto endurecido.

O centro da barra de transferência deverá estar exatamente abaixo da junta serrada. Se a barra de transferência desvia-se de sua posição desejada, se diz estar desalinhada. Desalinhamento pode resultar de seu mau posicionamento (colocação inicial em posição incorreta), de sua movimentação durante as operações de pavimentação, ou de ambas.

Quando uma junta transversal não se encontra devidamente alinhada horizontalmente e verticalmente a junta pode travar e resultar em fissuras aleatórias próximas a ela. Essas fissuras freqüentemente se abrem e quebram, requerendo a completa reconstrução da junta ou de placas adjacentes.

Existente muita controvérsia sobre as especificações vigentes que estabelecem determinadas tolerâncias devido à falta de dados para suportá-las.

Não existia até, recentemente, a possibilidade de medição do alinhamento. A tecnologia MIT scan é disponível agora e permite a locação de barras de transferência de cargas e de barras de ligação com precisão de 2 mm aproximadamente em relação ao seus alinhamentos verticais e horizontais, e isto provavelmente terá impactos nas especificações nos próximos anos.

Quando as barras de ligação nas juntas longitudinais não possuem posicionamento adequado, as juntas podem se abrir com o tempo e gerar condições inseguras para o movimento de motocicletas e de determinados tipos de pneus. Novamente, existe controvérsia sobre o que seria um adequado alinhamento de barras de ligação. Um dos critérios é que elas não devem estar mais próximas que 50 mm do topo ou do fundo da placa para evitar destacamento do concreto.

IBRACON: Qual seria uma espessura de corte de junta conveniente para se criar uma seção enfraquecida induzindo a fissura de retração no local?

A tecnologia MIT Scan permite a locação de barras de transferência de cargas e de barras de ligação com precisão de 2 mm em relação ao seus alinhamentos verticais e horizontais, e isto provavelmente terá impactos nas especificações nos próximos anos.

Prof. Khazanovich: A construção de juntas transversais requer que a espessura de corte por serragem na placa seja suficiente para garantir a formação de uma fissura abaixo do corte. Contudo, para que se obtenha uma produção máxima de taxas de serragem nas obras, é desejável que se corte em uma profundidade mínima que garanta a formação da fissura. Também, no caso de juntas sem barras de transferência, é desejável limitar a profundidade de corte para fornecer uma maior LTE por intertravamento entre agregados.

A prática convencional tem sido o corte de juntas transversais a uma profundidade de 25% da espessura da placa de concreto e de 33% no caso das juntas longitudinais. Enquanto esta espessura produziu bons resultados para a maioria dos casos, o tipo de base sob a placa poderá ter efeito na profundidade de corte requerida. Bases tratadas com cimento produzem maior atrito entre a placa de concreto e base, podendo, portanto, induzir maiores tensões de tração nas placas.

Além disso, placas moldadas sobre bases permeáveis frequentemente são acabadas com espessuras levemente maiores que aquela projetada, devido à textura aberta do material de base. Assim, para se garantir a formação da fissura, a profundidade de serragem nas juntas transversais pode precisar ser maior para placas apoiadas sobre bases cimentadas e sobre bases permeáveis (nesses casos, 33% da espessura da placa). No caso das juntas obtidas por corte fresco (prematuro), a espessura de corte deverá ser, no mínimo, de 30 mm.

IBRACON: Conte-nos um pouco sobre as recentes pesquisas nos EUA empregando testes acelerados em laboratório (accelerated loading facility, ALF) em termos de tipos de juntas e sua eficiência, bem como dos fatores afetando a LTE?

Prof. Khazanovich: Muitas agências de transportes empregam barras de transferência de seção circular para garantir adequado LTE nas juntas transversais em pavimentos de concreto. No entanto, como as barras de transferência elevam bastante o custo inicial da obra, torna-se importante a otimização de sua incorporação em projetos de pavimentos de concreto. Isso motivou a indústria a investigar o emprego de materiais e soluções alternativas, como o emprego de barras de plástico e barras vazadas (tubulares), ao mesmo tempo em que se continuava com a pesquisa com barras tradicionais. Vários ALF nos EUA estão sendo empregados para esse tipo de estudo. Em 1993, o Departamento de Transportes do Estado de Minnesota (MnDOT) incumbiu a Universidade

de Minnesota para a construção de um ALF em laboratório para tal propósito. Este equipamento, designado por “Minnesota ALF” ou “Minne-ALF”, pode, de modo eficiente e acurado, avaliar o desempenho em longo prazo de soluções inovadoras e experimentais de pavimentos. Os objetivos principais desse equipamento foram a avaliação de métodos de projeto e de reabilitação de juntas em pavimentos de concreto.

A fundação (apoio) do Minne-ALF trata-se de uma camada de 6,5 mm de neoprene, de 23 cm de marga argilosa e 7,5 cm de base granular, replicando uma fundação típica para pavimentos de concreto em Minnesota. Placas de 5 m por 2 m são moldadas sobre essa fundação. O fluxo de tráfego é simulado por dois atuadores hidráulicos. Tais atuadores atuam verticalmente sobre as placas e são dispostos, opostamente, a 15 cm distantes da junta transversal central do sistema. Aplicam-se tais cargas com 90° de defasagem entre duas cargas senoidais, de maneira a manter

a carga aplicada à placa próxima aos valores constantes para o período entre o tempo em que o atuador de aproximação e o posterior atingem seus valores máximos de carregamento. No prazo de um mês, o Minne-ALF pode simular mais de cinco milhões de passagem de cargas de eixos pesados.

O MnDOT empregou os resultados de experimentos com o Minne-ALF para a aprovação de materiais alternativos para transferência de cargas para pavimentos de concreto

de elevado desempenho, bem como para a avaliação de diferentes parâmetros de execução de “retrolift” de barras de transferências de cargas.

IBRACON: Poderia listar as incorreções mais comuns durante a construção de juntas em pavimentos de concreto que podem definitivamente afetar seu comportamento estrutural e seu desempenho?

Prof. Khazanovich: (1) Serragem de juntas muito adiantada ou muito atrasada é a falha mais comum durante a construção de juntas em pavimentos de concreto; (2) profundidade de corte muito pequena ou muito profunda; (3) mau posicionamento ou desalinhamento das barras de transferência e de ligação; (4) adensamento insuficiente do concreto nas regiões de juntas; (5) os dispositivos de suporte de barras não estarem adequadamente fixados na base; (6) enchimento inadequado das juntas, com material não apropriado; enchimento em profundidade inadequada; falta de limpeza da junta antes do enchimento; concavidade no material de enchimento pré-moldado.◆

Este equipamento, designado por “Minnesota ALF” ou “Minne-ALF”, pode, de modo eficiente e acurado, avaliar o desempenho em longo prazo de soluções inovadoras e experimentais de pavimentos.

Workshop Internacional sobre as melhores práticas para Pavimentos de Concreto



Recife, Brasil • 21 a 23 de outubro de 2007

OBJETIVOS

Fórum Internacional para apresentação e discussão das melhores práticas para seleção e dosagem de concreto, projeto de pavimentos, sua análise estrutural, sua construção e manutenção, para estradas, vias urbanas, pisos industriais, portos e aeroportos.

PALESTRANTES

WS-I: Novas Tecnologias para Concreto de Pavimentação

Prof. Dr. Dan Zollinger, Texas AM University – Presidente da Sociedade Internacional para Pavimentos de Concreto (ISCP)

WS-II: Modernas Técnicas para Projeto de Pavimentos de Concreto

Dra. Katheleen Teresa Hall – Vice-Presidente da ISCP

WS-III: Evolução da Construção Mecanizada na Europa

*Prof. Dr. Willy Wilk, Swiss Federal Institute of Technology
Ex-Presidente da Associação Suíça de Cimento Portland*

WS-IV: Avaliação e Análise Estrutural por Modelagem Numérica

Prof. Dr. Lev Khazanovich, University of Minnesota – Autor Principal do Programa ISLAB de Elementos Finitos

WS-V: Modelos de Desempenho e Gerência dos Pavimentos

Prof. (Emeritus) Dr. Michael Darter, University of Illinois – Pesquisador e Consultor da ARA-ERES

WS-VI: Manutenção e Restauração dos Pavimentos após Longo Uso

Dr. Mark Snyder – Secretário Geral da ISCP

PROGRAMAÇÃO

Sábado, 20 de outubro

Inscrições abertas

**Domingo
21 de outubro**

8h00 às 12h00

Exposição • Novas Tecnologias para Controle Tecnológico de Pavimentos de Concreto – Federal Highway Administration (USA)

14h00

Abertura Oficial

15h00

WS-I: Novas Tecnologias para Concreto de Pavimentação

16h30

Coffee-break

17h00

WS-II: Modernas Técnicas para Projeto de Pavimentos de Concreto

19h00

ST-I: Tecnologia de Concretos para Pavimentos

21h00

Coquetel de Boas-vindas

**Segunda-feira
22 de outubro**

8h00

WS-III: Evolução da Construção Mecanizada na Europa

10h00

Coffee-break

10h30

WS-IV: Avaliação e Análise Estrutural por Modelagem Numérica

12h00

Almoço

14h00 às 15h45

ST-II: Construção Mecanizada – ST-III: Construção Mecanizada

15h45

Coffee-break

16h00 às 17h45

ST-IV: Projeto de Pavimentos – ST-V: Projeto de Pavimentos

21h00

Jantar de Confraternização

**Terça-feira,
23 de outubro**

8h00

WS-V: Modelos de Desempenho e Gerência dos Pavimentos

10h00

Coffee-break

10h30

WS-VI: Manutenção e Restauração dos Pavimentos após Longo Uso

12h00

Almoço

14h00 às 15h45

ST-VI: Análise Estrutural – ST-VII: Manutenção e Restauração

15h45

Coffee-break

16h00 às 17h45

ST-VIII Construção Mecanizada – ST-IX: Manutenção e Restauração

18h00 às 19h00

2 Selected Papers

19h30

Encerramento – Coquetel de Encerramento

ORGANIZADORES

• INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON • ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
• ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PERNAMBUCO • INTERNATIONAL SOCIETY FOR CONCRETE PAVEMENTS

Pará realiza sua XIII Reunião Regional

A Regional do IBRACON no Pará promoveu, nos dias 06, 07 e 08 de novembro, sua já tradicional Reunião Técnica com a comunidade da construção civil da região, denominada “*Quebrando o Paradigma com Alta Tecnologia*”. Em sua 13ª edição, o evento contou com a presença de 210 profissionais.

Foram apresentados os critérios de dimensionamento de estruturas em Belém, o uso dos pré-moldados para a racionalização de processos construtivos, as perspectivas do uso do concreto auto-adensável, a vida útil das estruturas, o mecanismo de corrosão por carbo-

natação e sua terapia, dentre outros temas. “A reunião foi abrilhantada pela presença do ilustre calculista Bruno Contarini, que nos falou do dimensionamento das obras de arte brasileiras”, destacou o engenheiro José Zacarias Júnior, coordenador do evento.

Uma das palestras foi sobre o Mecanismo de corrosão por carbonatação e sua terapia, apresentada pela Dra. Eliana Monteiro, da UPE/UNICAP.

A Reunião aconteceu na Universidade da Amazônia (UNAMA) e contou com o apoio das empresas Vedacit, Basf, Premazon, Village, Artecon e Concreteste.

6ª Semana Acadêmica da Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo



A Regional do IBRACON em Santa Catarina, através de sua diretora regional, Prof. Sílvia Santos, e o departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Vale do Itajaí (UNIVALI) organizaram a sua 6ª Semana Acadêmica, entre os dias 23 e 25 de outubro de 2006. Participaram do evento 250 pessoas entre estudantes, professores e profissionais.

A Semana contou com palestras técnicas e cursos, que discutiram os avanços tecnológicos na

área de materiais para recuperação estrutural, as soluções protendidas na construção civil e obras portuárias, o revestimento de alto desempenho para pisos industriais, o uso de geossintéticos em obras civis, dentre outros temas.

A 6ª Semana Acadêmica teve o patrocínio da MC Bauchemie Brasil e do Laboratórios de Pesquisa Tecnológica em Engenharia (LATEC) e apoio da Anchartec, da Belgo, da Maccaferri e da Ruschel&Teixeira Netto Arquitetos Associados.

Workshop Internacional sobre Concreto Celular Autoclavado

A Regional do IBRACON no Rio Grande do Sul está apoiando o Workshop Internacional "Concreto Celular Autoclavado – o bloco do futuro", promovido pela Câmara Brasil-Alemanha de Porto Alegre e pela empresa Hoetten Engineering. O evento vai acontecer no Hotel Sheraton, em 20 de março de 2007.

O evento pretende discutir o uso do concreto celular autoclavado no Brasil e no mundo. Para isso,

foram convidados os palestrantes Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, docente e pesquisador da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Heinz Lammers, diretor de vendas da Hoetten.

As inscrições são gratuitas e podem ser feitas até 14 de março, pelo e-mail: dietmar.sukop@ahkpoa.com.br ou tel. (51) 3222-5766.

Regional Ceará prepara o CINPAR 2007

A Regional do IBRACON no Ceará, a Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) e o Instituto de Estudos dos Materiais de Construção (IEMAC) promoverão no período de 7 a 9 de junho de 2007, no Centro de Negócios do SEBRAE em Fortaleza-CE, o 3º Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas – CINPAR 2007.

O CINPAR 2007 tem por objetivo geral promover a divulgação de novos conhecimentos sobre as manifestações patológicas das estruturas, suas causas e efeitos, assim como os mais modernos procedimentos e materiais utilizados na recuperação das estruturas. O evento representa uma importante etapa na aquisição de conhecimentos, técnicas e tecnologias para a realização dos trabalhos de restauração e recuperação das estruturas. O evento é internacional e contará com a participação de professores e pesquisadores de universidades nacionais e estrangeiras. Entre os palestrantes convidados estão:

- ◆ Prof. Paulo Monteiro (University of Berkeley – USA)
- ◆ Prof. Petr Stepanek (University of Brno – Czech Republic)
- ◆ Prof. Paulo Helene (POLI /USP – Brasil)
- ◆ Prof. Simão Prizskulnik (Universidade Mackenzie – Brasil)
- ◆ Prof. Regino Gayoso (CTDMC – Cuba)



- ◆ Eng. Leonardo Garzon (LZA Technology – NY – USA)
- ◆ Prof. Jose Ramalho Torres (NUTEC – Brasil)
- ◆ Prof. Humberto Varum (Universidade de Aveiro – Portugal)
- ◆ Prof. Jorge Ley Urzaiz (INTEMAC – Espanha)
- ◆ Prof. Enio Pazini (EEC / UFG – Brasil)
- ◆ Eng. Carlos Arcila (Consultor Técnico – Colômbia)
- ◆ Prof. Cláudio Sbrighi Neto (IBRACON – Brasil)

Para mais informações:

Fone/fax: (88) 3677 4261

E-mail: cinpar2007@yahoo.com.br

Site: www.sobral.org/cinpar2007

Balanço Regional Paraíba

No último semestre de 2006, o IBRACON através da representação regional da Paraíba esteve presente nos seguintes eventos, através de palestras:

◆ **I Jornada da Construção Civil – Nordeste:** palestras do Eng. Graziano, do Eng. Tartuce e do Eng. Normando Perazzo Barbosa, este ultimo tratando dos Novos Cimentos Disponíveis no Nordeste Brasileiro.

◆ **Curso de projeto e durabilidade das estruturas – promoção do Centro Acadêmico de En-**

genharia Civil/Sinduscon: palestra Durabilidade das Estruturas, proferida pelo Eng. Prof. Normando Perazzo Barbosa, auditório do Sinduscon, PB.

◆ **Lançamento do Cimento Brasil em João Pessoa:** palestra Cimento de escória da alto forno, proferida pelo Eng. Prof. Normando Perazzo Barbosa, auditório do Sinduscon, PB.

◆ **Semana de Engenharia:** palestra Concretos especiais proferida pelo Eng. Prof. Normando Perazzo Barbosa, Universidade Federal do Ceará, Campus de Juazeiro do Norte.

Eventos na Regional de Sergipe

A Regional de Sergipe realizou em agosto último o Curso de atualização da NBR 6118/2003, que contou com expressiva participação dos profissionais no estado. Segundo a representante regional do IBRACON em Sergipe, engenheira Sandra Dórea, o estado é pequeno,

as dificuldades são grandes, mas a luta do IBRACON é continua no sentido de melhorar a engenharia civil.

Para abril ou maio de 2007, a Regional está preparando um novo evento para a comunidade técnica da região.◆

Equipamentos Weiler: Soluções Integradas

Linha completa de equipamentos para a Indústria de Pré-Moldados.

EXTRUDER EX203



Para produção de painéis / lajes alveolares.

MÁQUINA DE CORTE



MOLDADORA DESLIZANTE



Para produção de vigas T, V, painéis/lajes alveolares, maciços, terças, pré-lajes, estacas, vergas e perfis especiais sob encomenda.

SISTEMA DE PROTENSÃO



PRÉ TENSÃO



PÓS-TENSÃO



FÔRMAS METÁLICAS



Para produção de vigas I, terças, pilares, vigas retangulares, vigas calhas, blocos de fundação, painéis tipo fachada, pistas para lajes alveolares e fôrmas especiais sob encomenda.



WEILER-C. Holzberger Industrial Ltda.

Vendas: (19) 3522-5903 / 5904 Fax: (19) 3522-5905 Rio Claro - SP
weiler@weiler.com.br www.weiler.com.br



Aqui tem

Os melhores produtos
para proteger sua obra.

E agora para recuperar
sua Estrutura.

Recuperação Estrutural

- VIAPLUS ST • VIAPLUS STUC
- VIAPLUS FERROPROTEC • VIAGRAUTE
- VIAGRAUTE TIX • VIAPOXI ADESIVO



Químicos

- VIAPLUS 1000 e 5000 • CONTRA UMIDADE
- VIAFIX • VIACAL • VIAFLEX BRANCO

Asfaltos

- NBR • ECOPRIMER • VITKOTE • ADEFLEX • VIAFLEX PRETO • ECOPRIMER



Nossa marca é proteger sua obra.

Mantas Asfálticas

- TORODIN • PREMIUM • CLASSIC
- ANTIRAZIZ • HYDROS • EXTRA
- GEOTEXTIL • ARDOSIADAS • ALUMÍNIO



Fusecolor

- MASSA F12 • SILICONE FUSECOLOR
- SELADOR FC • FUSEPROTEC • POLIMAX

Coberturas

- SISTEMA VIATERM • TELHAS SHINGLE
- VIAFOIL PREMIUM e CLASSIC

Sistema de Gestão da
Qualidade Certificado NBR

ISO 9001
viapol

Visite nosso site: www.viapol.com.br

Pisos industriais: conceitos e execução

Eng. Públio Penna Firme Rodrigues
LPE Engenharia e Consultoria

1. Introdução

Os pavimentos industriais, mais popularmente conhecidos como pisos industriais, cresceram muito em importância a partir da década de 1990, quando passaram a ser considerados de fato como um equipamento da indústria: é o único componente do edifício industrial que interage diretamente com o processo produtivo, permitindo a locomoção de pessoas, equipamentos, agindo em diversos casos como a própria fundação de máquinas e suas características, como resistência, planicidade, integridade superficial, passam a ser percebidas diretamente pela produção e, qualquer reparo necessário acaba interferindo diretamente no processo produtivo.

Neste texto, pretende-se apresentar os principais tópicos envolvidos na execução e controle do pavimento industrial, tendo em mente que este é, na realidade, um sistema e se um dos elementos que o constitui falhar, o todo pode ficar comprometido. Esse sistema é constituído, figura 1, em síntese, pelo terreno de fundação, pela sub-base, placa de concreto, juntas e revestimentos e tratamento superficial e pode, em casos específicos, apresentar outros

elementos, como o isolamento térmico ou camada de ventilação em câmaras frigoríficas.

Não será abordado o processo de dimensionamento, exceto comentários necessários para o entendimento de alguns detalhes executivos e estarão sendo abordados apenas os pavimentos industriais em fundação direta, isto é, naqueles em que o terreno é capaz de absorver os carregamentos submetidos.

Os pisos industriais podem ser de concreto simples, com armadura distribuída – cuja função é controlar as tensões de retração; estruturalmente armados, empregando armadura dupla; os reforçados com fibras; e os protendidos. Cada um deles apresenta pontos negativos e positivos que devem ser ponderados pelo projetista em função da utilização.

2. Terreno de fundação

O terreno de fundação é formado pelo subleito a camada superficial do maciço, constituído em sua predominância por solo, material de comportamento complexo, constituído por partículas sólidas, água e ar. Suas propriedades mecânicas irão depender da quantidade de ar e água do conjunto e também das características dos grãos.

De maneira mais simples, para um mesmo tipo de partícula, como por exemplo, silte, quanto menor for o volume de ar, melhor vão ser as propriedades mecânicas do solo, o mesmo ocorrendo com a quantidade de água. Desta simples observação, pode-se prever a importância da compactação do solo; como a água ocupa lugar do ar, quanto menor for a quantidade deste, menos nociva será a ação da água.

Os primeiros estudos científicos da compactação do solo foram desenvolvidos por Proctor, engenheiro ro-

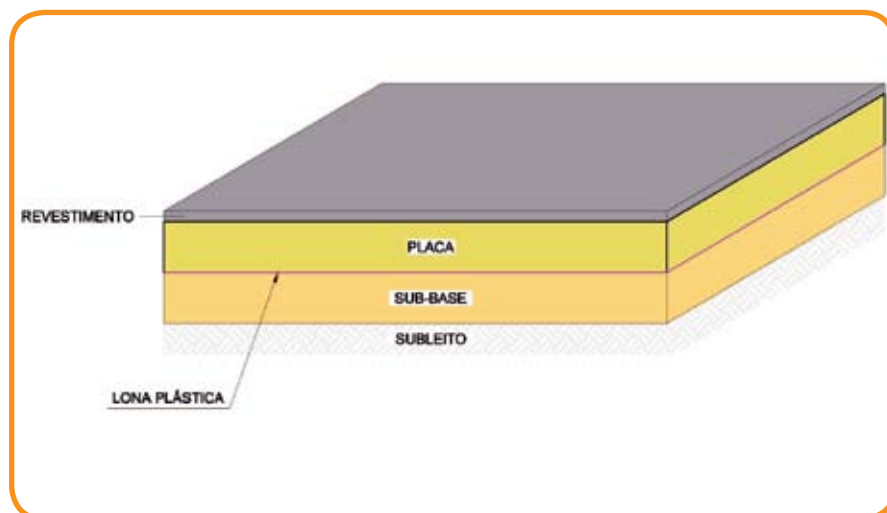


Figura 1: Sistema piso industrial

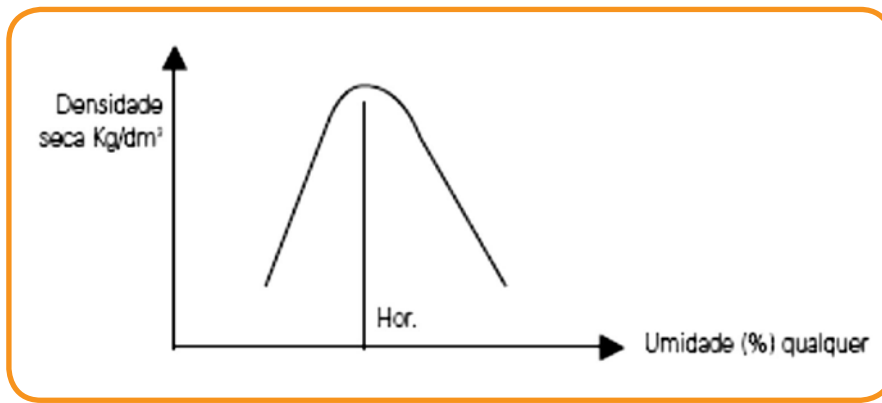


Figura 2: Curva de compactação típica

doviário norte-americano, na primeira metade do século passado, constatando que a densidade seca obtida em um ensaio padrão, variava com o teor de umidade da amostra, atingindo a máxima no que se consagrou como umidade ótima, como pode-se ver na figura 2.

A umidade ótima para um determinado solo varia em função da sua energia empregada na compactação e a sua padronização é feita pela NBR 7182, definindo três níveis: normal, modificada e intermediária. A energia normal, identificada como PN – Proctor Normal, é empregada para solos plásticos, como os siltes e as argilas, enquanto que a modificada é regularmente empregada para solos granulares, como os pedregulhos e britas graduadas. A energia intermediária é reservada para alguns casos especiais, não sendo freqüentemente empregada nos pisos industriais.

Solos grossos com distribuição granular contínua tendem a fornecer valores mais elevados de densidade seca máxima, algo em torno de $2t/m^3$ (os grãos do solo têm massa específica absoluta próxima a $2,6t/m^3$); à medida que vão se tornando mais finos, a densidade seca máxima vai diminuindo, enquanto a umidade ótima vai aumentando, tornando muitas vezes possível prever o tipo do solo com base na sua curva de compactação.

Na compactação de solos, o controle em campo é feito empregando o Grau de Compactação (GC), que é a relação entre a densidade obtida em campo e a máxima obtida em laboratório, multiplicada por 100. Os solos plásticos devem ser compactados a pelo menos 95% da energia do proctor normal, sendo o valor 98% mais adequado. Deve-se observar que a escala do grau de compactação não é linear, podendo muitas vezes gerar enganos na interpretação; por exemplo, grau de compactação de 85% é praticamente solo solto e quando são atingidos valores ao redor de 90% ou 93%, ainda é considerado mal compactado.

Patologias oriundas de solos com grau de compactação baixo são uma das mais críticas que se pode observar em pavimentos industriais, sendo de difícil correção; geralmente os primeiros danos são percebidos nos cantos das placas e por esse motivo são muitas vezes erroneamente caracterizadas como

problemas de empenamento. A causa do aparecimento nesta região é função da deformação que a placa está sujeita, cerca de sete vezes maior que a que ocorre no centro da placa.

Como o solo está mal compactado, sofre deformação plástica e a placa acaba perdendo apoio até que a soma das deformações plástica e elástica do solo acaba excedendo a admissível do concreto, ocorrendo a ruptura; outra manifestação patológica

da compactação inadequada é a fissura presente em corredores de estanterias, onde o subleito sob carregamento deforma-se, gerando um momento negativo na área descarregada.

Para as areias, não é mais válido o conceito de compactação, mas sim de compacidade e seu adensamento é medido pelo índice de compacidade, sendo o valor de 75% satisfatório para a maioria dos casos; uma particularidade desses materiais, quando puros, é que mesmo depois de adensados, a superfície apresenta-se fofa, em função do natural inchamento da areia e nestes casos, deve-se, antes da execução da sub-base, agulhá-la com material granular bem graduado, como as britas 2 ou 3, empregadas na confecção de concreto.

Outro aspecto importante do preparo do subleito é a capacidade de suporte, representada na maioria das vezes pelo Índice de Suporte Califórnia (CBR) ou Coeficiente de Recalque k . Pelo menos um desses valores deve estar especificado em projeto e deve-se verificar se o subleito em questão atende a esses parâmetros. O CBR e k são propriedades correlacionáveis e disponíveis na bibliografia e como o primeiro é de determinação bem mais simples e com custos mais reduzidos, acaba sendo a preferida nas especificações.

As argilas, exceto as excessivamente plásticas, apresentam valores de CBR adequados para os pisos industriais. Os siltes muitas vezes acabam apresentando expansão excessiva como material de subleito (acima de 2%), merecendo nesses casos tratamentos específicos, como o emprego de misturas de material granular – solo-brita – ou tratamentos químicos – com cal, cimento ou outros estabilizantes químicos – para controle da expansão.

Solos granulares, constituídos por areias e pedregulhos de graduação densa, onde os grãos apresentam granulometria contínua e finos suficientes para preenchimento dos vazios, apresentam em sua maioria boa capacidade de suporte; já os de granulometria aberta, com falta de finos, como muitas areias e seixos, costumam apresentar suporte baixo, merecendo maior atenção.

3. Sub-base

O emprego da sub-base¹ em pavimentos rígidos iniciou-se como um mecanismo para evitar o processo de bombeamento, causado pela expulsão de finos do subleito saturado pela água, através das juntas, promovendo o descalçamento da placa. Com a disseminação do seu emprego, constatou-se que ela apresentava outras vantagens adicionais, como uniformizar a capacidade de suporte, evitando variações bruscas de deformações e funcionando muito bem como uma camada de rigidez intermediária entre o subleito e a placa de concreto.

Mesmo em ambientes cobertos, imunes a ação da água, observa-se a importância do emprego da sub-base, permitindo um comportamento mais elástico da fundação do piso, sendo comum observar patologias em juntas, causadas pela ausência ou funcionamento inadequado desse elemento.

As sub-bases podem ser de diversos tipos, mas em nosso país basicamente podem ser divididas em dois grandes grupos: as granulares e as tratadas com cimento (ou cal). As primeiras são constituídas por rochas britadas e que atendam a uma determinada faixa granulométrica (DNER ES 303 – 97), devendo apresentar CBR mínimo de 60%; para este tipo de sub-base, a qualidade da rocha é muito importante, pois emprego de materiais inadequados irá causar uma rebitagem nas regiões de maior deformação, que são as juntas, levando ao descalçamento e fissuração.

Outra questão básica para o funcionamento adequado das sub-bases granulares é o grau de compactação, sendo importante que sejam empregados valores próximos a 100% da energia do Proctor Modificado (PM); valores inferiores invariavelmente levam ao assentamento e deformações ao piso que promovem fissuras. O emprego de materiais com granulometria estreita, como as britas normalmente empregadas em concreto, não apresentam condições de funcionar como sub-bases; sub produtos industriais devem ser empregados com reservas, pois com frequência são expansivos.

Quanto às sub-bases cimentícias, normalmente refere-se aos concretos compactados com rolo (CCR) ou às britadas graduadas tratadas com cimento, embora também hajam os solos melhorados com cimento (BGTC), viáveis em regiões de solos arenosos finos. O CCR, que é a sub-base preferida para os pavimentos de concreto simples, são constituídas por concretos de consistência seca, possíveis de serem compactados com rolo, que apresentam resistência à tração na flexão variando de 1 a 1,5 MPa, embora sejam materiais que podem apresentar resistência elevada, podendo atingir valores similares ao do concreto convencional.

Como sub-base, os CCR permitem um aumento elevado do coeficiente de recalque k , chegando a triplicar o valor originalmente encontrado no solo e apresentam consumos típicos de cimento da ordem de 120 a 150 kg/m³ e o seu desempenho está mais

ligado ao consumo de aglomerante, sendo menos sensível à granulometria do agregado.

Já as BGTC, são materiais cujo desempenho é mais dependente da granulometria, que é bem próxima da brita gradua simples. O teor de cimento parte de 3% variando até cerca de 6% e embora suas propriedades mecânicas sejam mais modestas do que o CCR, com resistência à compressão aos sete dias variando entre 4 MPa a 8 MPa, acabam por ser mais apropriadas aos pavimentos industriais, onde as espessuras observadas da placa são mais reduzidas do que nos pavimentos convencionais; os incrementos do coeficiente de recalque da ordem de 100% a 150%.

4. Concreto

Dos constituintes do pavimento industrial, o concreto é sem dúvida um dos mais sensíveis e que mais sofreu transformações na última década, fundamentalmente pela carência de matérias primas adequadas, notadamente os agregados miúdos. Particularmente nos pisos, o concreto apresenta exigências ímpares, como baixa retração, resistência à abrasão, normalmente não considerados nos concretos estruturais e que fogem aos processos clássicos de dosagem do concreto.

Na especificação desses concretos, é comum observar-se recomendações como consumos máximos e mínimos de cimento, teor de argamassa e limitações severas relativas à exsudação e ar incorporado, além de exigências como faixas de resistência à abrasão, tração na flexão e retração hidráulica máxima.

A resistência à abrasão do concreto, muitas vezes é erroneamente associada ao consumo de cimento, depende basicamente de sua relação a/c e características e distribuição granulométrica dos agregados; obviamente há um consumo mínimo da ordem de 300 kg/m³ a 320 kg/m³ para garantir que superficialmente irá ter pasta suficiente para obtenção de uma textura fechada.

Melhoria na resistência à abrasão pode também ser obtida na fase executiva, empregando-se, por exemplo, aspersões de misturas secas de cimento e agregados de alta resistência, minerais (4 a 6 kg/m²) ou metálicos (7 a 9 kg/m²). Após o concreto endurecido pode ser aplicado endurecedores líquidos, à base de silicatos, que reagem com o hidróxido de cálcio do cimento reduzindo a porosidade e melhorando a resistência superficial.

CIMENTO

Estão disponíveis no Brasil, basicamente os cimentos CP – II (E, F ou Z), CP – III, CP – IV e CP – V, que abreviadamente podem ser definidos como cimentos com adições, escória de alto forno, filer calcário ou pozolana, cujo tipo e teor definem a classificação; o CP – V, com a particularidade de apresentar elevada resistência inicial. Com qualquer um deles é possível

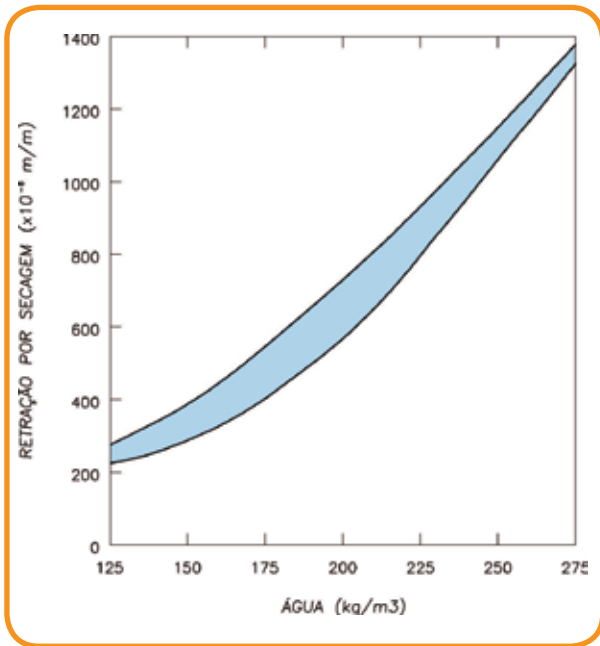


Figura 3: Retração por secagem (PCA)

executar-se pisos de qualidade, desde que as particularidades de cada um deles sejam respeitadas.

Excetuando-se o CP – V, os outros podem ser encontrados em classes de resistência, sendo as usuais 32 e 40 que indicam a resistência mínima do cimento, em MPa, aos 28 dias. Para os de teor de adição mais elevado, são mais adequados os de classe 40, por apresentarem menor tempo de pega. A compreensão dessa necessidade é explicada pela execução do piso, que passa por duas fases, lançamento e acabamento, separadas por um intervalo de tempo, representada pelo período de dormência do concreto.

O período de dormência é o tempo que precede a pega do concreto e nesta fase ele está vulnerável à perda de água por evaporação e à exsudação que redundam em fenômenos de retração e redução da resistência à abrasão. Cimentos de

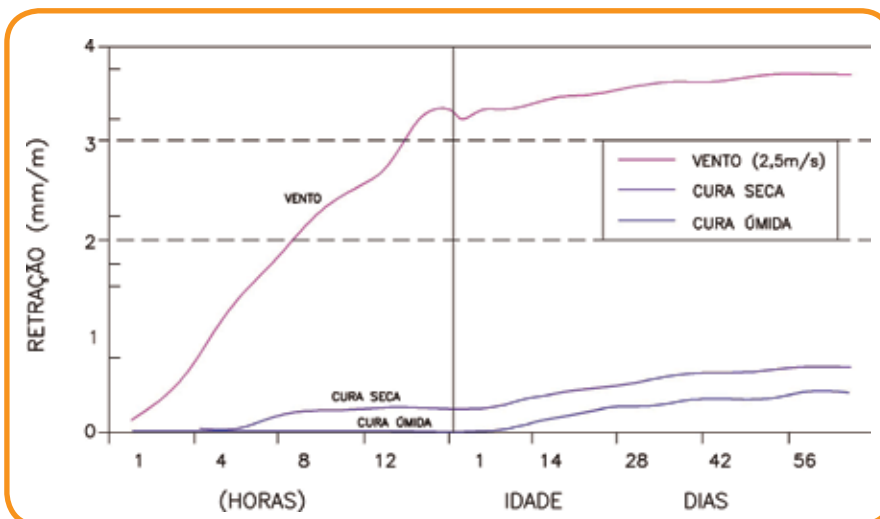


Figura 4: Condições de cura (Holt)

moagem mais fina, como os de classe 40, Apresentam menor tempo de pega, reduzindo o período de exposição prejudicial ao piso.

Como o cimento é o componente quimicamente ativo do concreto é o responsável direto pelas propriedades mecânicas, mas também está ligado à retração do concreto, hoje uma das principais causas de patologias nos pavimentos. Atualmente sabe-se que a retração pode ser hidráulica ou autógena, sendo a primeira ligada à perda de água para o ambiente e a segunda caracteriza-se pela ocorrência da contração da pasta de cimento sem que haja troca de água com o meio ambiente.

A retração hidráulica está condicionada basicamente ao teor de água da mistura (figura 3), embora outros fatores, como aditivos e certos agregados possam influir diretamente sobre ela. Pode ser dividida em retração inicial, que ocorre nas primeiras idades e final. Embora a seja um fenômeno intrínseco ao concreto, pois sua ocorrência é inevitável, condições inadequadas de cura nas primeiras idades podem aumentá-la significativamente, como mostra a figura 4 onde condições de cura inapropriadas podem aumentar muito a retração inicial do concreto.

A retração autógena está muito ligada à finura do cimento e, principalmente, ao emprego de adições hidráulicas de finura elevada, como a sílica ativa. Particularmente esta adição foi, na segunda metade da década de 1990, bastante empregada, mas como estava sempre associada a pisos com patologias severas, acabou tendo seu emprego limitado. Outro fator que corrobora com este tipo de retração é o emprego de relações água/cimento baixas.

Infelizmente não há uma correlação muito clara entre o tipo do cimento, teor de adição e finura com a retração do concreto, havendo cimentos mais finos que promovem menos retração do que outros, aparentemente menos problemáticos. Este assunto foi alvo de estudos da ASTM (American Standard Tests of Materials) que desenvolvendo um ensaio relativamente simples (ASTM C1581 – 04: Determining Age at

Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage) que se propõe a avaliar a potencialidade de retração do cimento, ligada basicamente aos aspectos químicos.

Corpos de prova em formato de coroa circular são moldados em fôrmas com núcleos rígidos, que são mantidos durante todo o teste, simulando um confinamento à retração, sendo determinado o tempo transcorrido até o aparecimento da primeira fissura e a potencialidade da retração é estabelecida na tabela 1.

Tabela 1 – Potencial de retração segundo ASTM 1581-04

Tempo para ocorrência da fissura (dias)	Potencial para Retração
$0 < t < 7$	Alto
$7 < t < 14$	Moderadamente Alto
$14 < t < 28$	Moderadamente Baixo
$t > 28$	Baixo

Não se tem notícia de ensaios desse tipo executado com cimentos nacionais, mas sem dúvida poderia ser uma ferramenta valiosa o conhecimento dessa tendência, associada com medições em obra para a correta avaliação dos cimentos brasileiros, que apresentam variações expressivas com relação aos norte-americanos.

AGREGADOS

Mais que nos concretos estruturais, os agregados têm um peso importante na qualidade do concreto para pisos, pois interferem diretamente em algumas propriedades básicas, como a resistência à abrasão e tração na flexão e na retração. Embora ainda não se tenha dado atenção devida aos fenômenos ligados à reação álcali-agregados, casos recentes desta patologia em estruturas convencionais, sugerem que este aspecto deva também ser analisado.

O teor de argamassa seca indicada situa-se entre 49% e 52%, indicando que cerca de 50% da mistura seca é constituída pelo agregado graúdo. Este, exceto com poucas exceções, é constituído por agregados artificiais, oriundo do processo de britagem de rochas.

Como a resistência à tração na flexão, bem como à abrasão dependem bastante da aderência do agregado com a pasta de cimento, torna-se óbvio que a textura superficial do agregado tem importância elevada no desempenho do concreto. Dessa forma o granito, para uma determinada resistência à compressão, apresenta valores à tração na flexão 10% a 20 % maiores do que o basalto, que além de ser muito liso, apresenta a tendência de formar grãos aciculares e disciformes no processo de britagem, prejudiciais a esta propriedade.

No outro extremo encontra-se o calcário, que além de apresentar textura similar ao granito, apresenta compatibilidade química com o cimento, dando como resultado maior adesão com a pasta e formando uma interface resistente. Outra condição que também influi fortemente na tração na flexão é o teor de material pulverulento que o agregado apresenta, e que atua como elemento de separação na interface.

O agregado miúdo, constituído pelas areias, é responsável por grande parcela nas propriedades

do concreto fresco e hoje, em função da limitação na disponibilidade de areias naturais, notadamente as de rio, tem crescido o emprego de areias artificiais, cuja forma e textura dos grãos muitas vezes levam a formação de misturas ásperas, pouco trabalháveis e com exsudação excessiva, redundando em concretos de baixa abrasão retração elevada e delaminações.

Felizmente não são todas as areias artificiais – comumente designadas como pó-de-pedra por apresentarem grande quantidade de micro agregados (partículas inferiores a 0,075mm) – que apresentam comportamento inadequado, como demonstra Quiroga et al, após analisar mais de 20 combinações diferentes de agregados artificiais, observou que muitos deles apresentam características importantes para piso, como baixa retração, melhoria na resistência a abrasão e maior resistência na flexão, aliás, essa característica esteve presente em todos os materiais testados.

Ficou patente que sempre que se emprega agregados com microfinos, há aumento na demanda de água, que deve ser compensada pelo emprego e aditivos superplastificantes. Há ensaios importantes que devem ser empregados na caracterização das areias artificiais, como a massa específica solta e a absorção de azul de metileno, que é um indicador importante do comportamento inadequado do material, quando seu valor é superior a 3.

Quanto à curva granulométrica, as contínuas apresentam comportamento mais apropriado, devendo-se sempre que possível trabalhar com a dimensão máxima característica mais elevada, como a da brita 2, mas lembrando que esse valor não deve ser maior do que um quarto da espessura do piso; dessa forma, o controle da retração acaba sendo mais efetivo, pois o consumo de água é menor. O ramo inferior da curva tem grande impacto na resistência à abrasão, pois na ausência de finos, além do aumento da exsudação, haverá menos partículas duras na superfície para resistir ao desgaste.

5. Execução

A execução do piso é uma etapa importante para a sua qualidade e a figura 5 apresenta as etapas do processo, bem como o tempo aproximado transcorrido entre elas para que as fases se processem adequadamente.

- ◆ O lançamento do concreto deve ser feito em velocidade uniforme, de modo que o intervalo de descarga dos caminhões seja constante, sendo três caminhões por hora um número adequado. Quando isto não acontece, a pega do concreto não será uniforme e trará, na fase final do acabamento, problemas executivos que se traduzirão, no mínimo, em manchas. A vibração deve ser feita preferencialmente por meio de réguas vibratórias treliçadas, consorciadas com vibradores de imersão, mas

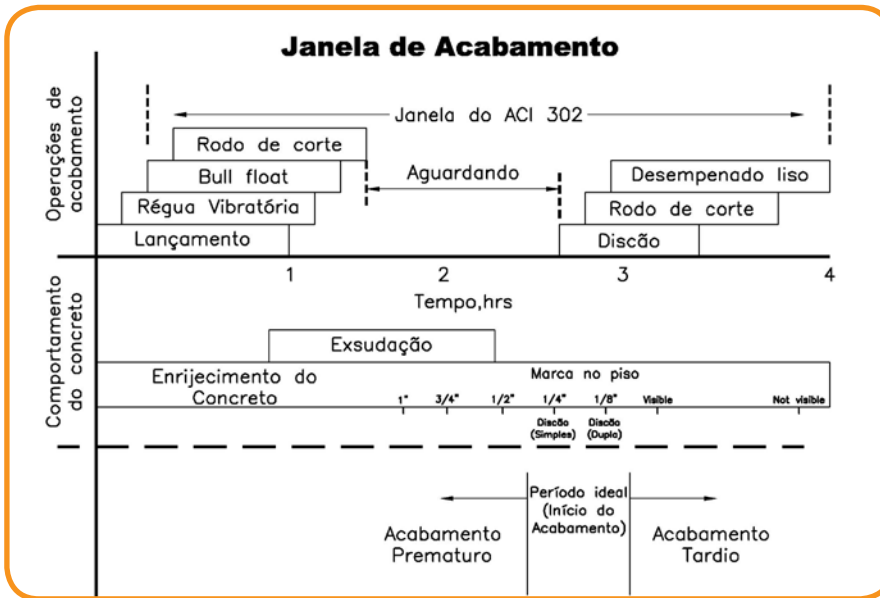


Figura 5: Fases executivas do piso

alternativamente pode-se empregar apenas o vibradores e efetuar a remoção do excesso com régua de alumínio em uma operação mais demorada. Há também equipamentos de grande porte, como a laser screed que executa essas operações com grande agilidade.

- ◆ O float é uma operação executada com uma desempenadeira manual, metálica ou de madeira com cerca de 80cm de comprimento e 20cm de largura, com extremidades arredondadas; sua função é promover um primeiro alisamento superficial, fechando as imperfeições deixadas pela régua vibratória.
- ◆ O rodo de corte, ferramenta constituída por uma régua de alumínio de 3m, montada ortogonalmente a um cabo articulado, que

permite mudar o seu ângulo de ataque na superfície figura 6, permitindo o corte tanto quando é puxado como empurrado; ele irá efetivamente melhorar a planicidade do piso, permitindo a execução de superfícies mais planas.

- ◆ O tempo de espera é função do tempo de pega do concreto e neste período o concreto fica exposto à perda de água e se houver ação de sol ou vento, pode ter conseqüências severas. Nesta etapa devem ser tomadas medidas para controle da perda de água, como emprego de películas cura química formuladas para esta fase, proteção da ação do vento, pois patologias como a delaminação, micro-fissuração, retração excessiva, etc ocorrem nesta etapa.
- ◆ O discão é a operação efetuada por acabadora mecânica, com cerca de 80cm de diâmetro, dupla ou simples, em que é fixado o disco metálico, que irá ao mesmo tempo promover a compactação superficial e trazer mais argamassa, afastando os agregados graúdos da superfície. Ela marca o início efetivo do acabamento e depende da rigidez do concreto, podendo-se tomar como referência a pegada deixada pela bota de uma pessoa sobre o concreto, considerando-se adequado

quando a profundidade da pegada varia entre 6 e 3mm; executores experientes podem usar outros critérios também subjetivos para definição do início da operação. Se o discão começar antes do tempo adequado, poderão ocorrer patologias como a delaminação; caso seja retardada, corre-se o risco de não ver atingidos os níveis de planicidade especificados.

- ◆ O desempenho fino pode ser precedido por nova aplicação do rodo de corte, quando se deseja obter pisos



Figura 6: Rodo de corte

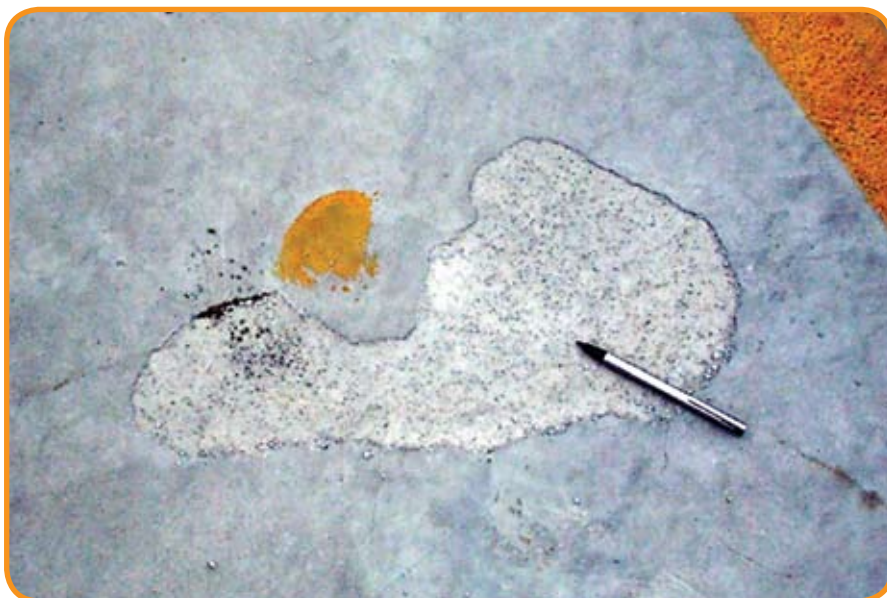


Figura 7: Delaminação

super planos (índice de planicidade F_f superior a 50). No desempenho fino, o disco é substituído por pás metálicas, cuja inclinação vai aumentando com a intensidade da operação, aumentando a tensão de contato e tornando a superfície mais lisa, trazendo brilho ao concreto.

6. Controle da execução da placa de concreto

CONCRETO

Durante o lançamento, o abatimento do concreto deve ser constante, exigindo-se não apenas o controle em todos os caminhões, mas assegurando

que a mistura esteja homogênea. A exsudação deve ser controlada de modo a trabalhar-se com valores inferiores a 4%, sob pena de redução na resistência à abrasão. O teor de ar da mistura deve ser inferior a 3%, pois valores mais elevados podem promover a delaminação (figura 7)

Além do controle da resistência do concreto, compressão ou tração na flexão, é importante o conhecimento da resistência à abrasão. A norma BS 8204 emprega equipamento que pode ser usado em obra, fato primordial para avaliação dessa propriedade, pois a dureza superficial não é função apenas dos ma-

teriais, mas também do processo executivo e o ensaio apresenta sensibilidade suficiente para avaliar a qualidade dos endurecedores líquidos, o que não é possível pela atual norma brasileira (NBR 12042); a tabela 2 indica as faixas de valores sugeridas para tráfegos e materiais de revestimento.

JUNTAS

Sob o ponto de vista estrutural as juntas são os elementos mais frágeis do piso e a situação pode tornar-se mais crítica quando não são tomados os devidos cuidados na execução, como emprego de barras de transferência com baixo diâmetro ou o que muito mais crítico, empregar mangueiras plásticas para isolar metade da barra.

Tabela 2 – Valores de abrasão de acordo com a BS 8204

Classe	Condições de Serviço	Aplicação	Profundidade de desgaste (mm)
AR 0.5	Abrasão severa e impactos de rodas de aço e plástico rígido; arraste de equipamentos	Áreas industriais pesadas, depósitos com condições de trabalho muito severas	0,5
AR 1	Abrasão muito elevada, rodas de aço ou plástico rígido e impacto	Pisos industriais com abrasão severo e centros de distribuição de tráfego muito intenso	0,1
AR 2	Abrasão elevada, tráfego de rodas de aço e plástico rígido	Pisos industriais médios, centros de distribuição de alto tráfego	0,2
AR 4	Abrasão moderada e tráfego de equipamentos com pneumáticos	Indústrias leves e pisos comerciais	0,4

Tabela 3 – Valores em função da utilização do piso

Uso Típico	F _F Global	F _L Global
Pisos comuns, como sala de máquina, áreas que receberão piso elevados ou revestimento assentados com argamassa ou estacionamento de veículo	20	15
Áreas carpetadas ou pisos comerciais e industriais de baixo tráfego	25	20
Revestimentos tipo RAD ou de baixa espessura e área de depósito com tráfego moderado ou elevado	35	25
Áreas com transportadores sobre colchão de ar, pisos de ginásio	45	35
Equipamentos especiais (empilhadeira tri-laterais), estúdio de filmagem ou TV.	> 50	> 50

Como é sabido, as barras de transferência devem ser metade isoladas, normalmente pintadas e engraxadas, de modo a permitir a movimentação horizontal e restringir a vertical. Recentemente, tivemos a oportunidade de executar ensaios do tipo FWD – falling weight deflectometer – com aplicação de 40 kN de carga, para avaliação de um piso industrial com 12cm de espessura, reforçado com fibras de aço. As deflexões médias no interior das placas foram de 0,3mm e nas juntas protegidas com barras de transferência, 0,5mm.

Para deflexões tão pequenas, até excesso de graxa nas barras irá prejudicar o comportamento estrutural do piso, fazendo com que a junta trabalhe como se as barras não existissem. No mesmo grupo de ensaios, foi verificada uma junta de construção cujas barras de transferência haviam sido retiradas para facilitar a remoção da forma – prática lamentável e freqüentemente empregada por muitos executores – e encontrou-se deformações entre 0,8 a 0,9mm; neste caso, pode-se afirmar que as barras não estão atuando mais como elementos de transferência de carga.

Posteriormente as juntas devem ser tratadas com materiais apropriados. No caso do tráfego de empilhadeiras de rodas rígidas, é necessário preenchê-las com matéria semi-rígida, normalmente o epóxi, com dureza Shore A de 80. Neste caso é necessário que ele se apóie no fundo do reservatório, pois a sua aderência com o concreto é pequena.

CONTROLE DA PLANICIDADE

A qualidade superficial do piso é um critério importante para o seu desempenho, garantindo o tráfego suave dos equipamentos e facilitando a instalação de equipamentos e sistemas de armazenagem. Para caracterizá-la são empregados os índices F_F e F_L relativos a planicidade e ao nivelamento; este representa a relativa conformidade com o plano horizontal e quanto maior ele for, mais próximo ao plano horizontal será o piso.

O índice de planicidade mede as ondulações superficiais, que podem ser associadas a ondas, com freqüência e amplitude. Quanto mais elevado, mais plana é a superfície. A tabela 3 indica os valores em função da utilização do piso.◆

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NBR-6122 – Projeto e Execução de Fundações
- ACI - American Concrete Institute: Guide for Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-04). Detroit, USA, 2004
- Holt, Erika E.: Where Did These Cracks Come From? Concrete International, pages 57 to 60, 2000.
- Quiroga, P. N., et al: Concrete Mixtures with High Microfines. ACI Materials Journal July/August 2006.
- Pinto, Carlos de Sousa: Curso Básico de Mecânica dos Solos. Oficina de Textos, 2ª Edição, SP, 2002.
- Rodrigues, Públio Penna F.; Botacini, Silvia M; Gasparetto, Wagner E.: Manual Gerdau de Pisos Industriais. São Paulo, editora Pini, 2006.
- Yoder, E. J. e Witczak, M. W. Principles of Pavement Design. 2.ed. John Wiley, New York, 1975.



Durante a visita, os engenheiros Paulo Helene e Júlio Timerman foram acompanhados pelos engenheiros da VIAPOL Marco Antônio Paranhos, Anthero e Marcos Storte

IBRACON visita a empresa VIAPOL

A VIAPOL, maior fabricante brasileira de mantas asfálticas para impermeabilização, é a mais nova mantenedora do Instituto Brasileiro do Concreto. O termo de adesão foi assinado no último dia 21 de janeiro, na sede da empresa em São Paulo.

Na ocasião, o presidente do IBRACON, Prof. Paulo Helene, acompanhado do diretor de informática, eng. Júlio Timerman, foram recebidos pelo Diretor Comercial-Industrial, Ariovaldo José Torelli e pelos engenheiros da área de recuperação de estruturas, Anthero Rodrigues Silva Neto, Marco Antônio Paranhos e Marcos Storte, para uma visita técnica à empresa.

Durante a visita, foram apresentados os produtos da Viapol para a reparação e recuperação de obras civis, dentre as quais:

- ◆ **Viagraute:** argamassa cimentícia pré-dosada, composta de cimento portland, areia de quartzo e aditivos especiais, pronta para uso. Com a adição de água, o produto forma uma graute com elevada resistência mecânica e fluidez, para ser usado no reforço de fundações,

colunas, vigas de pontes e viadutos, além de reparos em pisos e em estruturas de concreto.

- ◆ **Viaplus Stuc:** argamassa de consistência tixotrópica, coesa, de elevado poder de adesão e baixa permeabilidade, usada em reparos superficiais e na reconstituição de elementos estruturais de concreto, além de recuperação de falhas e juntas de concretagem.
- ◆ **Viapox adesivo:** adesivo bicomponente de base epóxi, de consistência pastosa, isento de solventes e composto de agregados selecionados e graduados, indicado para colagem de concreto, aço, alumínio e cerâmica.

Na ocasião, discorreu-se também sobre o desenvolvimento de mercado da construção civil no Brasil e sobre a importância de uma participação mais ativa da Viapol em eventos ligados à impermeabilização na área do concreto no Brasil.

Durante a visita os Engenheiros Paulo Helene e Júlio Timerman foram acompanhados pelos Engenheiros da Viapol Marco Antônio Paranhos, Anthero e Marcos Storte.◆

Por que protender uma estrutura de concreto?

Eng. Maria Regina Leoni Schmid
Rudloff Sistema de Protensão Ltda.

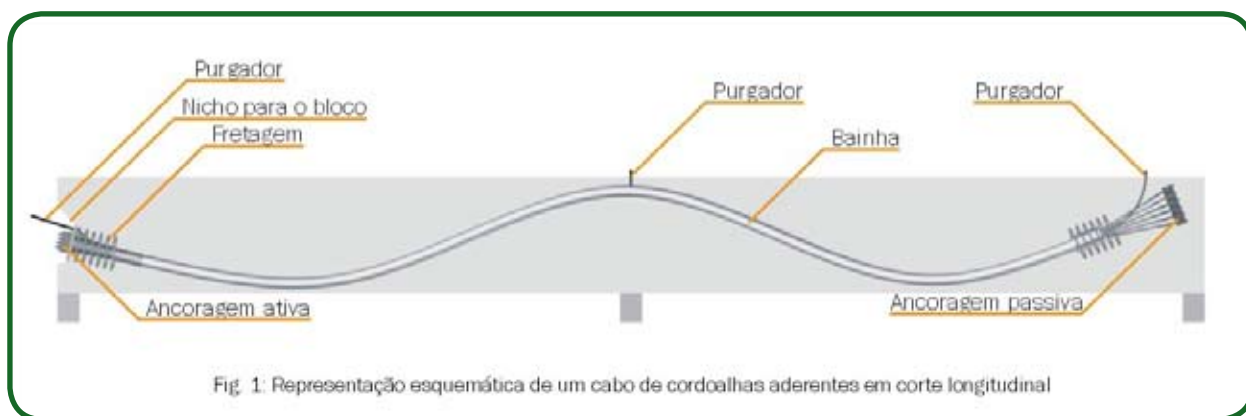


Fig. 1: Representação esquemática de um cabo de cordoalhas aderentes em corte longitudinal

Fig. 1 – Representação esquemática de um cabo de cordoalhas aderentes em corte longitudinal

Protender uma estrutura de concreto é fazer uso de uma tecnologia inteligente, eficaz e duradoura. Inteligente, pois permite que se aproveite ao máximo a resistência mecânica dos seus principais materiais constituintes, o concreto e o aço, reduzindo assim suas quantidades; eficaz, devido à sua superioridade técnica sobre soluções convencionais, proporcionando estruturas seguras e confortáveis; duradoura, porque possibilita longa vida útil aos seus elementos. Só estas características já justificariam o uso da protensão em estruturas. Mas além disso tudo, uma das principais vantagens das soluções em concreto protendido é o fato delas possibilitarem ótimas relações custo-benefício. A protensão pode resultar, em muitos casos, em estruturas com baixa ou nenhuma necessidade de manutenção ao longo de sua vida útil, além de permitir outras características como:

- ◆ grandes vãos
- ◆ controle e redução de deformações e da fissuração
- ◆ possibilidade de uso em ambientes agressivos
- ◆ projetos arquitetônicos ousados
- ◆ aplicação em peças pré-fabricadas
- ◆ recuperação e reforço de estruturas
- ◆ lajes mais esbeltas do que as equivalentes em concreto armado: isso pode reduzir tanto a altura total de um edifício, como o seu peso e, conseqüentemente, o carregamento das fundações.

As vantagens da tecnologia são diversas e justificam o seu emprego mundialmente, para a execução de projetos arquitetônicos convencionais e arrojados, em obras de pequeno, médio e grande porte.

Por que se usar a protensão aderente?

PRINCÍPIOS BÁSICOS DO SISTEMA

Protensão aderente é o sistema de protensão no qual a injeção de nata de cimento nas bainhas garante a aderência mecânica da armadura de protensão ao concreto em todo o comprimento do cabo, além de assegurar a proteção das cordoalhas contra a corrosão.

O cabo de protensão é composto basicamente por uma ou mais cordoalhas de aço, ancoragens, bainha metálica e purgadores (ver Fig. 1). As cordoalhas ficam inicialmente soltas dentro da bainha, o que permite a sua movimentação na ocasião da protensão. Após a concretagem da estrutura e a cura do concreto, os cabos são protendidos e é injetada nata de cimento no interior das bainhas.

As cordoalhas mais utilizadas neste sistema de protensão são compostas de sete fios e têm diâmetro de 12,7 mm ou 15,2 mm. São produzidas sempre na condição de relaxação baixa e fabricadas com seis fios de mesmo diâmetro nominal encordoados em torno de um fio central de diâmetro ligeiramente maior do que os demais.



Fig. 2 – Execução de laje com protensão aderente; no detalhe, seção transversal de um corpo de prova de ensaio de aderência

As bainhas usadas neste tipo de protensão têm como principais funções possibilitar a movimentação das cordoalhas durante a operação de protensão e receber a nata de cimento, na operação de injeção. Devem ser resistentes para suportar o peso dos respectivos cabos e garantir sua fixação e posicionamento, com flexibilidade longitudinal e rigidez transversal.

RAZÕES DE USO DA PROTENSÃO ADERENTE

Quando a protensão é aplicada nas cordoalhas, são criadas tensões internas na estrutura, para combater esforços resultantes dos carregamentos e melhorar o desempenho do conjunto. As cordoalhas ficam constantemente esticadas, durante toda a vida útil da estrutura. As tensões elevadas necessárias para esticar as cordoalhas devem ser absorvidas pelo sistema de protensão, de forma a proteger as estruturas e seus usuários.

A protensão aderente é um dos recursos capazes de oferecer esta proteção, pois permite que a armadura de protensão e o concreto trabalhem em conjunto, de forma integrada. Isso significa que se, eventualmente, um cabo for cortado ou se romper, a estrutura absorverá as tensões resultantes do rompimento. Nestes casos, a perda de força será localizada, pois a aderência permite que o comprimento remanescente do cabo conserve a protensão. A protensão aderente possibilita, assim, estruturas

mais seguras. A etapa de injeção das bainhas pode ser realizada simultaneamente ao cronograma da obra, sem interferir em outras etapas da mesma.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA PROTENSÃO ADERENTE

- ◆ O aço de protensão pode ser considerado no cálculo do estado limite último, pois está solidificado com o concreto. Isso permite redução expressiva na quantidade de armadura passiva necessária à estrutura.

- ◆ A aderência possibilita a execução de eventuais

furos e colocação de chumbadores nas peças concretadas, após a devida aprovação do projetista a este respeito.

- ◆ A injeção de nata de cimento oferece maior proteção ao cabo contra a corrosão.

- ◆ As cordoalhas podem ser colocadas nas bainhas antes ou depois da concretagem. Isso permite, por exemplo, que elementos pré-fabricados sejam unidos por meio da protensão.

- ◆ As estruturas com protensão aderente apresentam maior capacidade de resistência ao fogo em caso de incêndio. O sistema apresenta variada gama de ancoragens passivas, ativas, intermediárias e de emenda, possibilitando soluções construtivas diversas à protensão do concreto.

Por que se usar a protensão não-aderente?

PRINCÍPIOS BÁSICOS DO SISTEMA

É o sistema de protensão no qual não existe aderência entre o aço de protensão e a estrutura de concreto. Os cabos são compostos basicamente por uma ancoragem em cada extremidade e uma cordoalha de aço envolta com graxa e capa de polietileno de alta densidade. (Fig. 3). A graxa possibilita a movi-



Fig. 3 – Representação esquemática de um cabo de monocordoalha engraxada em corte longitudinal

mentação das cordoalhas nas bainhas, por ocasião da protensão. Após a concretagem da estrutura e a cura do concreto, os cabos são protendidos e ancorados.

Neste sistema, como não existe aderência entre a armadura de protensão e o concreto, a manutenção da tensão ao longo da vida útil da estrutura se concentra nas ancoragens. Devido a isso, é fundamental que elas sejam fabricadas com elevado padrão de qualidade.

As cordoalhas usadas no sistema de protensão não aderente são as mesmas utilizadas no sistema aderente. Porém, o cabo engraxado é fabricado por meio de processo contínuo, através do qual a cordoalha é coberta com graxa inibidora de corrosão e então revestida com uma capa de polietileno de alta densidade (PEAD), a qual constitui a bainha do cabo.

As bainhas de PEAD que revestem individualmente as cordoalhas devem ter espessura da parede mínima de 1 mm e seção circular com diâmetro interno que permita o livre movimento da cordoalha em seu interior. Devem ser impermeáveis, duráveis e resistentes aos danos provocados por manuseio no transporte, instalação, concretagem e tensionamento.

A graxa de proteção anticorrosiva e lubrificante deve ter características que não ataquem o aço, tanto no estado de repouso, como no estado limite característico de tensão desse aço.

RAZÕES DE USO DA PROTENSÃO NÃO-ADERENTE

O uso de cordoalhas engraxadas apresenta características próprias, a serem observadas na escolha do tipo de protensão. A protensão não aderente pode ser executada a partir de equipamentos leves, facilmente aplicáveis em obras de pequeno porte. Isso possibilita ao concreto protendido ser competitivo com o concreto armado em edifícios residenciais com vãos pequenos (de 3 a 5 metros), o que não acontece com a protensão aderente. Além disso, os cabos engraxados são leves, de fácil manuseio e flexíveis, o que permite a existência de curvas em sua disposição em planta e possibilita o desvio de eventuais obstáculos existentes em seu trajeto.

Na protensão sem aderência não existe a etapa de injeção de nata de cimento nas bainhas e, conseqüentemente, não há no interior das bainhas o espaço destinado a esta nata. Isso possibilita que o centro de gravidade do cabo fique próximo às bordas inferior ou superior

RUDLOFF SISTEMA DE PROTENSÃO LTDA.



Fig. 4 – Execução de laje com protensão não-aderente; no detalhe, seção transversal de um cabo não-aderente

do elemento de concreto, permitindo melhor aproveitamento da altura útil do concreto.

A fabricação dos cabos é simples, pois as cordoalhas são fornecidas engraxadas e plastificadas pelo fabricante, sem a necessidade da sua enfição posterior em bainhas. Porém, cabos engraxados requerem maior cuidado de manuseio, para evitar rasgos na bainha plástica, a qual é mais sensível que a bainha metálica.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA PROTENSÃO NÃO-ADERENTE

- ◆ O coeficiente de atrito entre cabo e bainha é menor que no sistema aderente, possibilitando perdas menores e maior tensão remanescente na cordoalha.
- ◆ As cordoalhas podem ser instaladas uma a uma ou em feixes. São protendidas e ancoradas individualmente.
- ◆ As cordoalhas recebem proteção anticorrosiva de fábrica. Porém, as ancoragens convencionais não recebem proteção anticorrosiva, o que reduz a segurança do sistema. Por isso, a protensão sem aderência, a princípio, não é recomendada para ambientes agressivos.
- ◆ Eventuais falhas nas ancoragens significam desativação instantânea do cabo e de sua colaboração na estrutura.
- ◆ A execução de furos ou chumbamentos nas peças concretadas deve ser evitada, sob pena de machucar ou romper a cordoalha e provocar conseqüente perda total da protensão no cabo.
- ◆ A ausência de nata de cimento ao redor das cordoalhas diminui sua proteção contra o fogo, em caso de incêndio.
- ◆ Cabos engraxados possibilitam maiores excentricidades em sua disposição.

Os benefícios oferecidos pela tecnologia da protensão permitem que sua aplicação seja feita a diversos tipos de estruturas, em quase todas as áreas da construção civil.◆



Sistema de transporte coletivo, Bangkok, Tailândia. Geometrias complexas, sobrecargas elevadas, grandes vãos, flechas reduzidas e longa vida útil.



Piso protendido em Victoria, Austrália. Protensão de pisos e pavimentos possibilita espessuras de concreto reduzidas, poucas juntas e estruturas impermeáveis



Laje de garagem de shopping center, São Paulo - SP. Grande flexibilidade na configuração de pilares e rampas, a protensão possibilita estruturas esbeltas e grandes vãos, resultando em espaços amplos e estacionamentos confortáveis para o usuário



Reservatório de água, Colombo - PT. Paredes esbeltas e impermeáveis, podendo tornar desnecessária sua impermeabilização.



UHE Mascarenhas de Moraes, Ibiraci - MG. Estruturas seguras e resistentes aos elevados esforços incidentes nestes elementos.



Cobertura em estádio de Chiangmai, Tailândia. A tecnologia do concreto protendido possibilita a execução de projetos arquitetônicos e estruturais arrojados e personalizados

Execução do pavimento rígido da Rodovia dos Imigrantes – pista descendente

Dultevir Guerreiro Vilar Melo – Consultor EcoRodovias
José James Zanetti – Consultor C.R. Almeida S.A.
Cid José Andreucci – Engenheiro C.R. Almeida S.A.

1. Introdução

Somente no último quartel da década de 40, o Porto de Santos se ligou a São Paulo e a outros estados, através de uma rodovia moderna e integrada às maravilhas da Mata Atlântica. A Rodovia Anchieta.

O crescimento proporcionado na Baixada Santista, seja quanto ao turismo, seja como pólo exportador-importador nacional, através do Porto de Santos, e o desenvolvimento dos municípios limítrofes à Rodovia Anchieta impuseram a construção de outra via - a Imigrantes -, construída no planalto em 1974 e a Pista Ascendente concluída em 1976 sob a administração da DERSA.

Compôs-se o Sistema Anchieta-Imigrantes administrado pela DERSA e com cobrança de pedágio. Ao Sistema, para melhor operacionalidade e gestão do fluxo de tráfego, foram incorporadas as rodovias Cônego Domenico Rangoni e Padre Manoel da Nóbrega.

O concreto de cimento foi a alternativa escolhida para o pavimento da Pista Ascendente da Imigrantes, devido “a qualidade e intensidade do tráfego no Sistema Anchieta-Imigrantes como corredor de exportação e de lazer de fim de semana, sobrealimentam a qualidade de rolamento, a durabilidade e a baixa necessidade de conservação do pavimento”, em “Processos Executivos de Pavimento de Concreto”, do engenheiro Manoel Carlos Ferrari et al. apresentado no 1º Seminário DERSA- Rodovia dos Imigrantes.

Em 1998, a Secretaria de Transportes abriu licitação para, através de concessão, ser explorado o pedágio do Sistema Anchieta-Imigrantes, a fim de ser responsável, além da conservação, manutenção e operação, a ampliação da malha rodoviária do Sistema, incluindo a construção da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes desde o km 41 (Trevo da Interligação Planalto) até o km 59 (incluindo alças).

Foi vencedora da licitação a Concessionária Ecovias dos Imigrantes S.A. que contratou o Consórcio Imigrantes, formado pelas construtoras C.R.

Almeida S.A. e a Impregilo SPA para a execução da obra. A Concessionária Ecovias também assumiu a construção de um trecho de 3km (km 59 ao km 62), que inclui um viaduto estaiado onde termina. Esses três quilômetros foram executados em apenas 9 meses pela C. R. Almeida S.A.

O projeto foi executado e acompanhado pela empresa Figueiredo Ferraz, responsável por seu traçado original, de 1986, que foi alterado para atender a todas as exigências ambientais, que evoluíram e se tornaram mais rígidas, e as empresas italianas In. Co (especializada em viadutos) e Geodata, especializada em túneis.

A nova pista, com um total de 20,190 km, vem sendo considerada uma das maiores realizações da engenharia rodoviária de toda a América Latina, não apenas pela dimensão, mas, também, pela complexidade técnica e pelos altos padrões de proteção ambiental conseguidos, uma vez que a rodovia atravessa o Parque Estadual da Serra do Mar e Reserva da Biosfera da Mata Atlântica estabelecida pela Unesco. Essa área de preservação ambiental é parte dos últimos 10% restante da Mata Atlântica do Brasil. Por esse motivo, a preservação ambiental deixou de ser apenas mais um aspecto na construção da rodovia para ser o mais importante deles.

Os desafios foram vencidos e a Concessionária Ecovias dos Imigrantes foi a primeira concessionária a conseguir uma certificação ISO 14001 no mundo apesar da obra que realizava. Também pelo trabalho de preservação, o Consórcio Construtor foi agraciado com o “Prêmio Panamericano de Desenvolvimento Sustentável Engenheiro Luis Wanonni Lander” em 2004, concedido pela União Panamericana de Associações de Engenharia (UPADI), por indicação da Associação Internacional de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS)

A diferença de cota de 730 m entre o Planalto e a Baixada Santista, as limitações de agressão à Mata Atlântica impunham ao projeto uma rampa média de descida de 6%.

Precipitação pluviométrica de 4.400 mm/ano, nevoeiro quase diário, rochas xistosas, solos orgâni-

cos, talus, encostas com 40° a 50° de declividade e depósitos aluvionares na planície do Rio Cubatão foram os desafios a serem vencidos nos serviços de implantação do trecho. Somava-se a eles outro maior que era a intocabilidade das árvores que delimitavam a faixa dos serviços. O projeto para a execução da obra englobava trechos com soluções diferentes para diminuir e evitar qualquer agressão à biota da Mata Atlântica. Os tipos e extensões de serviços a serem executados na solução proposta foram:

Terraplenagem – 7.439 m
Túnel – 8.231 m
Viaduto – 4.280 m
Pontilhões – 134 m
Galeria – 113 m
Total – 20.197 m

Estudando as alternativas para a escolha do tipo de pavimento que viessem a atender os serviços e as estruturas acima relacionadas e acrescentando o fator rampa descendente de 6%, evidencia-se que o pavimento rígido era a solução óbvia.

2. Dimensionamento

Pelas próprias condições do trecho e das alternativas de soluções encontradas o dimensionamento do pavimento foi feito de forma segmentada. No caso do trecho entre as estacas 241 (final do trecho do pavimento de concreto na interligação) e a estaca 351 (início do trecho Serra) o dimensionamento seguiu o seguinte roteiro:

Nesse segmento a terraplenagem foi executada durante a construção da Pista Ascendente.

Vistorias de campo visando à determinação de regiões críticas sob o ponto de vista geotécnico foram realizadas. Os materiais ocorrentes nesse segmento podem ser classificados como solos de alteração de gnaíse (solos residuais) que granulométricamente podem ser classificados como siltes argilosos pouco arenosos.

Foram feitas sondagens a cada 50m promovendo-se a retirada de amostras para execução de ensaios de umidade natural, caracterização, ISC e expansão.

Para dimensionamento da estrutura do pavimento foram empregados os métodos da AASHTO/93 que substituiu o de 1986, com pequenas alterações:

a) Fórmula Geral de Dimensionamento

$$T = \frac{(H + 2,54)^{7,35}}{2,588} \times 10^a \times B^{(4,22 - 0,32 Pf)}$$

- ◆ Tráfego solicitante: segundo os estudos de tráfego realizados pela Ecovias para a Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes, para um período de projeto de 20 anos (2002-2022) é

da ordem de $3,24 \times 10^7$ solicitações do eixo padrão de 8,2t, segundo a metodologia da AASHTO.

2.1. CARACTERÍSTICAS DA FUNDAÇÃO DO PAVIMENTO

A fundação do pavimento no trecho de terrapleno e túneis é constituída por uma sub-base composta de camada em concreto pobre rolado com 10cm de espessura sobre brita graduada simples com 15cm de espessura, faixa B da DERSA.

O subleito é constituído por uma camada de material que apresentasse CBR > 10%.

O coeficiente de recalque no topo da camada de reforço de brita graduada adotado foi de 6,4kgf/cm²/cm (64 MPa/m), e na camada de sub-base de concreto pobre rolado foi igual a 17 kgf/cm²/cm (170 MPa/m).

Para definição do coeficiente de recalque de projeto, ainda se deve corrigir o valor obtido em função da erosão potencial da sub-base.

Para sub-bases cimentadas ou tratadas com cimento o método define o fator de correção (LS) como variando entre 0,0 e 1,00. Considerando o valor 0,50, resulta um valor final de 70,0 MPa/m para o coeficiente de recalque do sistema subleito/sub-base.

2.2. CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO DO PAVIMENTO

A resistência média à tração na flexão aos 28 dias (Rm) foi considerada como 4,5MPa.

A resistência de projeto considerada em função dos dispositivos de drenagem e de transmissão de cargas, foi de 1,75 MPa.

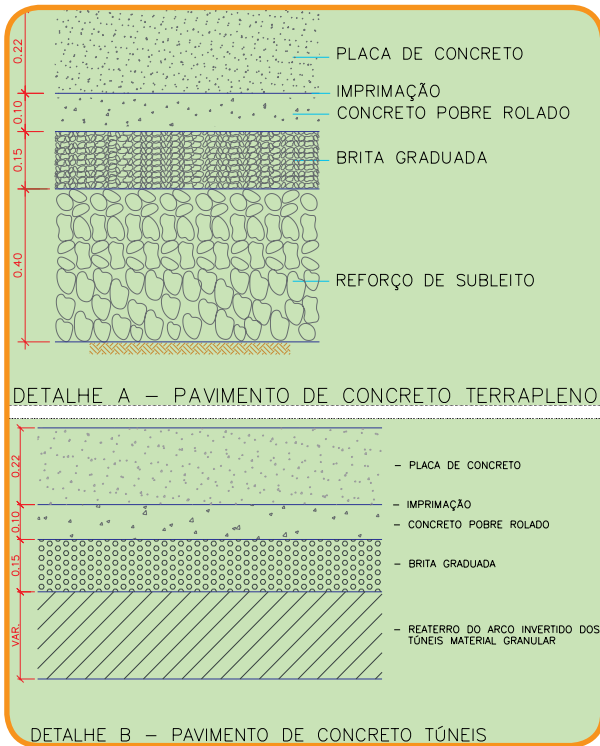
2.3. CÁLCULO DA ESPESSURA DA PLACA

Em função das espessuras calculou-se o valor de T (Tráfego solicitante total). Procurou-se verificar a espessura variando-se o índice de serventia final entre 2,0 e 3,0, considerando-se o índice de serventia inicial de 4,5.

Verificou-se nos gráficos (T x h) que para um índice de serventia final superior a 3 o número de solicitações previstas era adequada uma espessura de 22,0 cm (espessura adotada no projeto definitivo), considerando ainda um fator de segurança que cubra as possíveis variações que poderão ocorrer no tipo de tráfego ao longo do período de projeto.

Para um índice de serventia final da ordem de 2,5, que é o recomendado pela AASHTO para auto-estradas, não se considerando o agravante da rampa média do projeto geométrico, a vida de projeto do pavimento para a espessura dimensionada, será sensivelmente aumentada.

Verificando as espessuras das diferentes camadas do pavimento, inclusive da placa de concreto, acima definidas pelo Método da PCA/66 obteve-se a confirmação do dimensionamento calculado pelo método da AASHTO.



Detalhe da secção transversal do projeto.

3. Características do material de reforço de subleito

O reforço no terrapleno foi executado na espessura de 40 cm em duas camadas de macadame seco (brita do primário) com espessura de 20 cm cada. O enchimento, através de rolos vibratórios autopro-

pulsados, foi executado com brita corrida entre a peneira de $\frac{3}{4}$ " e N° 10, isenta de pó. Cumpre alertar, que a incorporação do pó no material de enchimento provoca a colmatção do material devido à umidade oriunda das precipitações pluviométricas ou da água empregada na britagem para evitar a poluição provocada pelo pó quando lançado à atmosfera, e, conseqüentemente, não há o completo preenchimento dos vazios e o perfeito travamento do agregado graúdo quando da execução da camada.

A camada de sub-base foi executada na espessura de 15 cm com brita graduada compactada na energia do proctor modificado. A granulometria usada foi a da Faixa B da DERSA.

4. Características do material do enchimento do "invert" e rebaixos dos túneis

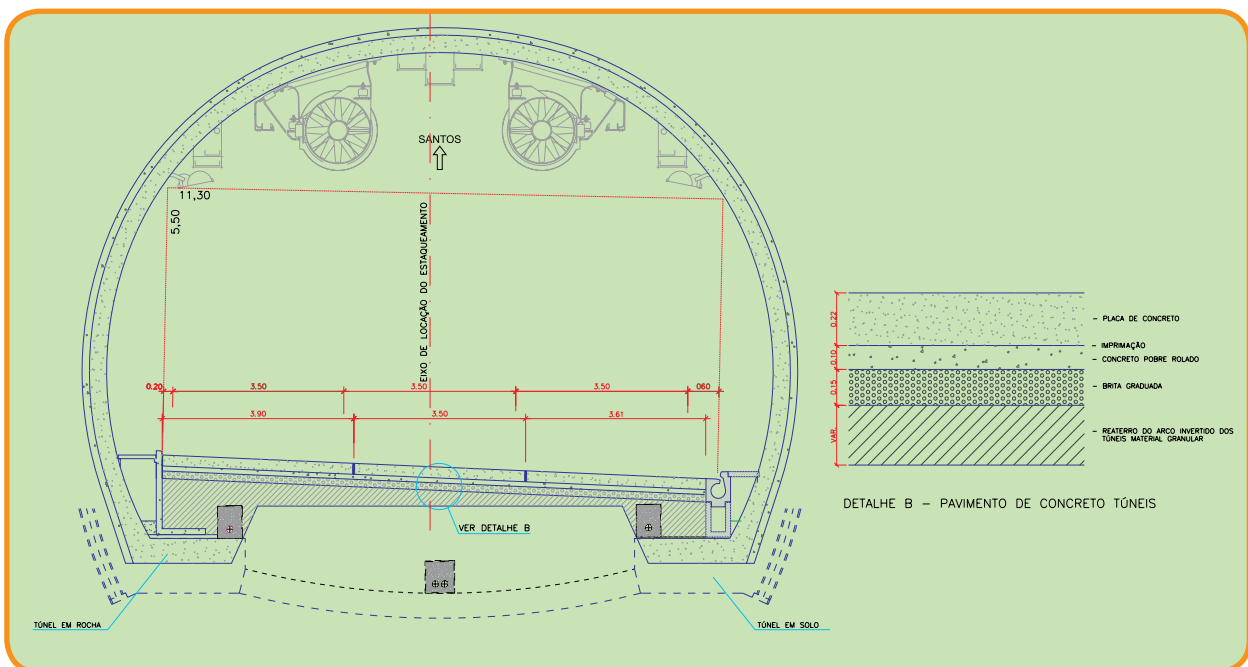
O material para enchimento do invert e o rebaixo dos túneis, devido à grande presença de água, teria que ser um material filtrante que não carresse os finos, e pudesse ser compactado a fim de dar bom suporte às camadas do pavimento.

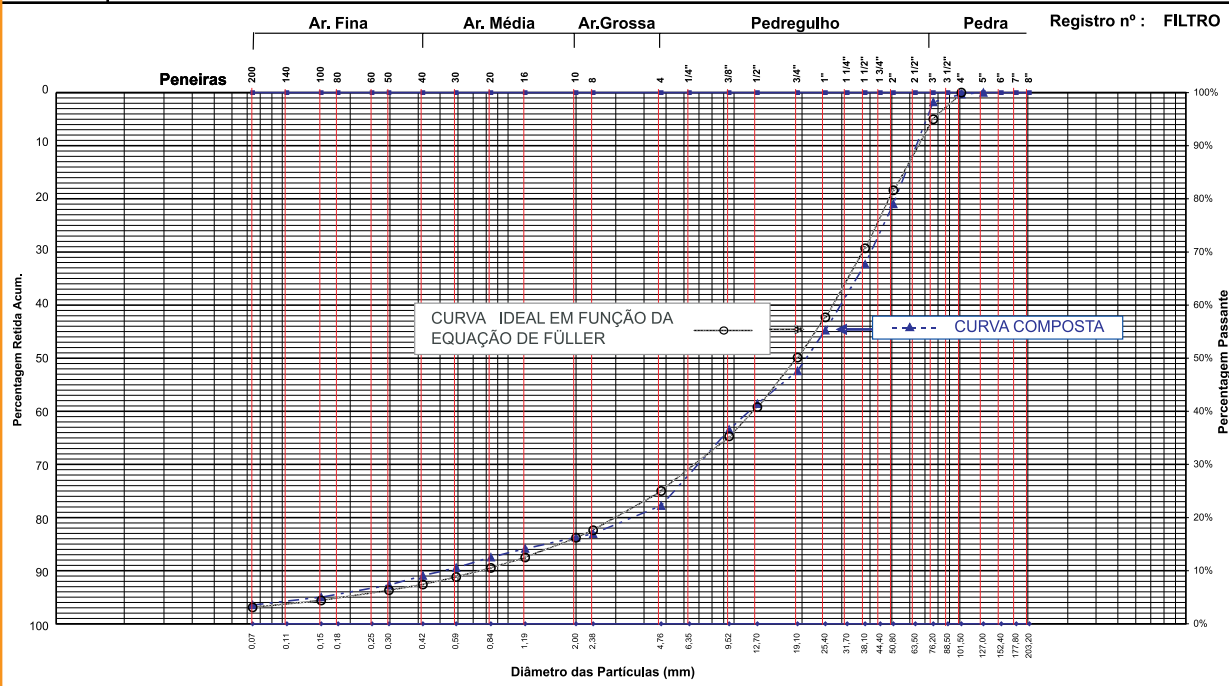
Esse material foi usinado para melhorar a qualidade, o desempenho de produção e aplicação. Os estudos, para determinação da granulometria ideal, foram feitos baseado na equação de Füller com $\pm 3\%$ passante na peneira # 0,074 mm; conforme equação abaixo:

Onde:

P = % em peso que passa na peneira de abertura d:

D = Diâmetro máximo do agregado (Abertura da





FORM. PR.SGQ.10 . 2

malha da peneira a qual corresponde uma percentagem acumulada igual ou imediatamente inferior a 5 % em peso do agregado)

No gráfico acima, apresenta-se a curva granulométrica do material usado.

Essa mistura foi testada em pista experimental que mostrou sua capacidade drenante bem como a sua capacidade de ser compactada.

Nos túneis esse material foi compactado em camadas de 30 cm e as deflexões da camada, aferida com uso da Viga Benkelman não poderiam ser superiores a 120×10^{-2} mm.

5. Características do concreto pobre rolado da base

As características do concreto usado na camada de concreto rolado são:

Consumo de cimento 120 kg/m^3 ; fator a/c de 0,96; trabalhabilidade VeBe 15 ± 5 seg; grau de compactação mínima de 98% em relação à energia do proctor normal; resistência mínima aos 7 dias 5,0 MPa, e 9,0 MPa aos 28 dias. Durante



Foto 1 – Interferência da lona no concreto da placa



Foto 2 – O produto de cura aplicado sobre o concreto pobre rolado. Substituiu a lona e emulsão asfáltica.

o processo construtivo, a resistência do CCR foi avaliada através da moldagem de corpos-de-prova cilíndricos e rompidos à compressão simples. Os resultados médios obtidos aos 7 dias foram de 12,6 MPa e aos 28 dias de 13,8 MPa com utilização de cimento CP V-ARI.

O concreto pobre rolado foi produzido em misturador tipo “pugmill” e o espalhamento da camada foi executado por uma vibroacabadora Vögele com dispositivo eletrônico para controle da espessura e nivelamento da camada.

Como está visto no detalhe da seção transversal apresentada, não há manta plástica separando a placa de concreto da camada de concreto rolado. Ela foi eliminada devido às irregularidades que ela provoca na superfície inferior da placa – Foto 1. O encolhimento da manta e o ar que se acumula sob a manta provocam a formação de alvéolos que alteram os conceitos emitidos por Westergard, base para o dimensionamento do pavimento rígido. Há também a considerar o enrolamento da manta

pelo trânsito dos operários e tráfego dos caminhões que transportam o concreto e ferragens.

As fotos, de testemunhos de outras obras, evidenciam esse fato no fundo de uma placa.

Por outro lado, a cura do concreto rolado foi executada com cura química de base parafínica que também foi utilizado na cura da placa de concreto. Isso deveu-se a imposições ambientais de a cura não poder ser feita com emulsões asfálticas pelo risco de haver contaminação de córregos pelas águas das precipitações pluviométricas e carreamento do produto asfáltico utilizado na impermeabilização.

Ensaio de arrancamento executados evidenciaram que a aderência entre a placa de concreto e a camada de concreto rolado foi zero.

Nos viadutos onde se exige aderência entre a laje e a sobrelaje (pavimento) foram feitos ensaios de arrancamento sobre diversos tipos de acabamento do substrato e de diversas pressões de limpeza superficial de laje. Os resultados foram satisfatórios. Na foto a seguir a realização do ensaio de arrancamento.



Foto 3 – Ensaio de arrancamento para teste de aderência

PAVIMENTO – RESUMO RESISTÊNCIA TRAÇÃO FLEXÃO

Especificado $f_{ct} = 4,5 \text{ MPa}$

LOCAL	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	f_{ct} estimado (MPa)	Data Conclusão
TERRAPLANO PLANALTO	7,2	0,9	6,5	20/8/2002
PLANALTO - RECOMPOSIÇÃO	7,2	0,5	6,8	27/10/2002
VIADUTO VD 01	6,3	0,6	5,8	10/5/2002
TRECHO VDO1-VDO2	6,0	0,6	5,5	14/5/2002
VIADUTO VD 02	6,4	0,6	5,9	26/8/2002
VIADUTO VD 03	6,1	0,9	5,3	7/8/2002
VIADUTO VD 04	6,6	0,8	6,0	25/10/2002
VIADUTO VD 05	5,8	0,4	5,5	31/10/2002
VIADUTO VD 07	6,6	0,7	6,0	2/7/2002
VIADUTO VD 08	6,2	1,1	5,4	23/3/2002
VIADUTO VD 09	5,7	0,6	5,1	13/4/2002
VIADUTO VD 10	6,8	0,7	6,2	22/10/2002
TÚNEL TD 01	6,4	1,0	5,5	15/9/2002
TÚNEL TD 02	7,1	1,2	6,1	5/11/2002
TÚNEL TD 03/04	6,4	0,7	5,8	16/11/2002

6. Características do concreto da pista de rolamento

As principais características do concreto das placas do pavimento são: consumo de cimento CP III-40 de 350 kg/m^3 , fator a/c de 0,466, agregado graúdo com diâmetro máximo de 19mm, uso de pedrisco, agregado miúdo composto por areia natural e areia artificial, abatimento de medido pelo slump de 60mm no momento da passagem da pavimentadora (lançamento com slump de 70mm a 90mm dependendo da temperatura ambiente) e coeficiente de argamassa seca (k) 48%. A adoção desse teor de argamassa foi estabelecida pelo estudo de dosagem que determinou nesse percentual o menor consumo de água para a trabalhabilidade desejada.

A variação do slump de lançamento citada acima foi conseguida pela variação do percentual de aditivo plastificante polifuncional nas frentes de serviço.

O concreto foi produzido em três centrais do tipo dosadora-misturadora instaladas no canteiro de obras. Uma no planalto com capacidade de produção $60,0 \text{ m}^3/\text{h}$, uma no trecho de serra com $45 \text{ m}^3/\text{h}$ e uma em Cubatão $45 \text{ m}^3/\text{h}$ dotadas de misturadores de duplo eixo horizontal com capacidade de $3,0 \text{ m}^3$ na central do planalto e $2,0 \text{ m}^3$ nas duas outras. O concreto foi transportado em caminhões betoneiras de $7,0 \text{ m}^3$.

O volume de concreto do pavimento rígido executado foi de 41.104 m^3 . Sendo 14.065 m^3 no trecho onde foi executada a terraplenagem, 6.059

m^3 em viadutos e pontilhões e 20.980 m^3 nos túneis. A placa padrão tem 3,50 m de largura, 5,00 m de comprimento e 0,22m de espessura, exceto sobre viadutos que tem 10 cm de espessura.

As duas centrais britagem, uma de 100 t/h e outra de 60 t/h tiveram toda a produção do secundário rebritada em equipamento Barmac para correção da lamelaridade. No sistema de britagem maior foi usado um Barmac 7.000 e no menor um Barmac 6.000.

7. Execução e controle do pavimento

O controle da resistência característica de projeto foi feito pela ruptura por tração na flexão de corpos de prova prismáticos confeccionados conforme NBR 5738 e ensaiados conforme NBR 12.142.

A frequência de amostragem para verificação de consistência foi de 100% nas betoneiras nas saídas das centrais e depois quando da recepção do concreto nas frentes de serviço. Havendo necessidade de correção do slump do concreto, este ajuste era feito com adição de aditivo plastificante polifuncional no momento do lançamento. A frequência de moldagem de corpos de prova para ensaio de resistência foi de uma amostragem a cada 15 m^3 .

Paralelamente às moldagens de corpos-de-prova prismáticos, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos para estabelecimento de correlação com a resistência à compressão axial.

**DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO – ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA – NBR - 9778
PLANALTO PAVIMENTO RÍGIDO**

Local da extração	Amostra	Absorção (%)	Índice de Vazios (%)	Massa Esp. Seca (T/m³)	Massa Esp. Saturada (T/m³)	Massa Esp. Real (T/m³)	Resistência (MPa)
km 44 + 500 FAIXA 1	1	5,52	12,33	2,23	2,36	2,55	28,7
km 44 + 560 FAIXA 2	2	5,24	11,87	2,27	2,38	2,57	28,5
km 44 + 710 FAIXA 3	3	5,43	12,20	2,25	2,37	2,56	33,3
km 45 + 310 FAIXA 3	4	5,58	12,51	2,24	2,37	2,56	33,6
km 45 + 350 FAIXA 2	5	5,85	13,05	2,23	2,36	2,57	32,6
km 45 + 390 FAIXA 3	6	5,64	12,57	2,23	2,35	2,55	30,1
km 45 + 430 FAIXA 1	7	5,80	12,84	2,22	2,34	2,54	28,3
km 45 + 550 FAIXA 3	8	5,57	12,52	2,25	2,37	2,57	33,8
km 45 + 645 FAIXA 2	9	5,35	12,15	2,27	2,39	2,58	31,8
km 45 + 760 FAIXA 1	10	5,47	12,47	2,28	2,40	2,60	33,6
km 45 + 835 FAIXA 3	11	5,36	12,19	2,28	2,40	2,59	30,9
km 45 + 940 FAIXA 2	12	5,52	12,61	2,29	2,41	2,62	33,2

Os resultados do controle estatístico tendo como lote trechos de pavimento são apresentados no quadro ao lado.

Complementou-se o controle dos concretos do pavimento com extrações de testemunhos do pavimento pronto para a controle de espessura, posicionamento da tela, resistência à compressão, massa específica, absorção e índice de vazios em idades variáveis.

Diversas combinações de agregados e cimentos foram estudadas para verificação sobre a possibilidade de ocorrência de reação álcali agregado. Utilizou-se na obra as combinações cimento-agregado inócuas.

Para a camada de concreto simples na espessura de 22 cm ou de 10 cm com tela metálica, a máquina empregada foi a Bid-Well 5.000 treliçada. As vantagens desse tipo de pavimentadora, analisado durante os estudos de viabilidade foram: equipamento leve o suficiente para operar sobre os viadutos com vão de até 90 m, execução de pavi-

mento em toda a largura da via de uma única vez, versatilidade para modular em várias larguras de pista e não apresentar restrições para operar dentro dos túneis e nem sobre tela metálica.

A pavimentadora é dotada de dois rolos lisos de acabamento, vibradores para adensamento e acabamento tipo Rota-Vibe, dois vibradores hidráulicos em forma de L de grande raio de ação com potência para vibrar uma placa de concreto de até 40 cm.

A velocidade de espalhamento médio foi de 14,0 m/h nos trechos em terrapleno com 14,5 m de largura, 18,0 m/h nos túneis com 11,10 m de largura e 16,0 m/h nos viadutos com 11,50 m de largura. Nos trechos em terrapleno e nos túneis com espessura de 22 cm o consumo máximo de concreto foi de 45,0 m³/h e nos viadutos com espessura de 10cm o consumo foi de 22,0 m³/h.

Devido à rampa média da rodovia (6%), a concepção inicial era de executar-se o espalhamento do concreto no sentido ascendente por temer-se o



Foto 4 – Detalhes da pavimentadora trabalhando sobre viaduto (A) e trecho em terrapleno (B)



Foto 5 – Vista geral da pavimentadora trabalhando em toda a largura da pista

escorregamento longitudinal do concreto na frente da máquina por causa da ação dos vibradores da máquina e daqueles manuais face ao “slump” do concreto. Aconteceu que houve escorregamento do concreto espalhado formando ondas atrás da máquina. Assim, a pavimentação foi executada no sentido descendente e foi observado que a máquina servia de contenção para o escorregamento do concreto espalhado.

Os dados obtidos pela passagem do perfilógrafo Califórnia, cedido pela ABCP, confirmaram o acerto. Onde constatadas irregularidades (“bump”) acima do máximo especificado no acabamento houve correção pelo esmerilhamento da superfície das placas com máquina apropriada. Embora a especificação do Edital que normatizava o controle do acabamento da placa de concreto fosse omissa, a Ecovias determinou a medida do IP (índice de perfil) e a tolerância, para um “blanking band” de 5mm fosse menor que 240

mm/km com bump máximo de 10mm.

Nos viadutos o controle da irregularidade superficial foi realizado através da régua de 3,00 e a medida feita pela introdução de uma cunha metálica calibrada no vazio entre a placa e o plano inferior da régua. As irregularidades superiores a 3mm foram eliminadas por fresagem do concreto da placa.

O projeto do pavimento sobre viadutos previa a aplicação de tela Q138 (270 kg/m², fio de 4,2 mm), mas durante a execução verificou-se que a tela não apresentava a rigidez necessária para manter-se acima da linha neutra e foi trocada por tela Q246 (390 kg/m², fio de 5,6 mm), mais rígida. Para manter o posi-

cionamento também foi providenciada a colocação de cavaletes de apoio fixados ao concreto da laje em substituição aos espaçadores de plástico e treliças metálicas.

No auxílio do lançamento do concreto sobre os viadutos foi utilizado um equipamento com esteira rolante montado sobre chassi de caminhão – foto 8. Nos trechos sem tela – túneis e terrapleno – o lançamento foi feito pela descarga direta do caminhão betoneira – foto 5.

As barras de transferência entre placas foram mantidas na posição com auxílio de treliças colocadas nas extremidades das barras. Em uma extremidade as barras foram soldadas à treliça e na outra as barras foram engraxadas e amarradas à treliça.

Nesses quatro anos de uso o pavimento tem comportamento compatível com o esperado, sem qualquer patologia que merecesse intervenção.



Foto 6 – Verificação de bump durante a execução



Foto 7 – Pavimento sobre Viadutos - Situação inicial da tela sobre espaçadores plásticos (A) e a substituição por cavaletes fixados à laje e tela de maior rigidez (B) para mantê-la 4 cm abaixo do nível da superfície de rolamento

Analisando as especificações que regem a construção das placas de um pavimento rígido acreditamos ser de todo conveniente destacar:

a) No estudo de dosagem dos concretos determinar curva granulométrica e teor de argamassa que conduza ao menor teor de exsudação e menor água unitária;

b) Utilizar produto de cura química que atenda às exigências da norma ASTM C-309 e que não se re-emulsione com a água quando do corte das placas;

c) Deveria ser considerada na dosagem do concreto uma exigência quanto aos vazios e absorção de água, determinados pela NBR-9778. Inclusive, haver determinação nas normas de execução das placas de concreto, conforme sugere o livro Concrete Road, valores limites para aprovação do projeto de dosagem do concreto, além daquela referente à tração na flexão;

d) Na placa, extrair-se corpos-de-prova e seccioná-los em pelos menos três cilindros para determinar-se a uniformidade de compactação do concreto da placa ao longo da sua espessura.



Foto 8 – Equipamento de lançamento de concreto sobre viadutos - trecho com tela



Foto 9 – Barras de transferência e ligação

1 - Floting



2 - Correção de Bump



3 - Texturização



4 - Cura Química



5 - Serragem das Juntas



6 - Selagem das Juntas



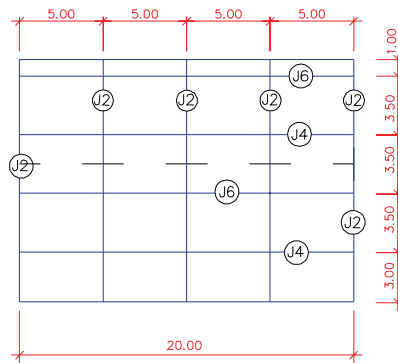
7 - Perfilógrafo Califórnia



8 - Fresa para Remoção de Bump

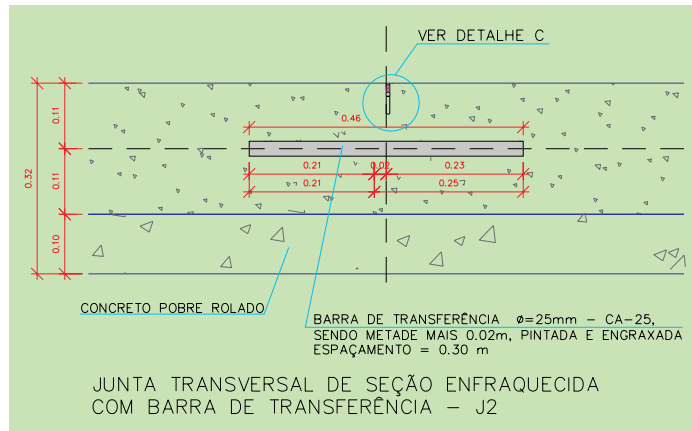


Modelos de barra de ligação e transferência

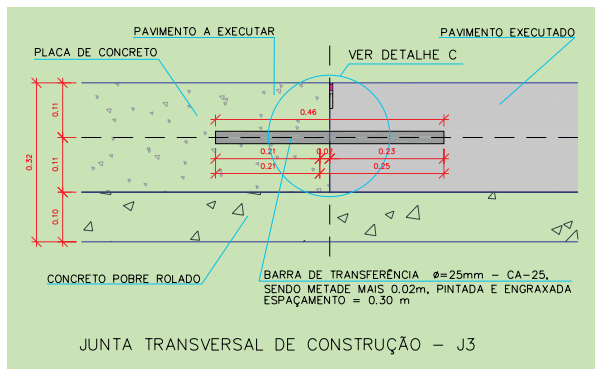


MÓDULO B

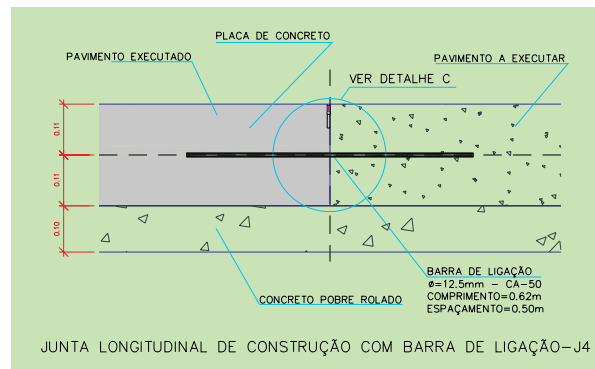
Disposição padrão das juntas



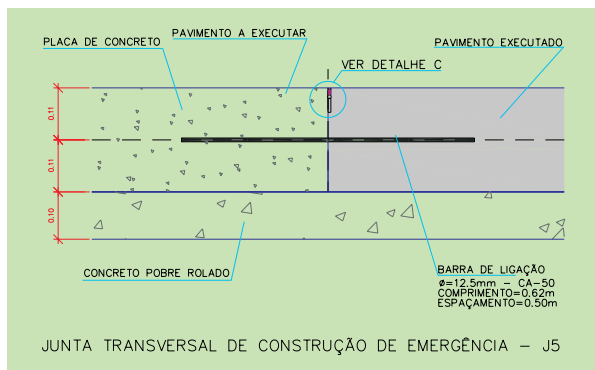
JUNTA TRANSVERSAL DE SEÇÃO ENFRAQUECIDA COM BARRA DE TRANSFERÊNCIA - J2



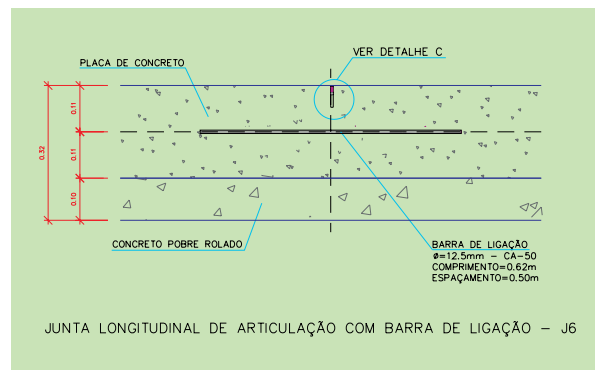
JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUÇÃO - J3



JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUÇÃO COM BARRA DE LIGAÇÃO-J4



JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUÇÃO DE EMERGÊNCIA - J5



JUNTA LONGITUDINAL DE ARTICULAÇÃO COM BARRA DE LIGAÇÃO - J6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Oliveira, Daltro Alves: "Utilizando o Concreto na Execução da Segunda Pista da Rodovia dos Imigrantes" Anais da 4ª Conferência Anual - IBC
- Especificações Técnicas da Figueiredo Ferraz Consultoria e Engenharia de Projetos Ltda.
- Especificações Técnicas da Ecovias e da DERSA.
- "Data-Book" - C.R. Almeida S.A.
- Ferrari, Manuel Carlos - "Processos Executivos de Pavimento de Concreto" - 1º Seminário DERSA Rodovia dos Imigrantes - 1976
- Concrete Roads Design and Construction - Road Research Laboratory



Engenharia Civil, a Engenharia da Civilização: uma das profissões mais importantes para a sociedade moderna

Rudney C. Queiroz
Professor Livre Docente – Geotecnia/Ferrovias
Departamento de Engenharia Civil
Universidade Estadual Paulista – Unesp
Campus de Bauru (SP)

A Engenharia Civil é uma das profissões mais antigas da humanidade. A história da engenharia civil se confunde com a história da humanidade e, portanto, com a história da civilização, desde a idade antiga até os dias atuais. Contar essa história é praticamente impossível, pois por detrás dela está cada construção feita pelo homem em todas as épocas e em todas as partes do mundo. Cada livro de história descreve o homem inserido com suas manifestações arquitetônicas,

disputas territoriais, políticas e filosóficas. Desde a antiga Mesopotâmia, Índia, China, Egito, Grécia, Roma, entre outras civilizações, a engenharia civil esteve viva e participativa, pois é uma engenharia que faz parte do ser humano e do seu habitat. A engenharia civil e a arquitetura têm a mesma origem, ou seja, são filhas da mesma mãe Minerva (Deusa Grega da sabedoria); o verbo engenhar tem o mesmo significado do verbo arquitetar, considerando a propensão da engenharia civil à

estática e segurança e da arquitetura ao espaço e estética.

A primeira denominação para a engenharia civil vem dos Romanos "*Ingenium Civitas*", isto é, engenharia das cidades ou engenharia da civilização, pois foi a profissão que durante o Império Romano era responsável por projetar e construir as estradas, pontes, aquedutos, palácios, sistemas de esgotos, sistemas de abastecimento de água, termas, ou qualquer obra ligada à vida das pessoas. Na Idade Média e até o Século XVIII, a engenharia civil passou a ser denominada simplesmente "engenharia", sendo "engenheiro" o profissional que projetava e construía tanto obras civis como militares.

Modernamente, a denominação de engenharia civil passou a ser utilizada a partir do início do Século XVIII, mais precisamente em 1744, na Escola Politécnica de Paris, na França, quando houve a separação entre engenharia militar e civil. No Brasil, o primeiro curso de engenharia civil foi criado, em 1836, na Escola Nacional de Engenharia, no Rio de Janeiro.

A engenharia civil era naquela época e continua sendo até os dias atuais uma profissão muito ampla e de grande importância para a sociedade moderna, implicando em muita responsabilidade para quem a exerce. É uma profissão-fim, pois é responsável pelo planejamento, projeto, coordenação, fiscalização, construção, operação e manutenção de qualquer obra ou atividade ligada à indústria da construção civil.

A engenharia civil esta presente em todos os lugares da Terra e em todos os momentos da nossa vida, enquanto cidadãos. Está presente quando dirigimos o nosso automóvel por uma rodovia, rua ou avenida, no Metrô que viajamos, no edifício que trabalhamos, na residência em que vivemos, na água que consumimos, no lixo ou esgoto que descartamos, na produção de energia elétrica, nos aeroportos que decolamos e aterrissamos com as aeronaves, nos portos onde são feitos os transbordos de mercadorias, nas ferrovias, nas hidrovias, nos túneis, no trânsito urbano, no planejamento dos sistemas de transportes de passageiros e de mercadorias, no planejamento urbano e territorial, nas barragens e diques, nas pontes e viadutos, nas indústrias, nas escolas, nos hospitais, nas áreas de lazer; enfim, em qualquer espaço construído ou modificado pelo homem na superfície e sub-superfície terrestre.

Na história moderna, a engenharia civil produziu mudanças na geografia da Terra, com a construção de grandes canais, como o Canal do Panamá, ligando o Oceano Atlântico ao Pacífico; e o Canal de Suez, ligando o Mar Mediterrâneo ao Mar Vermelho; construção de grandes túneis, pontes espetaculares, ferrovias transcontinentais, ilhas artificiais para grandes aeroportos, entre outras. Durante a sua história produziu inúmeros eminentes profissionais que deixaram suas contribuições para a ciência e engenharia. O nome desses profissionais é quase impossível de descrever,

mas podem ser citados alguns como Henry Darcy (1803-1858), William Rankine (1820-1872), Christian Otto Mohr (1835-1918), Ferdinand de Lesseps (1805-1894), Gustave Eiffel (1832-1923), Hardy Cross (1885-1959), John Frank Stevens (1853-1943), Karl Terzaghi (1883-1963), entre outros. O Brasil possui uma galeria de grandes profissionais, como André Rebouças, Lucas Nogueira Garcez, Figueiredo Ferraz, Luiz Alfredo Falcão Bauer, Odair Grillo, Emílio Baumgart, Fernando Lobo Carneiro, entre outros, que deram enorme contribuição à engenharia civil nacional. Não se pode deixar também de citar o eminente arquiteto Oscar Niemeyer, que com a arquitetura de formas ousadas ajudou a impulsionar o desenvolvimento do concreto armado no Brasil.

A engenharia civil está tão intimamente ligada à sociedade moderna e à segurança do ser humano nos diversos espaços construídos que pode ser considerada uma engenharia social, pois dela depende, em grande parte, a vida do homem em sociedade. Segundo o Prof. Donald P. Coduto (1999), "*Os engenheiros civis protegem a saúde pública projetando e construindo sistemas que oferecem água potável e saneamento básico. Nenhuma outra profissão, além da medicina, tem feito mais para reduzir a disseminação de doenças e salvar vidas*".

As principais áreas da engenharia civil são: estruturas, estradas e transportes, geotecnia, hidráulica e saneamento, meio ambiente, materiais e construção civil.

O engenheiro civil é o engenheiro da Indústria da Construção Civil, sendo, portanto, um engenheiro pleno, e as suas realizações trazem uma enorme gratificação na prática da profissão. Pois, é uma profissão em que o resultado do trabalho do profissional permanece por longo período de tempo servindo a humanidade, como uma estrada, um edifício, ou qualquer outro tipo de obra.

O exercício dessa profissão exige uma série de conhecimentos científicos e tecnológicos, principalmente nas áreas de física, matemática, estruturas, hidráulica, geologia, geotecnia, meio ambiente, ciência dos materiais, topografia, administração, produção, logística, informática, economia, arquitetura, urbanismo, planejamento, humanidades, ética profissional e, modernamente, até química e biologia, além de outros.

Os profissionais devem possuir formação acadêmica sólida com comprovado e continuado aperfeiçoamento através de cursos de especializações e pós-graduações, incluindo a prática profissional ao longo da carreira.

Apesar do elevado desenvolvimento científico e tecnológico da engenharia civil nos dias atuais, a sociedade ainda está sujeita a sérios acidentes, tanto no Brasil como em outras partes do mundo. As lições tiradas desses acidentes, muitas vezes de triste memória, servem para o aperfeiçoamento de novas técnicas e metodologias que serão utilizadas para o bem da sociedade. ♦

Edificio de oficinas de la Empresa Municipal de Transportes, EMT, en Madrid

Hugo Corres-Peiretti

Prof. Dr. HC Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

José Romo

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Javier León

Prof. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

FHECOR – Ingenieros Consultores

1. Introducción

En este edificio radica la nueva sede de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid. El proyecto del edificio corresponde al Estudio Cano Lasso, el proyecto de la estructura a FHECOR Ingenieros Consultores y la construcción fue llevada a cabo por FERROVIAL-AGROMAN y ACS, siendo CALLFER SA el subcontratista de la estructura metálica. Las obras concluyeron a comienzos de 2004.

Los edificios están situados en un solar céntrico (figura 1), próximo a la estación ferroviaria de Atocha, y colindantes con unos puentes que permiten saltar la playa de vías férreas.

La idea de los arquitectos (figura 2) fue, desde el principio, la de crear una planta baja muy diáfana, con dos edificios muy diferentes: el 1, metálico y ligero, más grande, y el 2, menor, más masivo, de hormigón. Ambos edificios comparten tres sótanos bajo rasante.

2. Edificio 1

El edificio 1, con volumen mayor que su vecino el 2, es un paralelepípedo de 87,60 m de largo, 14,25 m de ancho y 27,2 m de alto (figura 3). Este prisma alberga seis forjados sobre rasante. Para dejar la planta baja diáfana, el edificio se apoya tan sólo en dos núcleos de hormigón armado separados



Figura 1 – Ubicación de los edificios

52,80 m entre ejes, de manera que la estructura del edificio vuela sobre los núcleos 26,40 m y 8,40 m en cada uno de sus extremos.

Para materializar la diáfana de la planta baja, los forjados situados sobre ella se cuelgan del nivel de cubierta. Para ello se han diseñado dos vigas de gran canto, paralelas a las fachadas más largas, que se apoyan directamente sobre los dos núcleos de hormigón armado, que transmiten la carga directamente a la cimentación. Una particularidad importante de la coronación de los núcleos es que han de albergar los apoyos de las dos grandes vigas. Dado que la carga transmitida por las vigas (toda la estructura horizontal, en definitiva) se aplica en la coronación de los núcleos (20.000 kN en el núcleo 1 y 9.000 kN en el 2), se han dispuesto unos aparatos

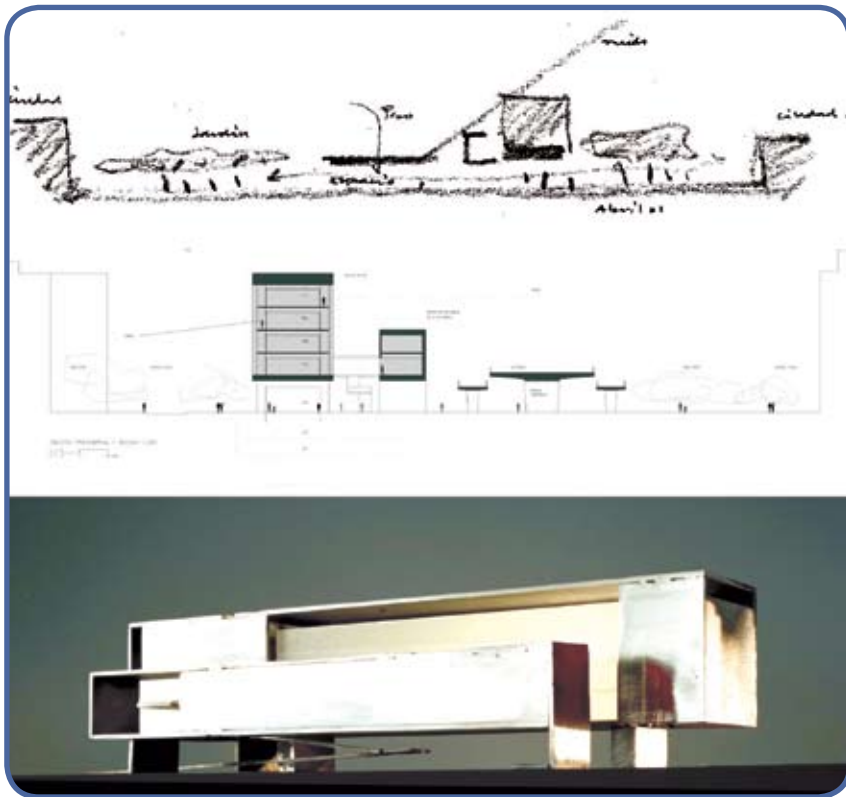


Figura 2 – Idea de los arquitectos para los dos edificios

de apoyo tipo POT, cuyas dimensiones han forzado la disposición de unos cabeceros de mayor anchura que la de las pantallas.

Las dos vigas principales se han proyectado en acero, de alma llena (figura 4), como mejor solución técnica y constructiva frente a otras alternativas como celosías o vigas de hormigón. Para el dimensionamiento y la comprobación de las vigas de cubierta se ha partido de los esfuerzos deducidos del análisis estructural, teniendo en cuenta que la sección metálica es la responsable, en primera instancia, de resistir las acciones de peso propio y de las prelasas de los dos forjados que terminan por configurar una sección cajón en cubierta: losa superior (prelasas y hormigón *in situ*) sobre el alma superior e igual solución sobre el ala inferior. Una

vez endurecido el hormigón, para el resto de cargas permanentes y sobrecargas (plantas inferiores que penden de este gran cajón superior), el conjunto se comporta como una pieza que moviliza la doble acción mixta.

La estructura de las plantas, constituida un doble sistema de vigas transversales y correas longitudinales sobre las que se apoya un forjado de chapa plegada mixto de 0,11 m de espesor total, se suspende de las vigas principales superiores mediante parejas de barras separadas 4,80 entre ellas (figuras 6 y 7).

Con el fin de conferir rigidez al sistema frente a las acciones horizontales, los forjados de cada planta se vinculan a los núcleos mediante dispositivos que coartan los movimientos horizontales, pero no los verticales (figura 8), para no introducir *puntos duros* en el sistema de apoyo de los forjados. De esta manera, los forjados actúan como vigas de gran canto en su plano, gracias, tanto a la capa de compresión del forjado nervado, como al emparillado formado por vigas principales y correas, lo

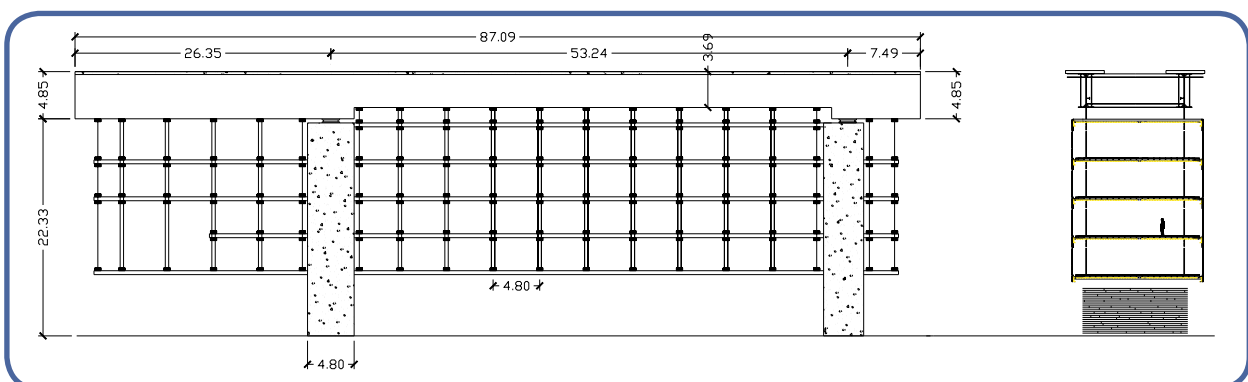


Figura 3 – Geometría del edificio 1

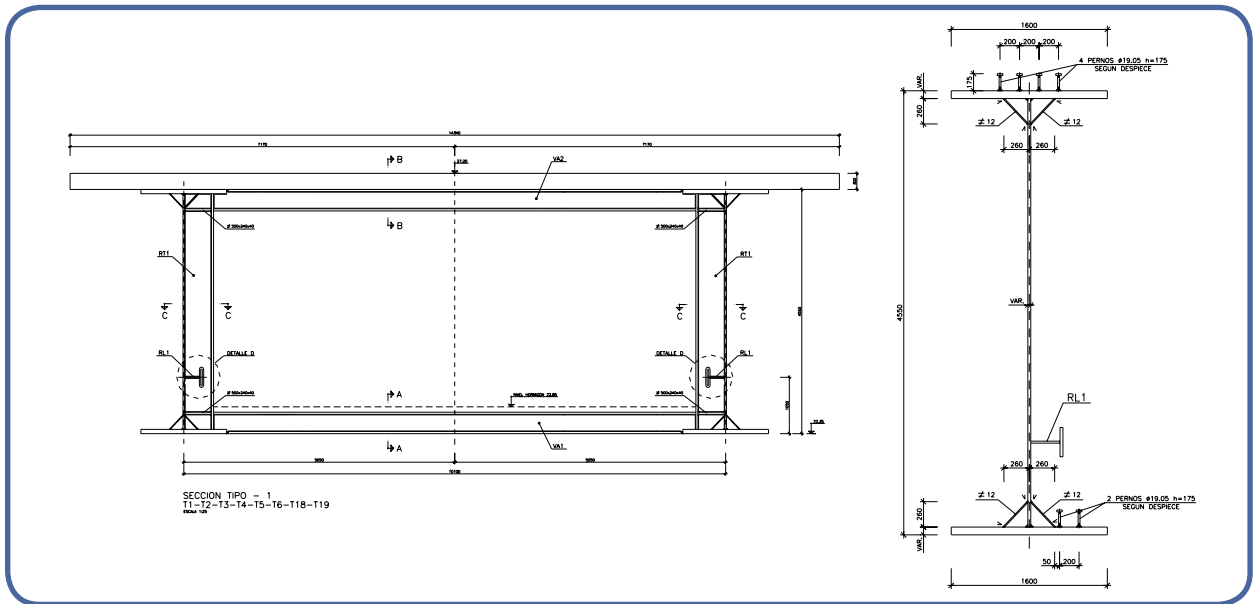


Figura 4 – Sección transversal del conjunto viga cajón que configuran las dos vigas metálicas longitudinales y las losas superior e inferior (izquierda). A la derecha, detalle de la sección transversal tipo de las vigas superiores

que permite traspasar las cargas de viento desde los forjados a los núcleos de hormigón.

Los tirantes están formados por barras especiales roscadas en toda su longitud (tipo DYWIDAG) y $f_y/f_s = 950/1050$ (N/mm²), de diámetros mayores en las plantas altas (responsables de resistir cargas mayores) y menores en las plantas inferiores. Los empalmes se materizaban me-

dante manguitos roscados, especiales cuando se hubo de dar continuidad a barras de diferente diámetro. El conjunto pende de la cara inferior de las vigas, coincidiendo con el alma de éstas (figura 9).

Las plantas inferiores del edificio, bajo rasoante, se han resuelto con forjados reticulares sobre pilares de hormigón.

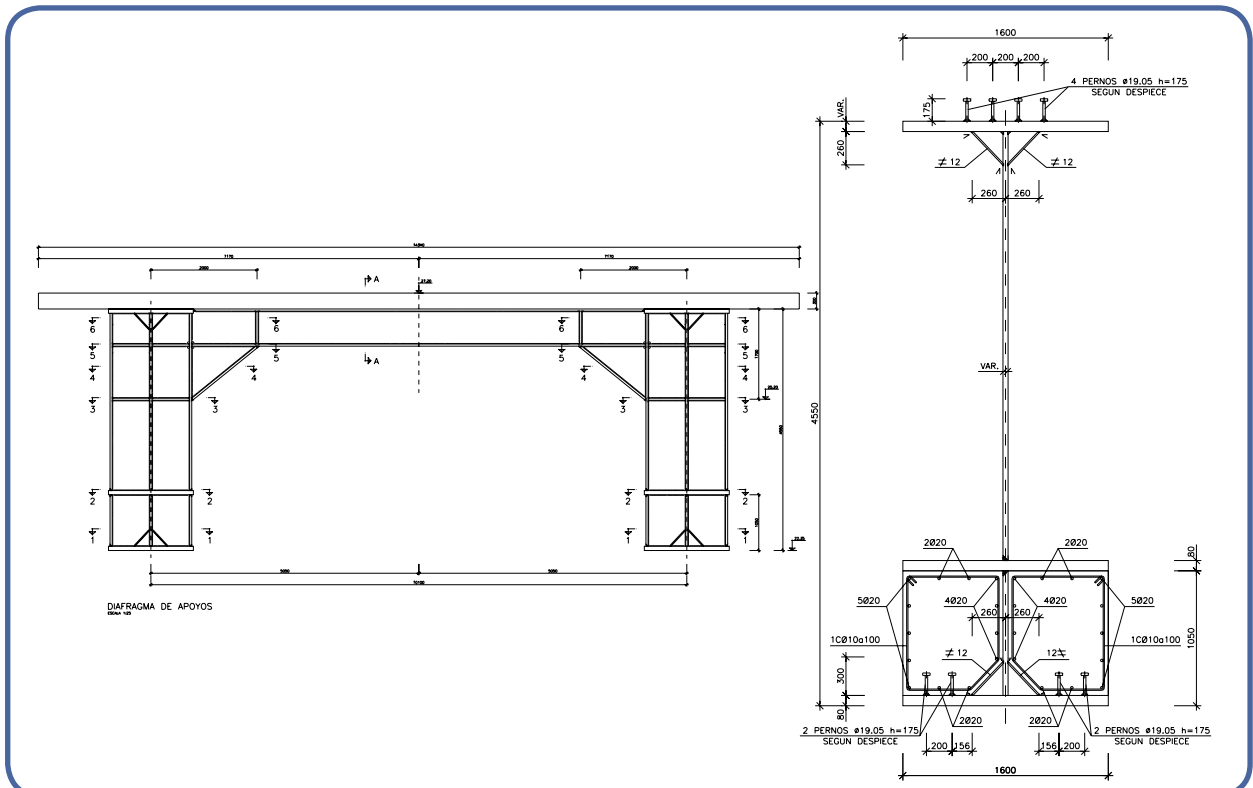


Figura 5 – Sección transversal en la zona de apoyos, con la parte inferior libre para dejar paso a la escalera y el ascensor

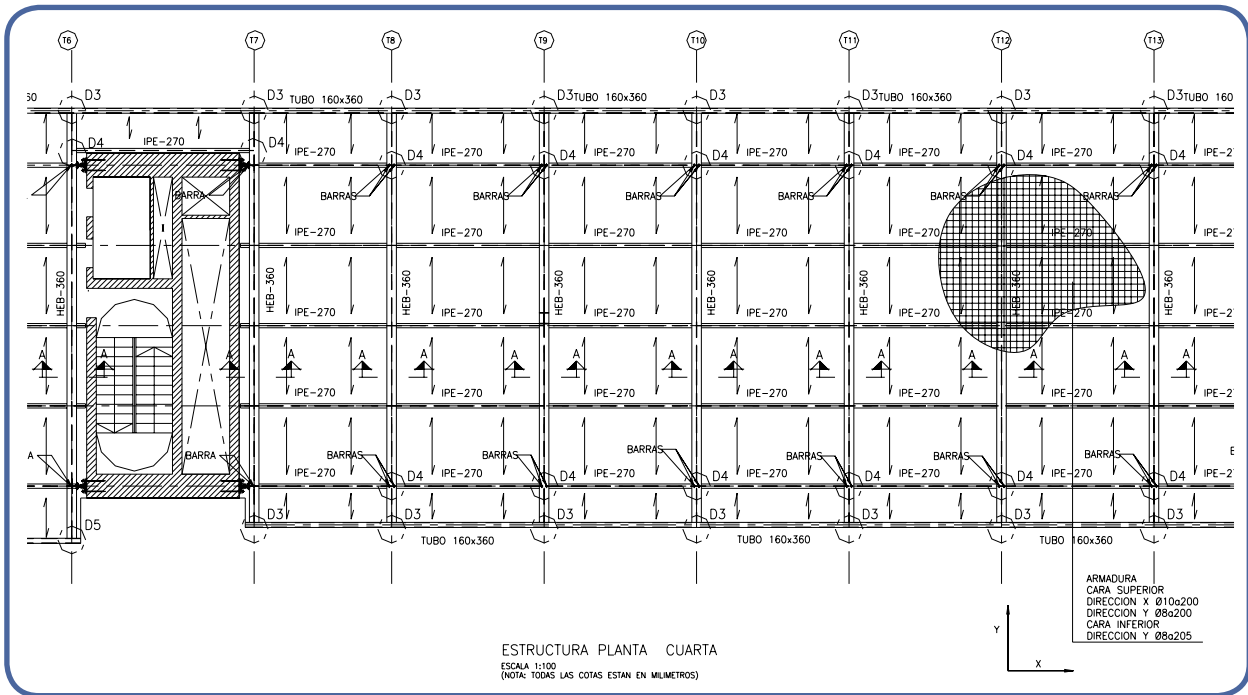


Figura 6 – Planta intermedia: emparrillado de vigas longitudinales y transversales con losa de hormigón sobre chapa grecada en la parte superior

La construcción de la estructura, una vez ejecutadas las pantallas de contención del terreno (ancladas al mismo durante la excavación) y los forjados de sótano y de planta baja (rasante), siguió las fases siguientes:

- ◆ 1. Construcción de los núcleos verticales de hormigón armado mediante encofrado trepante.
- ◆ 2. Transporte de las vigas principales a obra por tramos. Soldadura de unión en obra teniendo en cuenta la geometría de contraflechas definida en el proyecto. Las vigas se montaron junto a los núcleos, gravitando sobre la planta baja, que fue dimensionada para recibir las grandes sobrecargas de construcción.
- ◆ 3. Izado mediante grúas de gran capacidad de cada una de las dos vigas simultáneamente. Apoyo en el altar de los núcleos verticales de hormigón. Colocación del sistema de arriostramiento provisional, incluyendo el sistema de fijación lateral al núcleo.
- ◆ 4. Colocación vigas transversales de los niveles inferior y superior, así como los respectivos arriostramiento provisionales inferior y superior.
- ◆ 5. Montaje de las prelasas del nivel inferior de la bajo-cubierta y hormigonado de la losa inferior.
- ◆ 6. Montaje de las prelasas en cara superior una vez que el hormigón de la losa inferior haya alcanzado $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$. Hormigonado de la losa superior. Retirada del arriostramiento cuando el hormigón de la losa superior haya alcanzado $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$.

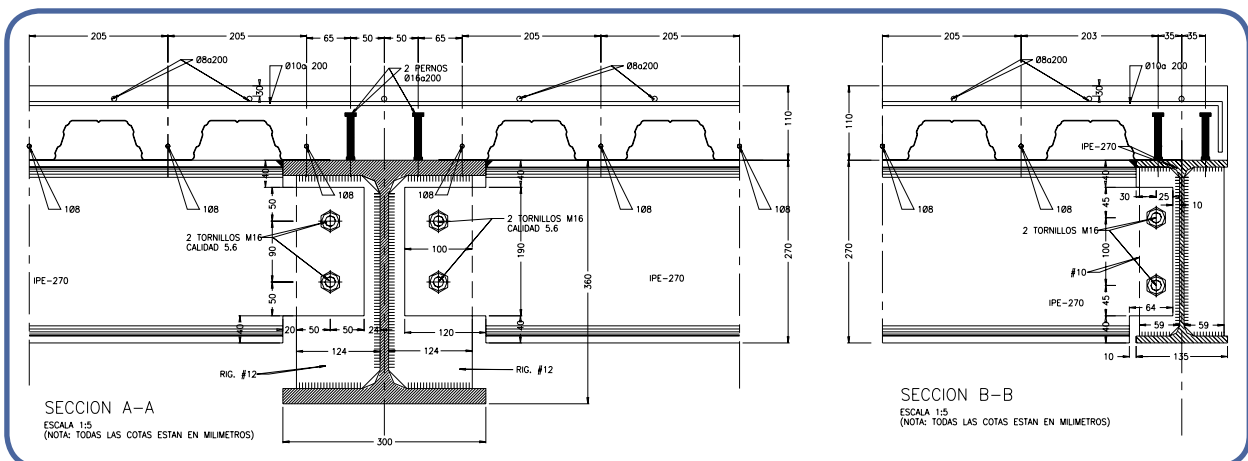


Figura 7 – Secciones transversales tipo de los forjados intermedios

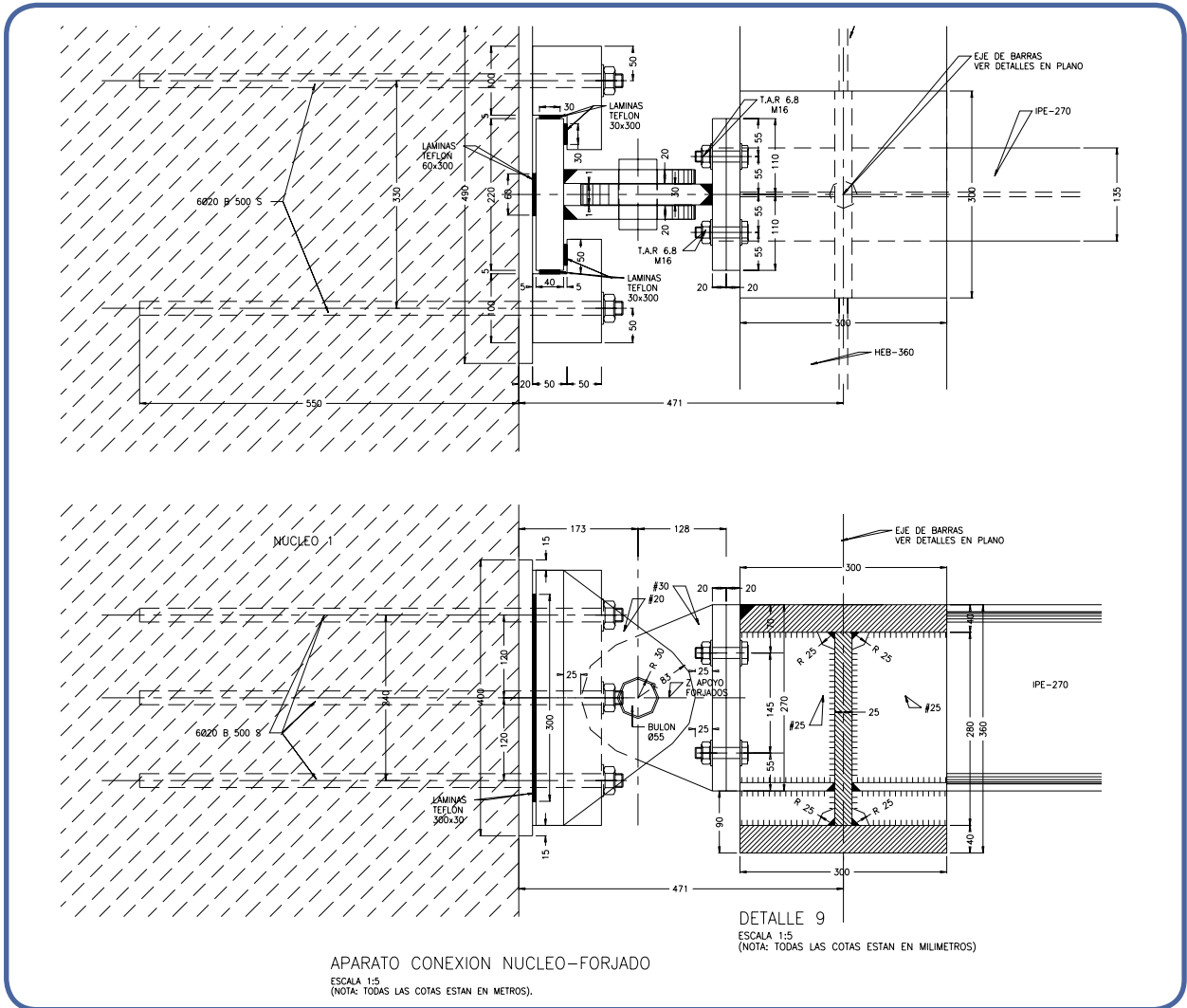


Figura 8 – Dispositivos para transferir a los núcleos las acciones horizontales de viento, pero no coartar los movimientos verticales, con el fin de no crear *puntos duros* y mantener el esquema general de elementos colgados

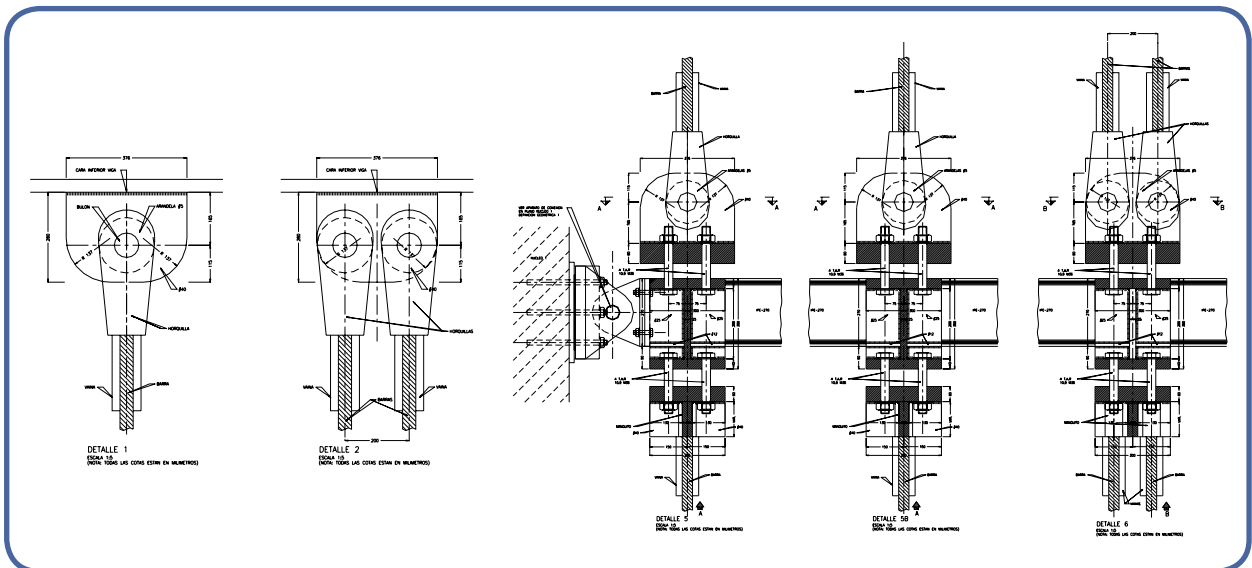


Figura 9 – Detalle del encuentro de las cabezas de los tirantes a la cara inferior de las vigas longitudinales. Obsérvese que el primer tramo de tirante, el inmediatamente situado bajo la gran viga longitudinal, está biarticulado mediante pasadores, con el fin de no provocar flexiones indeseadas en las barras en ese primer tramo tan corto (1,25 m)

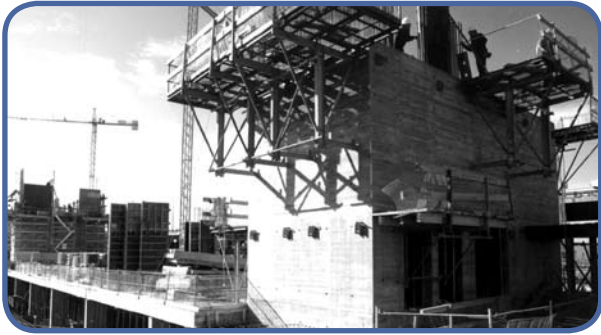


Figura 10 – Construcción de los núcleos verticales mediante encofrado trepante

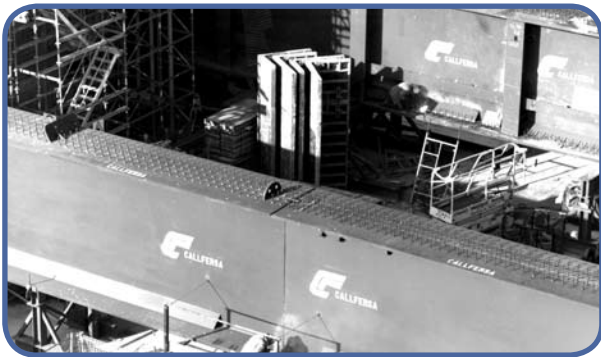


Figura 11 – Montaje, sobre la planta baja, de las grandes vigas longitudinales, transportadas a obra desde taller por tramos

- ◆ 7. Disposición, bajo el eje de la cara inferior de las vigas, de las barras de cuelgue del forjado de ático.
- ◆ 8. Montaje, mediante grúas y dispositivos de elevación, de los perfiles longitudinales y transversales de esa planta. Simultáneamente, se fueron disponiendo los elementos de arriostramiento provisional, mediante barras diagonales en la cara inferior.
- ◆ 9. Montaje del forjado metálico de chapa grecada.
- ◆ 10. Empalme de las barras de cuelgue de la planta cuarta mediante los oportunos manguitos.
- ◆ 11. Construcción del forjado metálico de planta cuarta.
- ◆ 12. Repetición de las fases 10 y 11 para las restantes plantas.
- ◆ 13. Hormigonado de los forjados, comenzando por la planta superior. El hormigonado se realizó por calles.
- ◆ 14. Ajuste final de geometría mediante los tirantes.

Las figuras 10 a 14 ilustran algunas de estas operaciones.

Una exigencia particular de este edificio fue satisfacer dos necesidades aparentemente contrapuestas: por una parte, una adecuada protección frente al fuego, que se logra habitualmente mediante la disposición de un espeso recubrimiento y, por otra parte, dejar el mínimo diámetro de forro exterior posible con el objeto de dejar patente su misión estructural de elemento de cuelgue sometido a tracción desde las vigas de corona-

ción. Esbeltez y espesor son conceptos contrapuestos que exigieron grandes dosis de ingeniería, en el sentido más etimológico del término, para dar con una solución de compromiso.

De conformidad con la reglamentación vigente en el momento de redactarse el proyecto y realizarse la construcción (NBE-CPI 96), se había de asegurar una estabilidad al fuego de 90 minutos en las plantas destinadas a oficina y 120 minutos en la zona correspondiente al salón de actos, en la parte norte de la planta primera (bajo el gran voladizo de 25 m, figura 16). En ese sentido, así como las vigas de cubierta y la estructura mixta de los forjados admiten medidas convencionales de protección contra el fuego, los referidos tirantes constituyen una verdadera singularidad por diferentes motivos:

- ◆ Se trata de elementos esbeltos de elevada masividad, fuera de los rangos habituales.
- ◆ Están constituidos por barras de alto límite elástico, de las utilizadas en estructuras de hormigón pretensado, con probadas prestaciones mecánicas (capacidad portante, comportamiento frente a fatiga, etc.), pero con un comportamiento frente al fuego diferente del de los aceros estructurales convencionales (perfiles y chapas laminadas). (El límite elástico de las barras se reduce a 450 N/mm²



Figura 12 – Izado de una de las vigas longitudinales mediante grúas. Obsérvese que, adosado a la viga, se encuentra ya el encofrado del voladizo



Figura 13 – Vista del conjunto cuando se ha montado el primer forjado metálico bajo cubierta



Figura 14 – Vista del conjunto en la fase de montaje descendente de forjados metálicos



Figura 15 – Vista del edificio 1 terminado



Figura 16 – Vista del salón de actos. Al fondo, dos parejas de tirantes

cuando la temperatura es de unos 550°C y a 300 N/mm² si la temperatura alcanza los 650°C.)

- ◆ Que sepan los autores, en el momento de redactarse el proyecto no existían ejemplos de realizaciones similares, es decir, tirantes interiores a la fachada (los exteriores se encuentran en mejores condiciones frente al fuego).

La solución, tras una interesante campaña experimental en el AFITI-LICOF, pasó por probar diferentes procedimientos de aislamiento compacto con manta de lana con fibra de vidrio y un sellado específico, todo ello encerrado en dos medias cañas engatilladas de acero inoxidable.

3. Edificio 2

El edificio 2, situado tras el 1, hacia los pasos superiores sobre la playa de vías, es un gran paralelepípedo de 69,60 m de largo, 8,40 m de ancho y 10 m de altura, apoyado en 5 pantallas transversales de una gran esbeltez (0,40 m de ancho para una altura de 4,70 m) que dejan unos importantes voladizos extremos de 7,20 m. El edificio, sobrio, consta de tres niveles sobre rasante constituidos por losas de hormigón armado de 8,4 m de ancho y luces de 14,40 m (12,00 m en un caso, figura 17). Como se ha indicado ya, bajo la planta baja hay tres sótanos compartidos con el edificio 1. Por tanto, las pantallas arrancan de la cimentación, atraviesan los sótanos, dando apoyo a sus forjados, emergen sobre la rasante y, a 4,70 m sobre ésta, reciben el paralelepípedo descrito.

El forjado de la planta primera tiene una sección cajón de 1,10 m de canto, formada por dos losas, una superior y otra inferior de 0,20 m, unidas por seis nervios de 0,40 m de ancho y 0,70 m de canto. La cubierta tiene una sección similar, pero la losa superior se encuentra seccionada entre nervios una longitud de 0,80 m, que se cierran con piezas prefabricadas posteriormente. El forjado intermedio consta de una losa de 0,20 m de espesor y, además, dos vigas paralelas de hormigón armado de 1,10 m de canto total, que se hormigonan a la vez que la losa del forjado. Funciona por tanto como una gran viga π (figura 18).

La estructura se construyó también por fases mediante cimbra en todas sus plantas:

- ◆ 1. Construcción de las pantallas y la losa de planta primera mediante cimbra. El hormigonado de la losa de planta primera se realizó en dos fases, de manera que los aligeramientos de porexpan se dispusieron sobre la losa inferior una vez endurecida (figura 19).
- ◆ 2. Descimbrado y recimbrado (aflojar puntales hasta que estos pierdan el contacto y volver a aproximar sin apretar), cuando el hormigón alcanzó una resistencia mínima de 22,5 N/mm². Así la losa de planta primera resiste su peso propio y se relajan de carga los puntales que la sostenían.
- ◆ 3. Hormigonado de pantallas y muros hasta planta segunda. Se destaca (figura 20) que los muros exteriores, por exigencias de aislamiento, se construyeron interponiendo una plancha de porexpan en sentido vertical.

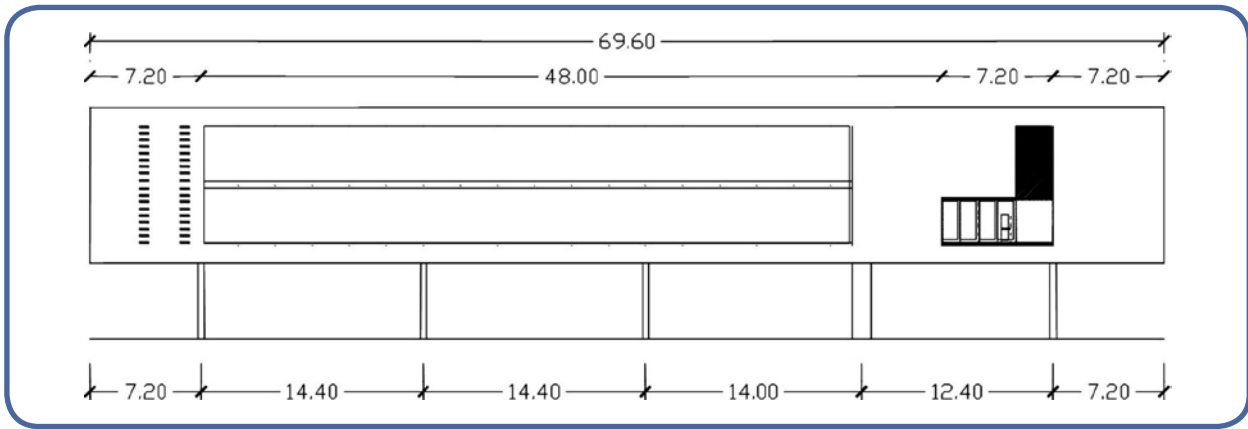


Figura 17 - Alzado del edificio 2

- ◆ 4. Cimbrado y hormigonado de la losa de la planta segunda.
 - ◆ 5. Descimbrado de la planta segunda y primera en este orden, cuando el hormigón alcanzó una resistencia mínima de 22,5 N/mm². De esa forma, la planta segunda se resiste a sí misma
 - ◆ 6. Hormigonado de pantallas y muros hasta planta cubierta.
 - ◆ 7. Cimbrado y hormigonado de la losa de la planta cubierta.
- y se liberan de carga los dos juegos de puntales.

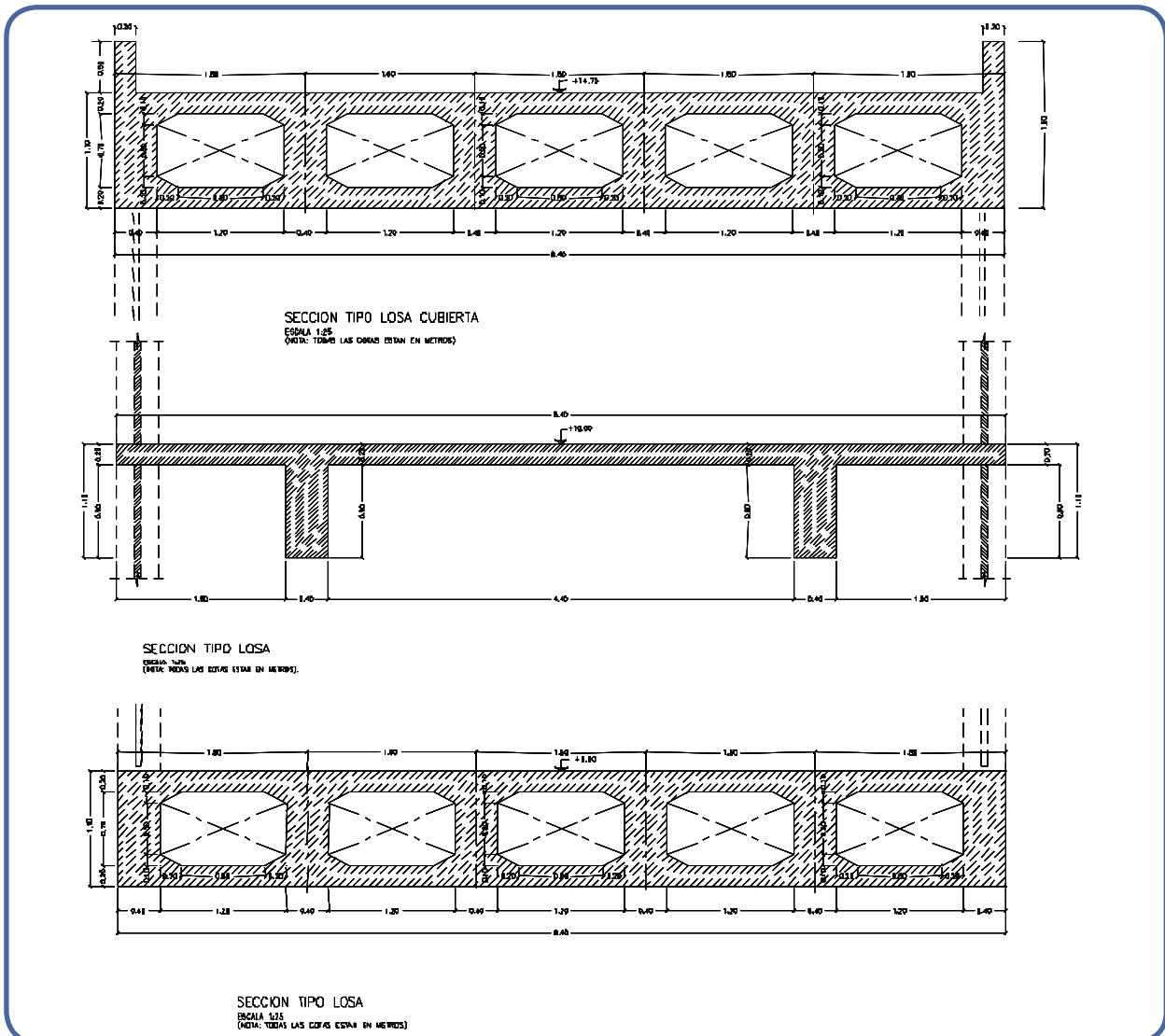


Figura 18 - Secciones transversales de las tres losas, de arriba abajo, cubierta, forjado intermedio y forjado superior



Figura 19 – Ferralla y hormigonado de la planta primera



Figura 20 – Hormigonado del muro exterior (hacia los pasos superiores)



Figura 21 – Aspecto final parcial del edificio 2

- ◆ 8. Descimbrado de la planta cubierta, segunda y primera, en este orden, cuando el hormigón alcanzó una resistencia mínima de $22,5 \text{ N/mm}^2$. El descimbrado se efectuó, en los vanos, desde el centro hacia los extremos. En los voladizos, desde el extremo hacia el empotramiento.

El resultado final (figura 21) es de una gran sobriedad de formas y una gran elegancia, resultado de una inteligente distribución de luces y alturas que, proporcionalmente, dan al conjunto una gran esbeltez. En palabras del arquitecto Gonzalo Cano, el espacio comprendido entre ambos edificios, comunicados por una pasarela apoyada en el edificio 2 y colgada de la viga de cubierta del edificio 1, con una escalera audaz, gobernada por las formas, es un “espacio gótico”, en tanto en cuanto es luminoso, evocador e invita a mirar a lo alto.

4. Consideraciones finales

Las dos estructuras descritas tienen una enorme singularidad y se caracterizan fundamentalmente por el uso de distintos materiales estructurales, los que mejor se adaptan a cada caso y elemento estructural, por el uso de procedimientos propios de la construcción de puentes a la construcción de edificios y por la intención de enriquecer una buena arquitectura con la mejor ingeniería estructural. Esta experiencia permite afirmar de nuevo que los ingenieros estructurales deben acercarse culturalmente a la arquitectura y darle el valor añadido que potencialmente pueden. ◆



Figura 22 – Diferentes aspectos del conjunto terminado

IBRACON tem participação decisiva na elaboração da Norma Brasileira de Estruturas Resistentes a Sismos

Sergio Hampshire de Carvalho Santos
Professor Adjunto, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Silvio de Souza Lima
Professor Adjunto, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Está oficialmente em vigor, desde 30 de Novembro de 2006, a NBR 15421 da ABNT, "Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento". Esta Norma foi elaborada pela CE-02:122.15 – Comissão de Estudo de Segurança nas Estruturas Resistentes a Sismos da ABNT. A elaboração desta Norma teve a participação decisiva do IBRACON, através de seu Comitê Técnico CT-301, que tem a coordenação do Dr. Fernando Stucchi. Participaram da Comissão, entre outros, os sócios do IBRACON, Sergio Hampshire C. Santos (como Coordenador), Rui Oyamada (como Secretário), José Zamarion Diniz, Fernando Stucchi, Ricardo Leopoldo França, Túlio Bittencourt, Inês Battaglin, Silvio de Souza Lima e Suely Bueno.

A iniciativa da elaboração da NBR 15421 partiu do comitê CT-301 do IBRACON, respondendo a uma realidade tecnológica incontestável, que é a de que os efeitos sísmicos nas estruturas não podem ser desconsiderados no Brasil e também a uma exigência da ISO ("International



Figura 1 – Zoneamento sísmico para o Brasil

Organization for Standardization") para a certificação da NBR 6118 ("Projeto de estruturas de concreto – Procedimento"), como norma internacional. Esta certificação deverá ser homologada pela ISO em seu próximo congresso a ser realizado no Brasil, em Salvador, em Maio do corrente ano.

A NBR 15421 considera que a maior parte do território brasileiro encontra-se em região de baixa sismicidade, mas também que em algumas áreas do Brasil se evidencia um potencial sísmico considerável, devendo os efeitos sísmicos ser considerados no projeto. O zoneamento sísmico definido pela Norma é apresentado na Figura 1.

O impacto e as consequências técnicas da aplicação da NBR 15421 ao projeto de estruturas no Brasil foram já discutidos pelos autores no artigo apresentado no 48º Congresso Brasileiro do Concreto (2006), organizado pelo IBRACON, com o título "Estimativa do Impacto no Projeto de Edificações da Proposta de Norma Brasileira de Sismos".



Estrutura de Concreto. Projeto da Vida Útil. Procedimento.

Presidente do CT: Prof. Paulo Helene

Secretário: Eng. Maurício Garcia

Início das atividades: 23 setembro de 2006

Durante o 48º Congresso Brasileiro do Concreto 48CBC2006, ocorrido no Rio de Janeiro, foi instalado o Comitê Técnico do IBRACON denominado “Estrutura de Concreto. Projeto da Vida Útil. Procedimento”, que tem por objetivo elaborar uma prática recomendada sobre o tema, ampliando em muito o proposto no atual texto da NBR 6118:2003.

A interessante reunião de instalação ocorreu no dia 23 de setembro de 2006, com a presença de vários profissionais e pesquisadores de renome nacional e internacional, a saber: Prof. Geraldo Isaia, Prof. Enio Figueiredo, Prof. André Guimarães, Prof. Jairo Andrade, Prof. Paulo Yugovich, Eng. Iria Doniak, Prof. Eliana Monteiro, Eng. Edna Possan, Prof. Luiz Oliveira, Eng. Leandro Sanchez, Eng. Paulo Souza, Prof. Zacarias da Silva Jr.

Além destes, outros profissionais de renome também manifestaram o seu interesse em participar deste comitê, a citar: Prof. Turíbio Silva, Eng. Zamarion Diniz, Dr. José Roberto Braguim, Prof. Wellington Repette, Eng. Paulo Fernando Silva, Prof. Francisco Graziano, Prof. Ricardo França, Eng. Jorge Batlouni, Eng. Sonia Freitas, Prof. Raul Husni, Prof. Pedro Castro, Eng. Inês Battagin, Eng. Marcelo Medeiros.

Durante a reunião, o Prof. Paulo Helene apresentou a proposta de trabalho ao grupo, baseando-se no exemplo promissor de outros documentos internacionais, como: “ACI-365 Service-Life Prediction” e o recém-publicado “Model Code for Service Life Design” (Bulletin nº 34) da fib (CEB-FIP).

Na ocasião, os engenheiros Leandro Sanchez e Maurício Grochoski fizeram uma breve apresentação das estruturas destes documentos respectivamente, o que serviu para ilustrar de forma bastante completa a proposta de trabalho deste CT.

Após algumas discussões, ficou claro a importância da elaboração de um documento de práticas recomendadas para o projeto, execução e manutenção de estruturas de concreto, tendo como foco principal a durabilidade e vida útil das estruturas, que venha a servir como material de referência a ser utilizado pelo meio técnico.

Após essa reunião inicial, o trabalho do grupo seguiu de forma bastante dinâmica através de comunicação eletrônica. Nesse período, foi discutido o sumário base do documento a ser desenvolvido pelo grupo, bem como começou a distribuição de atividades entre os membros do CT.

No dia 17 de novembro de 2006, novamente, ocorreu o segundo encontro do grupo na sede do IBRACON em São Paulo. Neste segundo encontro foi referendado o sumário base do documento, bem como foram discutidas as versões preliminares dos capítulos do mesmo – fruto do trabalho voluntário de diversos colaboradores que têm dedicado parte do seu escasso tempo para contribuir com o desenvolvimento deste projeto.

A atividade do grupo continua a todo vapor, mas ainda resta bastante trabalho a ser desenvolvido.◆

Efeito do confinamento pelo solo em tubulões de concreto

Prof. Dr. Eng. Mario Franco
JKMF

1. Introdução

É prática corrente a utilização de fundações em tubulões, executados quer a céu aberto quer sob ar comprimido (quando o nível do lençol freático assim o impõe). Em geral sua base alargada, submetida, como se sabe, a tensões horizontais de tração, não é armada; para evitar a necessidade de armá-la, basta verificar se a tensão de cálculo de tração (tensão característica da estrutura $\times \gamma_f$) é inferior à tensão de ruptura de cálculo do concreto (tensão característica de ruptura do concreto $\div \gamma_c$). Ou seja, citando Langendonck¹:

“Não haverá necessidade de armadura sempre que a máxima tensão de tração não ultrapassar o valor admissível para o material empregado (em geral podem admitir-se tensões até 1/10 da admissível à compressão, ...). No caso de blocos alongados o cálculo das tensões pode fazer-se pela teoria da elasticidade, considerando a existência de um estado duplo de tensão na sua tensão transversal. Admitindo, a favor da segurança, que as pressões do solo se distribuam uniformemente, indica a teoria que a tensão máxima de tração se verifica na face inferior do bloco e é igual a:

$$\sigma_{t \max} = \frac{p}{\frac{\operatorname{tg} \beta}{\beta} - 1} \quad (1)$$

Onde $p = P/bl$ é a pressão do solo sobre o bloco; P é a carga total, incluindo o peso do bloco; b é a largura do bloco e l o seu comprimento; e β é o ângulo que faz, com a horizontal, a face inclinada do bloco.

No caso de blocos não alongados, tem-se um problema a três dimensões, ainda não resolvido pela teoria da elasticidade. Parece que se lhe pode aplicar, sem desvantagem, a solução anterior.”

Fornece ainda, o trabalho citado, um gráfico que permite resolver facilmente a equação trigonométrica (1) acima indicada.

Para baixas tensões no solo (até 100 tf/m²) e para os concretos usuais, o ângulo $\beta=60^\circ$ (geralmente utilizado por motivos construtivos) é amplamente suficiente para atender à eq. (1). Tensões acima daquele valor são raras, e geralmente nesses casos o solo é constituído por rocha sã, de elevada resistência e alto módulo de deformação.

A eq. (1) consta da NBR-6122/96, “Cálculo e execução de fundações”, que permite, para ângulo $\beta=60^\circ$ e independentemente da tensão no solo, não armar a base, desde que esta esteja embutida pelo menos 20 cm em solo de características idênticas às do solo suporte². O Projeto de Revisão daquela Norma, de 18/10/2006, afirma em seu §4.4.7.2.: “Desde que a base esteja embutida em material idêntico ao de apoio, no mínimo 20 cm, um ângulo β igual a 60° pode ser adotado, independentemente da taxa, sem necessidade de armadura.”

2. Revisão das hipóteses de Langendonck

Tendo em vista a possibilidade (que inexistia na época da publicação do inestimável livro clássico em 2 volumes de Langendonck) de se efetuarem com rapidez e precisão análises tridimensionais por meio do método dos elementos finitos sólidos, tomamos a iniciativa de utilizar esse método para, inicialmente, verificarmos se o critério de projeto da eq. (1), válido para blocos alongados, é aplicável a blocos de seção circular.

Para tanto, analisamos, utilizando o programa SAP-2000, um tubulão com fuste de diâmetro 1,20 m, base circular de diâmetro 3,00 m, altura da base 1,56 m, ângulo da base $\beta=60^\circ$ e chanfro de 20 cm. Admitindo pressão constante no solo $p=200$ tf/m², a eq. (1) fornece tensão máxima de tração de:

$$\sigma_{t \max} = 1,53 p = 306 \text{ tf/m}^2$$

No entanto, a análise tridimensional por elementos finitos conduz a:

$$\sigma_{t \max} = 2,12 p = 424 \text{ tf/m}^2.$$

Revelou-se portanto contra a segurança, ao menos no caso estudado, a utilização da expressão (1) no caso tridimensional de tubulões circulares com pressão constante no solo.

¹ Van Langendonck, Telemaco, “Cálculo de Concreto Armado”, Vol. 2, pág. 331

² NBR-6122. “Projeto e execução de fundações” – 1996, pag. 27 - § 7.8.17.7 - Fig. 8 – Nota.

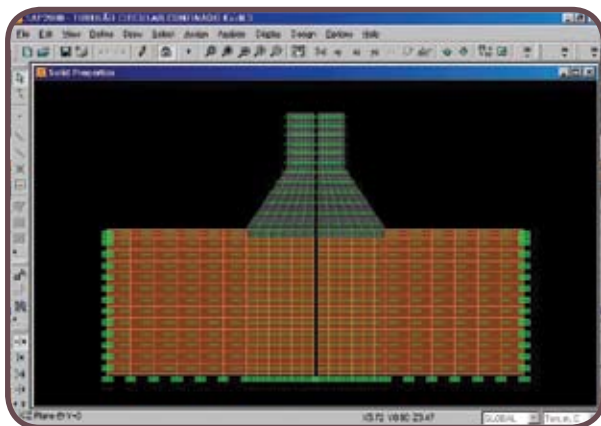


Figura 1

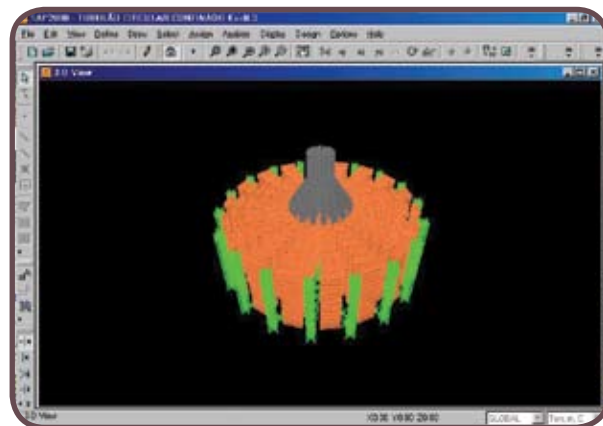


Figura 2

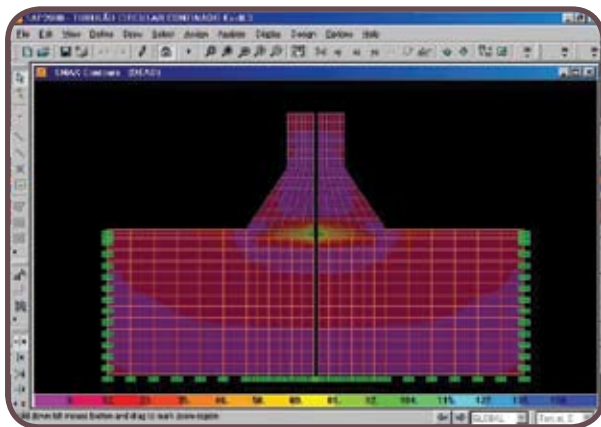


Figura 3

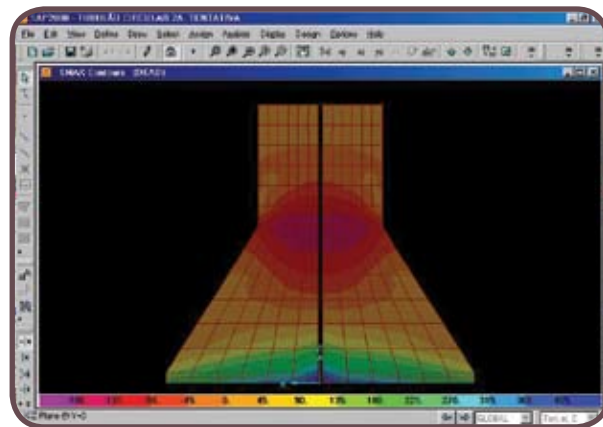


Figura 4

3. Revisão da influência favorável do confinamento pelo solo

Visando verificar o citado § 7.8.17.7. da Norma Brasileira de Fundações, que permite considerar a ação favorável do confinamento proporcionado pelo solo (base embutida 20 cm), foi gerado, utilizando o citado programa SAP-2000, um modelo tridimensional da base do tubulão com as dimensões e características indicadas no § 1 acima, e do solo subjacente e em seu redor (admitindo características iguais) até uma distância de 3,00 m tanto na vertical como na horizontal com relação à base (figs. 1, 2, 3 e 4). Efetuou-se um estudo paramétrico das tensões de tração $\sigma_{tk,máx.}$ na base para valores da relação E_s/E_c variando de 0 até 0,6; E_s é o módulo de deformação do solo e $E_c = 2 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ é o módulo de elasticidade adotado para o concreto.

Verificou-se que para valores de $E_s/E_c \geq 0,3$ há de fato uma importante contribuição do confinamento oferecido pelo solo, obtendo-se tensões características de tração no concreto abaixo de 120 tf/m². Para valores de $E_s/E_c < 0,3$ o efeito favorável do confinamento decresce rapidamente, já não se podendo contar com ele. O gráfico da fig. 5 indica em abscissas a relação E_s/E_c e em ordenadas o valor da tensão máxima característica

de tração no concreto da base.

Verificou-se também que o embutimento, em toda sua altura, da base em solo com as características do solo suporte, não conduz a tensões de tração no concreto inferiores às obtidas com embutimento de apenas 20 cm.

4. Conclusões

- 4.1. No caso de tubulões de seção circular (ou ligeiramente ovalisada) deverá ser revisto o critério de Langendonck referente ao cálculo da tensão máxima de tração. Sugere-se, à falta de uma análise tridimensional por elementos finitos sólidos, e admitindo pressão constante no solo, aumentar em 40% as tensões determinadas através da equação trigonométrica (1).
- 4.2. Pode ser levado em conta o efeito favorável do confinamento proporcionado pelo solo nas tensões de tração na base, desde que se estabeleçam limites inferiores quer para o módulo de elasticidade do solo (que deverá ser determinado através de ensaios) quer para a resistência do concreto à tração.

4.3. Não havendo informações suficientes quanto ao módulo de elasticidade do solo, e sempre que a tensão de tração de cálculo do concreto ultrapasse a respectiva resistência de cálculo, a base deverá ser armada. O cálculo da armadura necessária em cada direção poderá ser efetuado pelo método da biela-tirante, que fornece para base de planta circular o seguinte valor das armaduras necessárias (Aço CA-50):

$$A_{sx} = A_{sy} = \frac{P_k (D - d)}{29,27 (H - 0,10)} \quad (2)$$

Onde:

A_{sx} e A_{sy} são as armaduras totais em duas direções ortogonais, em cm^2 ;

P_k é a carga característica de cálculo, em tf ;

D é o diâmetro da base, em m ;

d é o diâmetro do fuste, em m ;

H é a altura da base, em m .

No exemplo acima estudado, temos:

$P_k = 1414 \text{ tf}$; $D = 3,00 \text{ m}$; $d = 1,20 \text{ m}$; $H = 1,56 \text{ m}$;

$A_{sx} = A_{sy} \cong 60 \text{ cm}^2 \Rightarrow 20\phi 20 \text{ mm } c/15 \text{ cm}$

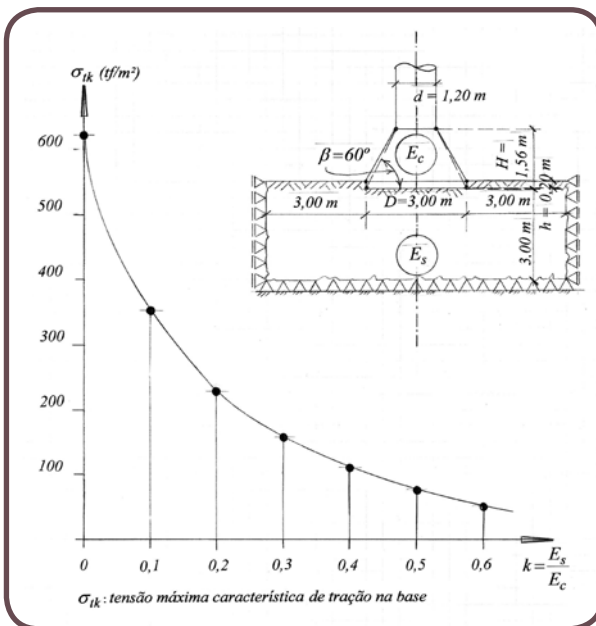


Figura 5

4.4. A rigor, dentro dos princípios fundamentais da NBR-6118, todos os esforços de tração devem ser equilibrados por armaduras, o que levaria à obrigatoriedade de se armar sempre as bases dos tubulões. O assunto merece discussão.

4.5. Deverá ser estudado, experimentalmente ou por meio de programas não lineares de elementos finitos sólidos, o comportamento pós-ruptura da base confinada pelo solo.▶

AGORA
É CONCRETO:
A CYRELA
É ASSOCIADA
À IBRACON.



Efeitos do PAC na Construção Pesada

Samara Miyagi
Analista setorial da Austin Asis

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) anunciado pelo Governo Federal dará um novo ânimo para o setor de construção pesada no Brasil, num curto e médio prazo.

A infraestrutura é o principal foco do programa, sendo que são estimados investimentos totais de cerca de R\$ 503,9 bilhões, até 2010. A maior parte da verba será originária de empresas estatais e do setor privado.

O segmento rodoviário será um dos que mais se beneficiará, contando com investimentos de R\$ 33,43 bilhões, nos próximos quatro anos.

A expectativa otimista é de que a receita bruta do segmento presente, já em 2007, um crescimento de até 50%, frente ao resultado apresentado em 2006 (R\$ 5 bilhões).

Vale frisar que o PAC deverá atrair novamente para o mercado de construção pesada, em especial para o segmento rodoviário, as grandes construtoras que haviam migrado para outros setores da economia, na busca por melhores receitas.

Além disso, o sucesso do novo plano de investimentos do governo, deverá provocar resultados em

cadeia, ou seja, beneficiará também seus principais fornecedores de matéria-prima, como por exemplo, a indústria de asfalto, concreto e bens de capital.

A iniciativa do governo veio num momento no qual a indústria da construção pesada passava por significativos problemas, principalmente em relação à fuga de investimentos. Nem mesmo os recursos aprovados pela União estavam sendo integralmente repassados, o que provocou resultados negativos no desempenho do setor.

De acordo com dados do Ministério do Planejamento, em 2006, o governo destinou um total de verba de R\$ 4,2 bilhões para ser investido em infraestrutura. Em 2007, a previsão orçamentária é de R\$ 5,5 bilhões – conforme dados do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT).

Cabe frisar que, com a conjuntura econômica nacional mais favorável, principalmente em relação às exportações, a infraestrutura nacional passou a ser bastante exigida. As estradas são o principal meio de escoamento dos produtos e o mal estado de conservação das mesmas reduz a margem de lucro das empresas brasileiras.

Outro ponto importante a ser abordado é o segmento de energia. De acordo com dados do Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada (Sinicon), entre 2004 e 2006, o Ministério de Minas e Energia deixou de repassar grande parte dos recursos autorizados para investimentos.

Em 2005, por exemplo, cerca de R\$ 11,1 milhões foram efetivamente desembolsados pelo governo, o que representa 33,32% da verba autorizada para o ano. Em 2006, até outubro, apenas 18,14% (R\$ 4 milhões) do total foram liberados.

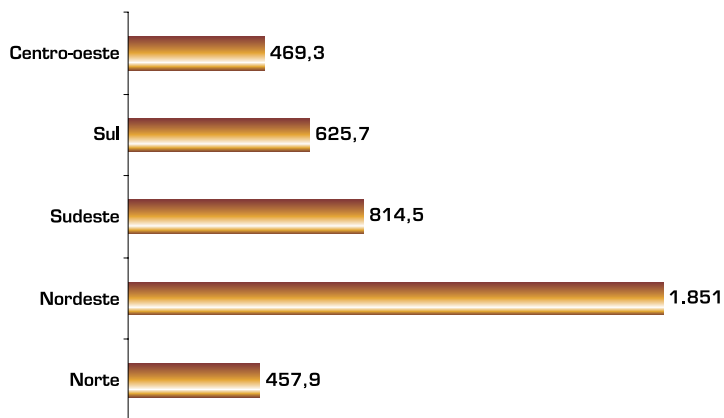
A expectativa é de que com o PAC o segmento de energia também apresente recuperação nos próximos anos, valendo-se principalmente do fato de que especialistas do setor energético têm advertido de forma recorrente quanto a uma possível crise de fornecimento de energia nos anos de 2009 e 2010.

Ainda no segmento de energia está previsto no PAC iniciar a construção de duas usinas hidrelétricas no Estado de Rondônia, que são: Jirau (3.300 MW), com licitação prevista para outubro e que deverá entrar em operação até 2013; e a Hidrelétrica de Santo Antônio (3.150 MW), que será licitada em maio e tem previsão para iniciar as operações até 2012. As duas usinas deverão demandar investimentos de cerca de R\$ 18,4 bilhões.

Partindo-se do pressuposto de que os recursos que serão liberados pelo PAC sejam realmente bem utilizados, essa iniciativa do governo será um

Principais Investimentos em Infra-estrutura – 2006

(em R\$ milhões)



importante incentivo para o setor de construção pesada no Brasil.

Espera-se que os investimentos privados voltem a financiar as empresas do setor, estimulando resultados mais favoráveis. Como a infraestrutura nacional é um problema que demandará um espaço de tempo longo para ser minimizado e valendo-se das previsões positivas da economia brasileira, estima-se que a cada ano montantes mais generosos sejam destinados ao setor.

O PAC torna-se, desta forma, o primeiro passo de um longo trajeto a ser percorrido, tanto pelo governo federal, quanto pelo segmento privado (indústrias de construção), na busca de uma recuperação melhor estruturada.◆



www.austinasis.com.br

Tel.: (11) 3377-0707

Soluções para Crédito, Planejamento Estratégico e Investimento.



ANÁLISES SETORIAIS

▶ Características, desempenho recente, tendências e perspectivas, análise macroeconômica, ranking por faturamento e indicadores de desempenho das principais empresas do setor.



UPDATE

▶ Análise dos últimos acontecimentos relevantes do setor e tendências e perspectivas para o curto prazo.



PROJETOS CUSTOMIZADOS

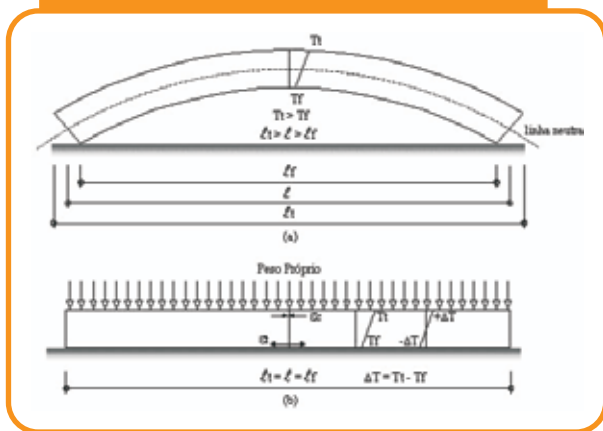
▶ Parecer de viabilidade econômica, análise da concorrência, análise financeira, planejamento de custos, reestruturação, planejamento estratégico, estudos setoriais específicos com enfoque em aspectos determinados.

Conseqüências da temperatura em placas de concreto

José Tadeu Balbo

Professor Associado, Universidade de São Paulo

Figura 1 – Empenamento da placa de CCP e efeito da restrição do peso



O empenamento causado em placas de concreto empregadas em pisos e pavimentos, historicamente, não foi objeto de consideração explícita pela grande maioria dos projetistas dessas estruturas. Isto se deve ao fato de não estarem disponíveis, mesmo nos EUA, estudos sistemáticos de temperaturas em placas de concreto ao longo dos anos, consideradas as estações climáticas e variações diárias. Dados não extensivos disponíveis durante muito tempo serviram de argumento para este esquecimento, ditando-se que os dados eram “pouco precisos” e bastaria o corte de juntas para o controle do fenômeno.

A partir dos anos 1980, estudos sistemáticos foram realizados, com destaque para o Estado da Flórida, quando padrões diários e sazonais de variações de temperatura em pavimentos de concreto foram registrados, sendo que o método da *American Association of State Highway and Transportation Officials*, em 1998, radicalmente passa a exigir a consideração dos diferenciais térmicos em placas de concreto para

períodos noturnos e diurnos, estações quentes e frias, no cálculo de tensões causadas pelo empenamento das placas que se sobrepõem às tensões causadas por cargas móveis e estáticas sobre suas superfícies.

Neste artigo, abordamos a questão de modo pragmático, recordando que o cálculo de tensões oriundas de cargas ambientais é modernamente realizado com emprego de modelos numéricos, com grande precisão. Contudo, os modelos analíticos desenvolvidos na década de 1920 continuam sendo uma ferramenta importante para a determinação desses esforços, tendo sido incorporados em diversos métodos de projeto na Europa Ocidental; além disso, nos propiciam um entendimento bastante claro dos fenômenos em jogo, motivo pelo qual nos atemos aos mesmos para discutir a fundamental importância da consideração desses fenômenos físicos em projetos de pisos industriais e pavimentos viários de concreto.

Empenamento, Diferencial Térmico e Gradiente Térmico

Os concretos não apresentam suscetibilidades térmicas acentuadas como muitos outros materiais de pavimentação que comportam ligantes asfálticos em sua microestrutura. Todavia, uma série de propriedades térmicas dos concretos é importante, ao menos conceitualmente e qualitativamente para os pavimentos de concreto em placas. Primeiramente, a condutividade térmica do concreto é baixa, ou seja, trata-se de um material que apresenta baixa capacidade de conduzir calor dentro de sua estrutura interna, ponto a ponto.

Esta má condutividade térmica é acompanhada por uma baixa difusibilidade térmica, ou seja, as mudanças de temperatura na estrutura do material se dão de maneira bastante lenta (algo em torno de $0,005 \text{ m}^2/\text{hora}$). Assim sendo, a quantidade de calor necessária para o aumento de uma unidade de temperatura absoluta em uma unidade de massa do material é bastante elevada (cerca de 1.000 J/kg.K). Este aspecto é de crucial importância para a questão do empenamento do concreto em placas. A NBR 6118 de 2003 considera claramente que os efeitos térmicos externos atuam como verdadeiro carregamento nas estruturas, mobilizando assim esforços solicitantes na microestrutura dos concretos; isto se aplica também aos pavimentos de concreto em placas.

As alterações de volume que ocorrem em placas de CCP são motivadas por deformações relacionadas a alterações de temperaturas no concreto. Durante o dia, a partir um dado momento, geralmente na manhã, a temperatura que ocorre na superfície (topo) da placa é superior à temperatura do fundo da placa, ocasionando a expansão do topo da placa em relação à superfície média da mesma, em relação a uma temperatura de referência original. Esta situação causaria uma tendência de deslocamento da superfície da placa para cima, em forma de um arqueamento, tracionando as fibras superiores da placa, enquanto que o fundo da placa ficaria sujeito à compressão (Figura 1).

Todavia, o peso próprio da placa e eventualmente uma base cimentada aderida trabalham para impedir tal arqueamento convexo, fazendo que ocorram, contrariamente, esforços de compressão no topo da placa e de tração no fundo da placa. Está-se aqui discorrendo o caso mais simples, quando não há barras de transferência de cargas nas juntas entre placas. A partir de determinado horário no final da tarde e durante o período noturno, ou mesmo ainda mais cedo (eventualmente mesmo durante o dia), poderia ocorrer de a superfície da placa estar com temperatura inferior àquela em seu fundo. Nesta situação, o arqueamento tenderia a ser côncavo, ocorrendo alçamento das bordas, o que é novamente impedido (restringido) pelo peso próprio da placa, gerando esforços de tração no topo da placa de CCP e compressão no fundo.

Esta tendência de arqueamento motivado por diferenciais térmicos entre o topo e o fundo da placa é denominada por empenamento. O *diferencial térmico* (ΔT) responsável pelo empenamento trata-se, de modo simplificado, da diferença entre a temperatura de topo e a temperatura de fundo da placa; portanto, tal diferença poderá ser positiva ou negativa, respeitada a definição apresentada. A relação entre o diferencial térmico e a espessura (h) da placa é denominada por *gradiente térmico*, que também guardará sinal positivo ou negativo.

Modelagem Analítica de Efeitos de Temperatura formulada por Harald Malcam Westergaard (1926)

Suponha-se que a temperatura na placa para a qual não ocorrem deformações térmicas é a temperatura T_0 , e que tal temperatura ocorra em dado instante em toda a profundidade da placa. Iniciado o aumento de temperatura no topo da placa, que está em franco contato com a temperatura atmosférica e recebendo radiação solar diretamente sobre sua superfície, inicia-se a ocorrência de diferencial térmico entre topo e fundo da placa, em razão de o CCP ser mau condutor de calor (com baixo coeficiente de transmissão térmica). Caso fosse contrário, ou seja, a placa alterasse de temperatura de maneira idêntica em um mesmo momento, de topo a fundo, evidentemente ocorreriam deformações, com ou sem ocorrência de tensões (se seu movimento horizontal estivesse liberado, não restringido), mas sem empenamento da placa.

É o empenamento que faz com que ocorra um momento fletor na seção transversal da placa que irá associar-se aos momentos fletores resultantes de esforços oriundos do tráfego. A temperatura no topo, após aquecimento da superfície do CCP, passaria a ser T_t enquanto no fundo a mesma temperatura seria T_f , sendo esta última um pouco inferior (a princípio) à temperatura de topo. Ao longo da profundidade, o acréscimo médio de temperatura seria a média entre tais temperaturas de topo e de fundo.

De acordo com o exposto, este acréscimo médio tenderá a alongar a placa por igual, não causando empenamento. Contudo, no topo, a temperatura estará acima desta média em $\Delta T/2$ e no fundo da placa, por sua vez, a temperatura será inferior à média da placa em $\Delta T/2$. Então, no topo, ter-se-ia um alongamento da placa devido a $\Delta T/2$ enquanto no fundo estaria ocorrendo um encurtamento da placa devido a $\Delta T/2$; isto geraria a curvatura na placa e sua flexão, induzindo momentos fletores devidos ao diferencial térmico. As deformações que ocorreriam nas direções x e y poderiam ser portanto escritas da seguinte forma:

$$\varepsilon_x = \alpha_x \cdot \frac{\Delta T}{2}$$

[1]

$$\varepsilon_y = \alpha_y \cdot \frac{\Delta T}{2}$$

[2]

Como se admite que o material é isotrópico e homogêneo, o coeficiente de dilatação térmica seria idêntico em qualquer direção, o que implica em:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \alpha \cdot \frac{\Delta T}{2}$$

[3]

Estas deformações naturalmente são válidas para a região da placa onde ocorrem momentos fletores, pois nas bordas em x a tensão na direção y seria nula e nas bordas em y a tensão na direção x seria nula. O momento fletor na direção x, como analisado com base na Teoria Clássica das Placas Isótropas, é dado pela expressão:

$$M_x = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{1}{r_x} + \mu \cdot \frac{1}{r_y} \right)$$

[4]

A deformação específica no plano em x, em função da distância z entre o ponto considerado na seção transversal da placa em flexão e a linha neutra:

$$\varepsilon_x = \frac{z}{r_x}$$

[5]

Assim, o momento fletor pode se reescrito como função da deformação, como se segue:

$$M_x = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{\varepsilon_x}{z} + \mu \cdot \frac{\varepsilon_y}{z} \right)$$

[6]

A deformação causada pela temperatura, como descrito por meio da equação [1], substituída em [6], resultará:

$$M_x = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \Delta T}{2 \cdot z} + \mu \cdot \frac{\alpha \cdot \Delta T}{2 \cdot z} \right) = \frac{E \cdot h^3 \cdot \alpha \cdot \Delta T}{24 \cdot (1 - \mu^2) \cdot z} \cdot (1 + \mu) = \frac{E \cdot h^3 \cdot \alpha \cdot \Delta T}{24 \cdot (1 - \mu) \cdot z}$$

[7]

Recordando-se que a deformação máxima (no topo ou no fundo) corresponde à posição $z = h/2$, tem-se então:

$$M_x = \frac{E \cdot h^3 \cdot \alpha \cdot \Delta T}{24 \cdot (1 - \mu) \cdot \frac{h}{2}} = \frac{E \cdot h^2 \cdot \alpha \cdot \Delta T}{12 \cdot (1 - \mu)}$$

[8]

A tensão em x (σ_x) é dada por:

$$\sigma_x = \frac{M_x}{I_x} \cdot z$$

[9]

Onde $I_x = h^3/12$ é o momento de inércia da seção transversal da placa na direção perpendicular a x por unidade de largura. Por substituição de [8] em [9] chega-se a:

$$\sigma_x = \frac{\frac{E \cdot h^2 \cdot \alpha \cdot \Delta T}{12 \cdot (1-\mu)}}{\frac{h^3}{12}} \cdot \frac{h}{2} = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2 \cdot (1-\mu)} \quad [10]$$

A modelagem apresentada refere-se a uma placa com dimensões infinitas, conforme proposta por Westergaard (1926); as condições de validade para as deduções apresentadas são cerceadas pela hipótese de que a placa encontra-se apoiada, o gradiente térmico possui distribuição linear ao longo da profundidade sendo nulo na superfície média da placa. A equação [10] refere-se a uma placa infinita e a tensão calculada à parte central dessa mesma placa; analogamente, na direção y, a tensão de tração na flexão resultaria idêntica.

Westergaard ainda expandiu sua modelagem para o cálculo de tensões em proximidades das bordas de placas sujeitas a empenamento térmico, para placas infinitas, conforme modelo a seguir apresentado:

$$\sigma_x = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2(1-\mu)} \cdot \left[1 - \sqrt{2} \cdot \operatorname{sen} \left(\frac{x}{\ell\sqrt{2}} + \frac{\pi}{4} \right) \cdot e^{-\frac{x}{\ell\sqrt{2}}} \right] \quad [11]$$

Sendo x a distância considerada a partir da borda e l o raio de rigidez relativa do pavimento; neste caso, para x igual a zero, a tensão na borda resultaria:

$$\sigma_x = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2(1-\mu)} \cdot \left[1 - \sqrt{2} \cdot \operatorname{sen} \left(\frac{\pi}{4} \right) \right] = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2(1-\mu)} \cdot \left[1 - \sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \right] = 0 \quad [12]$$

O modelo analítico de Westergaard para o cálculo de tensões no centro de uma fatia infinita da placa (na direção x, por exemplo, tomando-se x a partir do centro da fatia da placa) com uma dada largura (b) da base dessa fatia resultou:

$$\sigma_x = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2(1-\mu)} \cdot \left\{ 1 - \frac{2 \cdot \cos \lambda \cdot \cosh \lambda}{\operatorname{sen} 2\lambda + \operatorname{senh} 2\lambda} \left[(\tan \lambda + \tanh \lambda) \cos \frac{x}{\ell\sqrt{2}} \cdot \cosh \frac{x}{\ell\sqrt{2}} + (\tan \lambda - \tanh \lambda) \operatorname{sen} \frac{x}{\ell\sqrt{2}} \cdot \operatorname{senh} \frac{x}{\ell\sqrt{2}} \right] \right\} \quad [13]$$

Sendo:

$$\lambda = \frac{b}{\ell\sqrt{8}} \quad [14]$$

O cálculo de tensões na direção y é realizado, a partir das tensões na direção x, levando-se em conta o estado plano de deformações imposto pelas condições de empenamento térmico na placa. Westergaard também considerou a possibilidade real de cálculo para um placa de dimensões finitas (B na direção x e b na direção y). Para tanto, tomando partido de uma função de deslocamentos verticais (Teoria Clássica de Placas Isótropas) e considerando não ocorrer influência na tensão em uma direção devido à ocorrência de tensão em direção perpendicular (coeficiente de Poisson nulo, portanto resultando em modelo aproximativo, com erro estimado de cerca de 20%), apresentou

soluções para placas de dimensões finitas. A função de deslocamentos verticais assumida em tal análise foi:

$$\omega = f(x) + F(y)$$

[15]

Na qual $f(x)$ é uma função idêntica à equação [14], assumindo $B = +\infty$ e $F(y)$ uma função idêntica à equação [14] porém na direção y , assumindo-se neste caso $b = +\infty$. Westergaard apresentou solução gráfica para sua formulação de tensões em placas finitas, por meio de duas variáveis adimensionais (Figura 2). Nas ordenadas tem-se a relação entre a tensão no centro da placa e a tensão em uma placa infinita de espessura idêntica; nas abscissas, a relação entre o comprimento da placa (L) e seu raio de rigidez relativa (l).

Embora a modelagem de tensões motivadas por empenamento seja comumente atribuída a Bradbury (de 1938), é conveniente ressaltar que tal autor simplesmente reescreveu a equação [13] proposta por Westergaard sob a forma gráfica, empregando coeficientes ("de Bradbury") para a solução do modelo de Westergaard (Bradbury simulou diversas larguras de fatias de placa, espessuras, módulos de reação do subleito). Com base neste último trabalho a equação [13] pode ser apresentada na forma:

$$\sigma_x = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2} \left(\frac{C_1 + \mu \cdot C_2}{1 - \mu^2} \right)$$

[16]

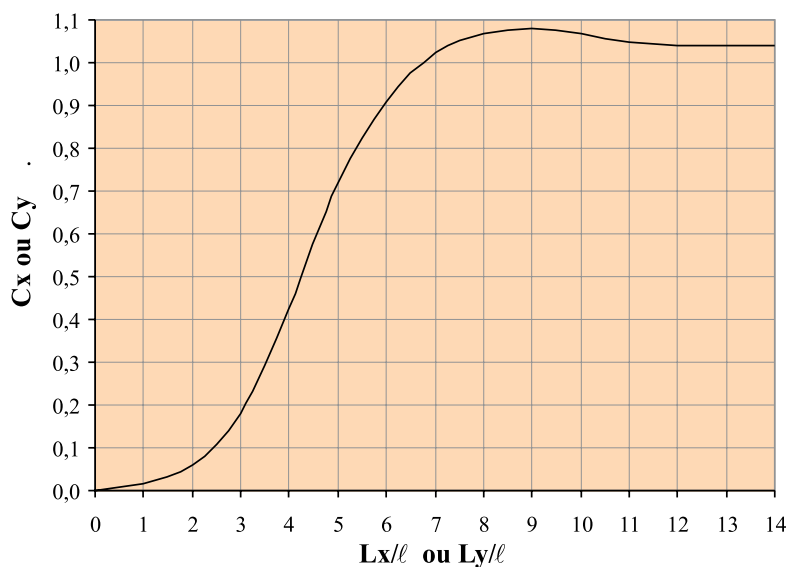
Onde C_1 e C_2 são coeficientes adimensionais graficamente representados (Figura 2) e definidos em função da razão L/l , para qualquer uma das duas direções da placa. Resta observar ainda que, tais modelos pioneiros para a época, não tomaram em consideração a presença de barras de transferência de cargas nem mesmo de intertravamento entre faces fissuradas (juntas) do concreto, que certamente impõe restrições ao empenamento do concreto, alterando bastante o campo de deformações e de tensões na estrutura.

Observe-se na Figura 2 que os valores dos coeficientes de Bradbury, C_x e C_y são crescentes com o aumento da relação L/l até 9 unidades, mantendo-se mais ou menos constantes após isto. Bem, quando

o módulo de reação do subleito (k) aumenta de valor, o valor do raio de rigidez relativa (l) da placa diminui seu valor. Em cascata, a relação L/l também aumenta de valor, e portanto, C_x e C_y aumentam de valor, e por conseguinte o valor da tensão devida exclusivamente ao empenamento aumenta.

Em função da dedução acima é necessário novamente retomar o conceito de módulo de reação do subleito, para uma revisão crítica do que este parâmetro causa, ou seja, de suas responsabilidades no comportamento da placa sobre o sistema representado por k , qualquer que seja esse sistema de apoio. É conhecido que, para cargas aplicadas perpendicularmente sobre a placa, Westergaard já demonstrara sua pouca sensibilidade ou responsabilidade pelas tensões normais na placa de concreto.

Figura 2 – Valores do coeficiente de tensão C (conforme Bradbury em 1938)



Porém, o incremento no valor de k diminuía o valor da tensão causada pela carga aplicada. O que notamos aqui é uma situação oposta: aumenta k , a tensão de empenamento aumenta.

Primeiramente, a teoria de empenamento de Westergaard, na forma acima apresentada, jamais foi questionada; antes mesmo, é confirmada por modernas técnicas de avaliação numérica por elementos finitos. Não há acadêmicos contestando aquela teoria, e pelo contrário, muitos países empregam, em suas diretrizes normativas para projetos de pavimentos de concreto as tensões de empenamento devidas às cargas ambientais, calculadas em complemento às tensões devidas às cargas de veículos, usando, exatamente... a teoria de Westergaard (Holanda, Suécia, Bélgica, Itália, Alemanha, Japão, apenas para mencionar alguns).

Segundo, se é necessário o argumento especulativo com base em modelos físicos (reais), em artigo publicado por Michel Darter, Katie Hall, Cheng Kuo e Juan-Pablo Covarrubias em 1994, todos engenheiros de sólida formação acadêmica e o último diretor do Instituto Chileno do Concreto (o Chile é o país, em termos relativos, na América do Sul, que retém a maior experiência construtiva em pavimentos de concreto), há evidências práticas e esclarecimentos exatos. Os autores admitem que o emprego de bases cimentadas sob placas de concreto aumenta a capacidade portante dos pavimentos, no que diz respeito às cargas dos veículos, e sendo assim, devem ser tratadas como camadas estruturais que afetam o desempenho do pavimento como um todo.

Todavia, explicitam com grande clareza que o aumento da rigidez do apoio da placa de concreto, quando da ação conjunta de cargas e empenamento, pode reduzir o desempenho esperado para o pavimento. Para compensar tal fato e reduzir a tensão de empenamento causada pelo aumento da rigidez do sistema de apoio (base+subleito), é necessário reduzir o espaçamento entre juntas transversais. Além disso, ressaltam que tal definição quanto ao espaçamento é também função do clima da região, o que não permite regras universais e exige ...pesquisa!

A razão física para a ocorrência desse incremento da tensão de empenamento devido à presença de uma base cimentada é esclarecida em outro artigo de Katie Hall e Michel Darter de 1994: quanto mais rígido o apoio da placa menos a placa empenada se assenta sobre esse apoio e maior é a área com perda de suporte, o que não só causa maiores tensões de empenamento como também maiores tensões combinadas devidas às cargas transientes de veículos. Há um desagravante na questão técnica em jogo, em geral pouco conhecida no Brasil: até finais dos anos de 1980 o empenamento não se tratava de assunto embutido nas normas oficiais ou não de projeto nos EUA, as quais geralmente copiamos.

Os Modelos de Temperatura para Projeto de Pavimentos de Concreto da AASHTO de 1998

Embora em versões de método de projeto para pavimentos de concreto, consolidadas em 1986 e 1993 pela AASHTO, praticamente não se mencionasse explicitamente na questão térmica, em 1998 a AASHTO apresentou uma alteração radical na análise estrutural de placas de concreto em relação às versões anteriores de seu método. Ocorre que a equação de projeto determinada empiricamente a partir dos dados observados na AASHO Road Test (1958-1962) era baseada no desempenho observado, cujo critério de ruptura era a serventia apresentada pelo pavimento, ou seja, sua perda de conforto de rolamento. O novo método aplica conceitos mecanicistas, exigindo então a verificação à fadiga do concreto, que é computada a partir de tensões de tração na flexão sofridas pelas placas de concreto.

Ora, tais tensões são a partir de então explicitamente determinadas em função das cargas e dos diferenciais térmicos que ocorrem entre topo e fundo de placas de concreto. O novo guia apresenta condições típicas, para todos os estados americanos, concernentes a temperaturas ambientes e outros parâmetros climáticos, que permitam determinar os valores diários e sazonais dos diferenciais térmicos. A AASHTO (no modelo de projeto de 1998 e em seu guia de projeto 2002) emprega os modelos de cálculo de diferencial térmico para o território dos EUA em função da espessura da placa (t em polegadas), da velocidade do vento (v_v em milhas por hora), da temperatura atmosférica média anual (T_{ar} em graus Fahrenheit) e da precipitação média anual (I_p em polegadas), conforme abaixo descritos:

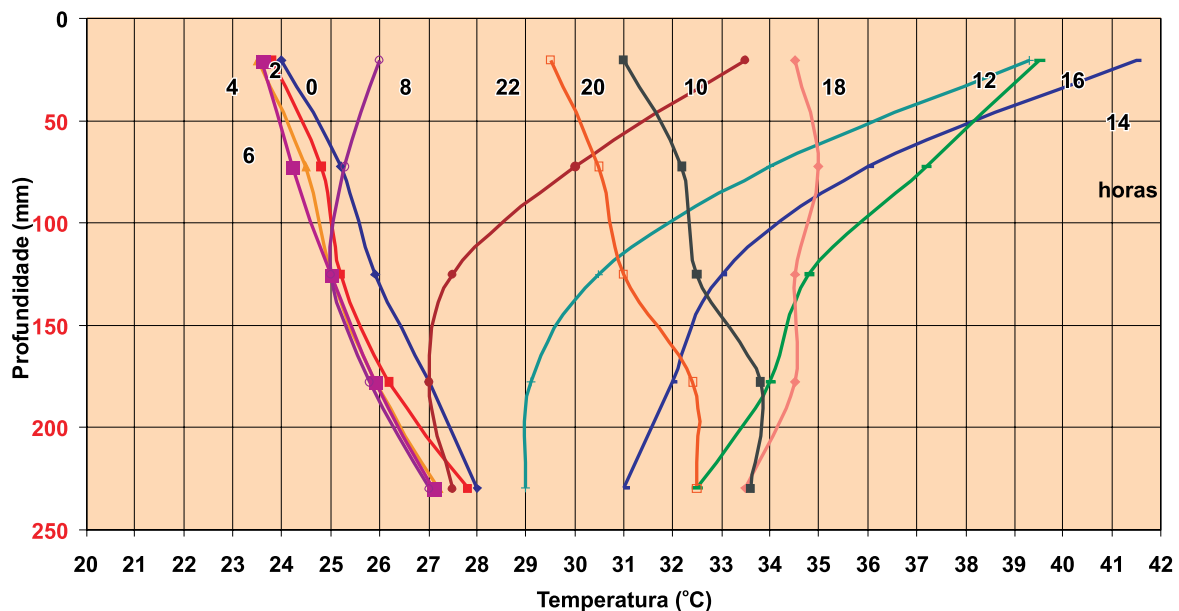
$$DT += 0,962 - \frac{52,181}{t} + 0,341 \cdot v_v + 0,184 \cdot T_{ar} - 0,00836 \cdot I_p$$

[17]

$$DT -- = -18,14 - \frac{52,01}{t} + 0,394 \cdot v_v + 0,07 \cdot T_{ar} - 0,00407 \cdot I_p$$

[18]

Figura 3 – Amostras de distribuições de temperaturas horárias em placas de concreto em São Paulo (adaptado a partir de artigo de Balbo e Severi de 2002)



Ao receber calor em sua superfície (radiação solar e outras possíveis fontes não naturais dentro de ambiente fechados como indústrias siderúrgicas, para citar um exemplo), no caso do pavimento, esse calor será lentamente transmitido pela profundidade da placa, criando um fluxo diferenciado de aumento de temperatura ao longo dessa espessura, que em geral não se trata de uma distribuição linear. Este padrão foi também confirmado em regime tropical, conforme exemplos apresentados na Figura 3.

Balbo e Severi determinaram valores para gradientes térmicos em placas de concreto simples na cidade de São Paulo, para todas as estações climáticas, conforme apresentados sumariamente na Tabela 1. Por comparação com duas semanas de medidas de diferenciais térmicos em placas de concreto na rodovia BR-232 em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, publicados pelo IBRACON em 2004, por Marin e Balbo, aparentemente os valores encontrados em São Paulo durante verões seriam aplicáveis também ao Nordeste brasileiro.

Tabela 1 – Valores de taxa de incremento (°C/h) de temperatura em placas de concreto em regime Tropical (adaptado de: Balbo e Severi, 2002)

Estação climática	Espessura de placa (mm)	Taxas crescentes durante manhãs (após 7 h)		Taxas decrescentes durante tardes (após 14 h)	
		Topo	Fundo	Topo	Fundo
Primavera	150		1,0		-0,5 a -0,8
	250	1,8 a 2,5	0,2 a 0,6	-1,5 a -2,0	-0,2 a -0,5
Verão	150		1,0		-0,5 a -0,8
	250		0,2 a 0,6		-0,2 a -0,5
Outono	150		0,6 a 0,9		-0,2 a -0,5
	250	1,2 a 2,0	0,2 a 0,6	-0,8 a -1,8	-0,2 a -0,5
Inverno	150		0,6 a 0,9		-0,2 a -0,5
	250		0,2 a 0,6		-0,2 a -0,5

Tabela 2 – Equações para cálculo do diferencial térmico em placas de concreto no Brasil (Balbo e Severi, 2002)

Estação climática	Temperatura de topo no pico diário (°C)	Diferencial térmico entre topo e fundo no pico diário (°C)
Ano completo	$T_T = -6,0 + 1,0.I_s + 1,37.T_{ar} + 0,064.H$	$DT += -7,833 + 0,379.T_T + 0,018.t + 2,236.H_f$
Primavera/verão	$T_T = 11,94 + 1,01.I_s + 0,92.T_{ar} + 0,03.H$	$DT += -18,83 + 0,542.T_T + 0,037.t + 4,165.H_f$
Outono/inverno	$T_T = 14,3 + 0,2.I_s + 0,75.T_{ar} + 0,07.H$	$DT += -6,534 + 0,509.T_T + 0,013.t$

Modelos empíricos determinados em pistas instrumentadas no país (Balbo e Severi, 2002) permitem o cálculo com precisão, do diferencial térmico máximo diurno (DT+), para as seguintes faixas de ajuste de dados: (a) temperatura do ar entre 6 e 36°C; (b) umidade relativa do ar entre 20 e 100%; (c) a velocidade do vento não superava 1 km/h durante todo o ano cheio de levantamento de dados meteorológicos. As equações, em função da estação climática no ano, são apresentadas na Tabela 2, sendo nos modelos T_T a temperatura de topo máxima, I_s o número de horas de insolação do nascer até o pico (15 h), T_{ar} a temperatura atmosférica média entre a máxima e a mínima temperatura observada entre 9 h e 15 h, H a umidade relativa do ar às 15 h, H_f a presença de umidade no fundo da placa ($H_f = 1$ se sim; $H_f = 0$ em contrário) e t a espessura da placa (mm).

Note que as equações apresentadas prestam-se para o cálculo do diferencial térmico máximo que ocorre por volta das 15 horas. O traçado das curvas de aumento e decréscimo diário desse parâmetro pode ser realizado com apoio das Tabelas 1 e 2 usadas simultaneamente. Os modelos não foram calibrados para diferenciais térmicos negativos pois os mesmos se mostraram pouco relevantes no clima tropical. Nas Figuras 4 e 5 são apresentadas distribuições de diferenciais térmicos ao longo de dias completos encontrados para a cidade de São Paulo, de onde se nota uma grande prevalência de valores positivos ao longo de 365 dias. Há que se observar também que, em qualquer estação do ano, os estudos revelaram que a continuidade de dias quentes implica na ocorrência de diferenciais térmicos positivos também durante as noites, embora de valores pequenos.

Figura 4 – Frequência de diferenciais térmicos médios em placas de 150 mm durante as estações em São Paulo

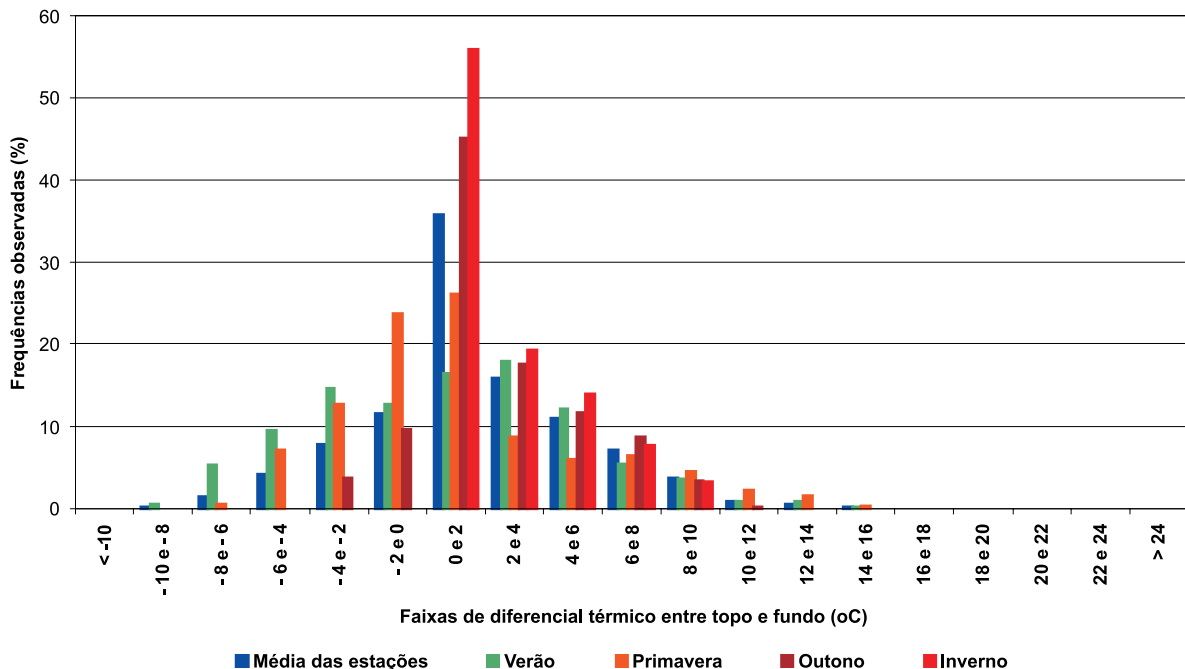


Figura 5 – Frequência de diferenciais térmicos (médias anuais) em placas de 150 mm e 250 mm em São Paulo

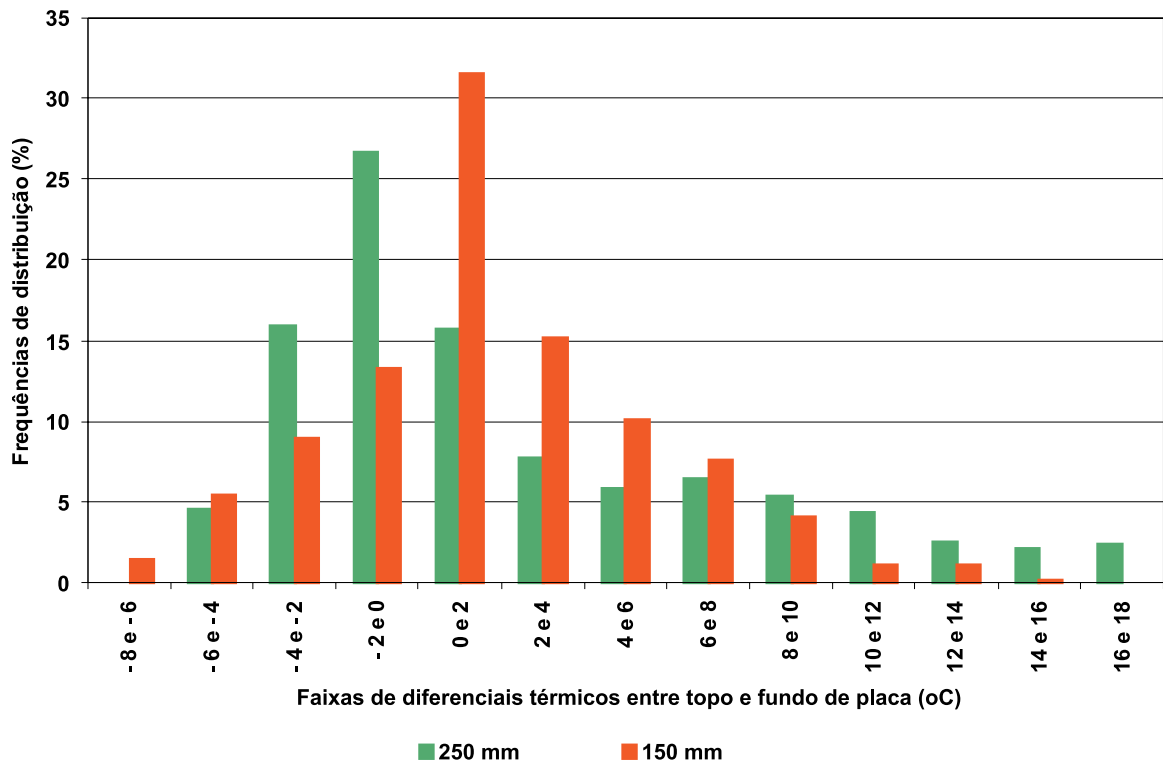
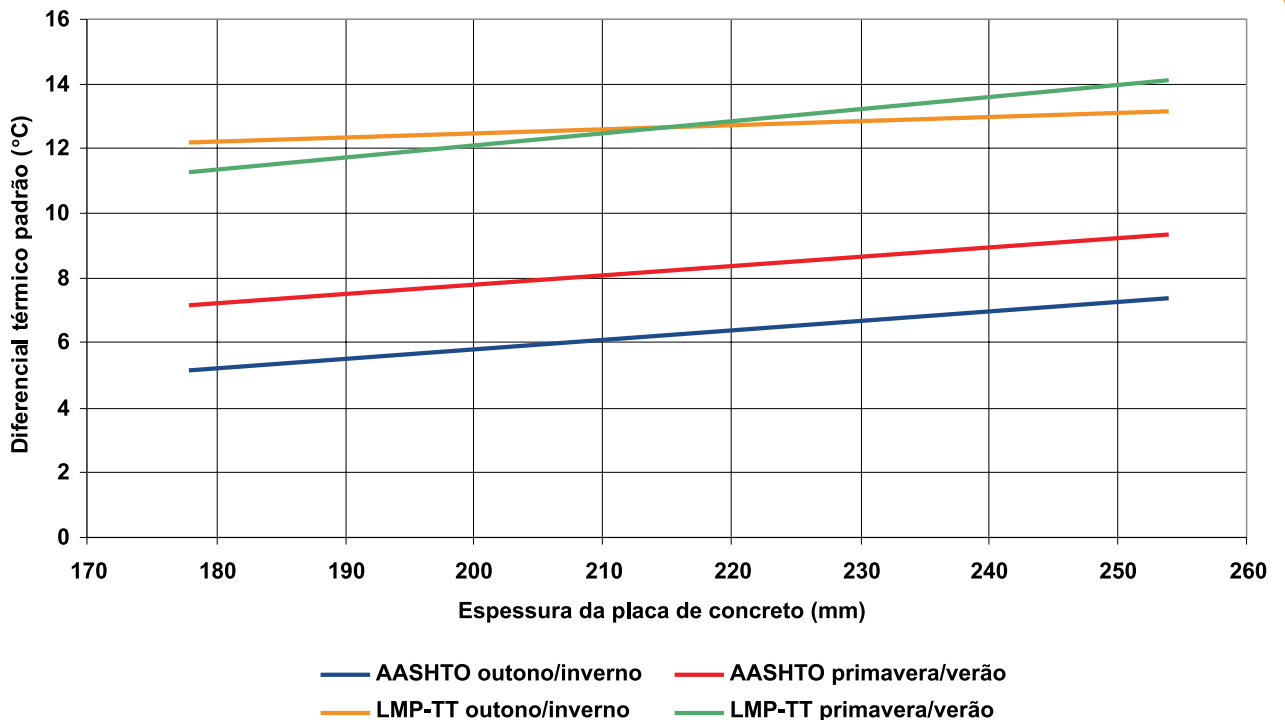


Figura 6 – Comparação entre diferenciais térmicos previstos pelo modelo AASHTO (1998) e modelo brasileiro



Na Figura 6 é apresentada uma comparação gráfica das previsões de diferenciais térmicos empregadas pelo método da AASHTO (1998) e aqueles brasileiros, também designados por LMP-TT (modelo Termo-Tenso do LMP-EPUSP). Deve ser notado que foram simuladas, em ambos os modelos, as condições médias para a cidade de São Paulo às 15 horas para as referidas estações climáticas; além disso, repare que o modelo da AASHTO é um modelo médio para o dia. Os modelos da AASHTO, também empíricos, evidentemente não devem ser transportados para o clima brasileiro, porque o clima prevalente nos EUA é temperado, o que resulta em previsões de diferenciais térmicos sensivelmente inferiores aos reais no Brasil. O modelo brasileiro permite a determinação dos diferenciais térmicos hora a hora durante os horários em que são positivos, podendo ser empregados valores para os diferenciais noturnos entre 0 e -2°C em média, sem riscos de subdimensionamento do efeito do empenamento noturno.

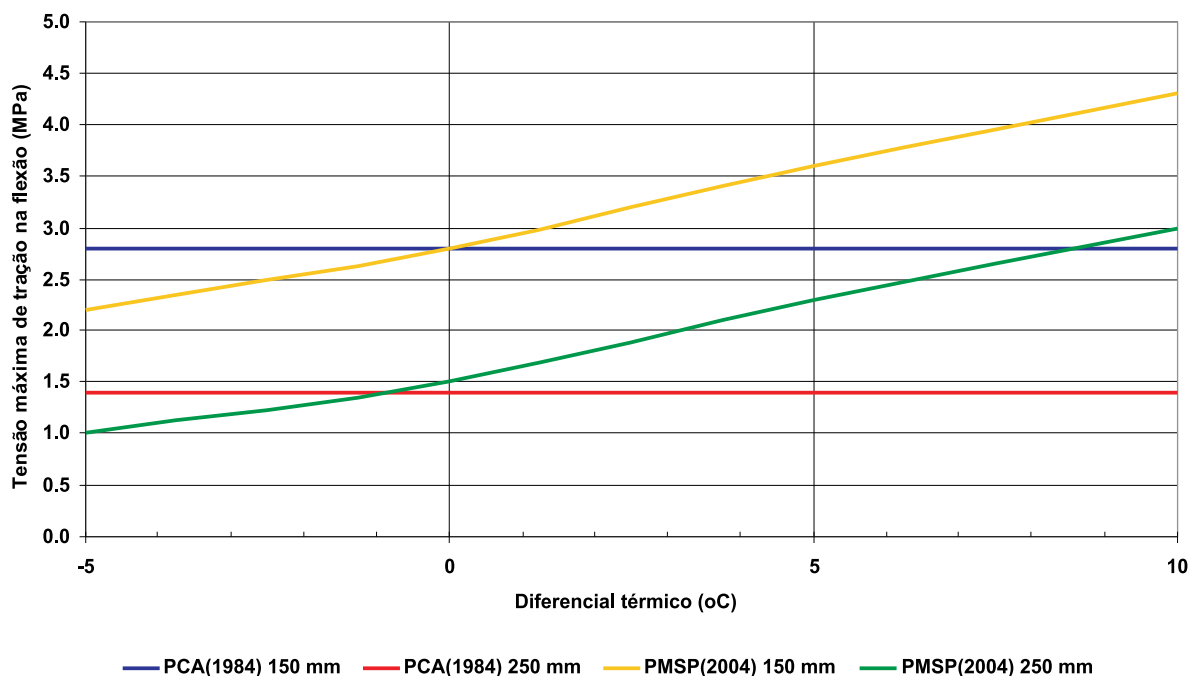
Efeitos das Temperaturas nas Tensões para Projetos de Pisos e de Pavimentos

No Brasil, a Secretaria de Infra-estrutura Urbana da Prefeitura do Município de São Paulo, por meio de equipe de estudos coordenada por Ricardo Rezende Garcia e Dirce Carregan Balzã, em 2002, implementou norma de projeto estrutural para pavimentos de concreto que, dentre inúmeras melhorias em relação a procedimentos do passado, incorporou os efeitos das temperaturas nas tensões de tração na flexão, em combinação com cargas rodoviárias.

Poderíamos ainda argumentar ou questionar: o conhecido método da PCA de 1984 e o da PMSP (de 2004) são incompatíveis em termos de teoria de fundo para o cálculo de tensões (devido a carga apenas já que o critério da PCA é omissivo quanto aos efeitos estruturais de temperaturas)? Ora, para responder a essa pergunta é necessário comparar a teoria de fundo de ambos os métodos, ou seja, a formulação teórica do programa J-SLAB com o programa ILSL2, este último empregado para a formulação das equações que o método da PMSP (2004) assume, o que não faremos aqui. Todavia, um outro caminho mais ameno, indireto porém eficaz, é apresentado na Figura 7, quando se comparam as tensões causadas por uma mesma carga em uma mesma estrutura de pavimento, cotejadas pelas tensões definidas em cada um dos métodos.

Observe que, quando no método da PMSP toma-se diferencial térmico nulo, as tensões calculadas por ambos os critérios são equivalentes ou idênticas. Evidentemente, como representado graficamente, já que o critério da PCA ignora as tensões causadas por variações de temperatura na profundidade das placas

Figura 7 – Comparação entre os modelos para pavimentos de concreto simples da PCA e da PMSP



de concreto, seriam constantes para qualquer diferencial térmico presente. Isto dá uma idéia de quão próximas são as teorias de modelos de cálculo de tensões devido a cargas de ambos os métodos, embora a vantagem explícita do método da PMSP (de 2004) seja considerar o problema muito mais próximo da realidade que o modelo americano da década de 1980, pelo simples fato de levar em conta, explicitamente, os efeitos estruturais dos gradientes térmicos ao longo da espessura da placa de concreto.

Ainda hoje, em alguns países (não desenvolvidos), há resistências em se admitir os efeitos térmicos no estado tensional dos pavimentos (atitude não progressista cientificamente), cujos motivos devem ser investigados: "economia" na execução de obras ou mesmo ignorância sobre o assunto. No Brasil não é o caso, pois temos pesquisa consolidada sobre o assunto e transferência de tecnologia já realizada, o que gerou o método oficial, normativo, de projeto estrutural de pavimentos de concreto da PMSP.

Conclusões

Como exposto, na década de 1920 já existiam formulações analíticas para o cálculo de tensões de tração na flexão em placas de concreto sujeitas a diferenciais térmicos, modelos esses estabelecidos por Westergaard, professor estruturas da Universidade de Harvard. Tais modelos, embora amplamente empregados há mais de três décadas em países desenvolvidos que buscaram formulações próprias para a normalização de procedimentos de projetos de pavimentos de concreto, não são muito conhecidos no Brasil. De qualquer maneira, os projetistas de estruturas atualmente possuem bastante acesso a métodos numéricos para determinação de esforços que permitem a consideração explícita de efeitos de temperatura, como prescreve a NBR 6118/2003.

Do ponto de vista de consistência de modelos térmicos para previsão de diferenciais térmicos nas placas de concreto, alguns modelos foram desenvolvidos pautados em pesquisas acadêmicas e aplicadas, como aquele empregado pela AASHTO (1998 e 2002), desenvolvido na Universidade de Illinois e incorporado ao *Global Climatic Model*. No Brasil, modelos mais adequados ao clima tropical úmido foram elaborados no âmbito da Universidade de São Paulo, com auxílio financeiro exclusivo da FAPESP, tendo sido transferidos e incorporados à nova norma de projeto para a cidade de São Paulo. De tal forma que o antigo argumento sobre ausência ou imprecisão de informações não mais se justifica para o abandono da consideração dos efeitos térmicos em pisos e pavimentos de concreto. ♦



JEENE JUNTAS

SELANTE PARA PAVIMENTO RÍGIDO

Para evitar ocorrências patológicas, como a eventual oxidação dos ferros que provocam fissuras no concreto, a erosão da base ou sub-base, existe uma grande preocupação na execução e selagem das juntas de pavimento.

O corte nas dimensões projetadas e no tempo certo de cura do concreto é fator primordial para induzir e controlar a geração das trincas. A selagem com perfil pré-formado é otimizada para se conseguir alta produtividade e minimizar os custos.

O selante JEENE é instalado facilmente com o uso do adesivo epóxi ADE 52. Esta metodologia foi aplicada com sucesso em diversas e complexas obras no Brasil e exterior.



Vantagens do Sistema JEENE

- O selante é formado por um perfil de EPDM vulcanizado a 150°C na sua forma definitiva, portanto tem-se a certeza que a fenda da junta será selada uniformemente em toda a sua extensão;
- Fácil controle visual;
- Maior durabilidade e baixo custo;
- Melhor desempenho mecânico em função de sua forma geométrica;
- Bloqueio à penetração de impurezas nas juntas, sem interferir nos movimentos estruturais;
- Manutenção desnecessária;
- Facilidade na recuperação de juntas danificadas, executadas com outros selantes;
- Garantia da qualidade dos materiais e de aplicação;
- Não escorre em planos inclinados.

JEENE JUNTAS E IMPERMEABILIZAÇÕES LTDA

Av. MIGUEL FRIAS E VASCONCELOS, 1.309 – JAGUARÉ
05345-000 – SÃO PAULO – SP – TELEFAX: (11) 3765-0001
E-MAIL: JEENE@JEENE.COM.BR



União Nacional da Construção UNC reúne-se com o Presidente Lula

Em 13 de dezembro de 2006, em elegante cerimônia no Palácio do Planalto, em Brasília, as várias entidades integrantes da UNC fizeram entrega formal e solene do documento intitulado "A Construção do Desenvolvimento Sustentado" ao Presidente Luiz Inácio Lula da Silva e ao Vice-Presidente José de Alencar.

Acompanharam a cerimônia os Ministros Fernando Furlan, Guido Mantega, Paulo Bernardo, Dilma Rousseff, Márcio Fortes, Senadora Ideli Salvatti, diversos parlamentares, além de aproximadamente 190 empresários e lideranças empresariais da Cadeia Produtiva da Construção.

Os pronunciamentos dos Ministros Furlan e Márcio Fortes, como também do próprio Presidente Lula, destacaram o papel do macro-setor da Construção em apresentar, de forma muito factível e com grande competência e união, caminhos para o desenvolvimento do País. Eles colocaram-se ainda

à disposição para que de forma conjunta, via um grupo de trabalho interministerial, formado no curto prazo, já se pudesse consolidar e concretizar alguns itens propostos pela UNC.

A proposta da criação deste grupo de trabalho já era um pleito da cadeia produtiva, pois o estudo precisa ser depurado, para que de forma constante e simultânea, ocorram as implementações necessárias, no âmbito dos diversos Ministérios envolvidos.

Assim, podemos afirmar que o desfecho foi altamente positivo, visto que a palavra de ordem do próprio Presidente Lula é o crescimento sustentado pelas iniciativas de investimentos na Construção, e este foi o comprometimento do Governo para os próximos anos.

O IBRACON é signatário desse documento e integra a UNC, que atualmente congrega as Entidades representadas na tabela ao lado.◆

SIGLA	ENTIDADE	HOME PAGE
ABICC	Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto	www.abicc.com.br
ABICEM	Associação Brasileira de Construção Metálica	www.abicem.org.br
BLOCOBRASL	Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto	www.blocobrasil.com.br
ABILUX	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação	www.abilux.com.br
ABILAE	Associação Brasileira da Indústria de Lajes	www.abilae.com.br
ABRAMAT	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção	www.abramat.org.br
ABRETE	Associação Brasileira da Indústria Eletrônica e Eletrônica	www.abrete.org.br
ABEEM	Associação Brasileira da Infra-Estrutura e Indústria de Base	www.abeeem.org.br
ABEMPPI	Associação Brasileira das Empresas de Engenharia de Manutenção Predial e Industrial	www.abempipi.com.br
ABESOC	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conciliação	www.abesoc.org.br
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia	www.abesco.com.br
ABECP	Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança	www.abecpi.org.br
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland	www.abcp.org.br
ABECE	Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural	www.abece.com.br
ABEM	Associação Brasileira de Engenharia Industrial	www.abem.org.br
ABTC	Associação Brasileira de Fabricantes de Tubos de Concreto	www.abtc.com.br
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	www.abnt.org.br
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura	www.asbea.org.br
ASFAMAS	Associação Brasileira dos Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento	www.asfamas.org.br
ABRAFATI	Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas	www.abrafati.com.br
ABTC	Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto	www.abtc.com.br
ABPC	Associação Brasileira dos Produtores de Cal	www.abpc.org.br
ASBRACO	Associação Brasileira de Construtores	www.asbraco.org.br
ACSP	Associação Comercial de São Paulo	www.acsp.com.br
ACONVAP	Associação dos Construtores do Vale do Paraíba	www.aconvap.com.br
AEOPE	Associação das Empresas de Obras de Pernambuco	
ADEMI-AL	Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Alagoas	www.ademi-al.org.br
ADEMI-BA	Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Goiás	www.ademi-go.com.br
ADEMI-PE	Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Pernambuco	www.ademi-pe.com.br
ADEMI-BA	Associação dos Dirigentes das Empresas do Mercado Imobiliário da Bahia	www.ademi-ba.com.br
ADEMI-DF	Associação de Dirigentes das Empresas do Mercado Imobiliário do Distrito Federal	www.ademi-df.com.br
ADEMI-RJ	Associação de Dirigentes das Empresas do Mercado Imobiliário do Rio de Janeiro	www.ademi-rj.com.br
ADEMI-SE	Associação dos Dirigentes das Empresas da Indústria Imobiliária de Sergipe	www.ademi-se.com.br
ANEOR	Associação Nacional das Empresas de Obras Rodoviárias	www.aneor.com.br
ANEPAC	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil	www.anepac.org.br
ANDIV	Associação Nacional de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos	www.andiv.com.br
AFAL	Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio	www.afal.com.br
ANAMACO	Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção	www.anamaco.com.br
ANFACER	Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento	www.anfacer.com.br
AFACO	Associação Nacional dos Fabricantes de Esquadrias de Aço	www.afaaco.com.br
ANFATECO	Associação Nacional dos Fabricantes de Telhas de Cimento e de Concreto	
ASPAÇER	Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento	www.aspacer.com.br
APROP	Associação Paulista de Empreiteiros de Obras Públicas	www.aprop.org.br
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção	www.cbic.org.br
CBM-MG	Câmara do Mercado Imobiliário de Minas Gerais	www.cmi.com.br
CEK-SC	Câmara Estadual da Indústria da Construção de Santa Catarina	
FIABCI	Capítulo Nacional Brasileiro da Federação Internacional das Profissões Imobiliárias	www.fiabicbrasil.com.br
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço	www.cbca-ibs.org.br
UNICCON	Centro de Integração Universidade - Construção e Consultoria	
COBRACON	Comitê Brasileiro de Construção Civil	www.cobracon.org.br
CREASP	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo	www.creasp.org.br
POLIFUP	Conselho Politécnico da UFPA	www.polifup.br
SERNAP	Escola Superior de Engenharia "Luís de Almeida"	www.sernap.org.br
FIARA	Federação das Indústrias do Distrito Federal	www.fiara.org.br
FIER	Federação das Indústrias do Estado da Bahia	www.fier.org.br
FISP	Federação das Indústrias do Estado de Paraíba	www.fisp.org.br
FEMS	Federação das Indústrias do Estado de Mato Grosso do Sul	www.fems.org.br
FIEPE	Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco	www.fiepe.org.br
FIESP / COMIC	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Comitê de Cadeia Produtiva da Construção Civil	www.fiesp.com.br
FIERN	Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte	www.fiern.org.br
FECOMERCIO	Federação do Comércio do Estado de São Paulo	www.fecomercio.org.br
IBS	Instituto Brasileiro de Siderurgia	www.ibs.org.br
IBRACON	Instituto Brasileiro de Concreto	www.ibracon.org.br
IAB	Instituto de Arquitetos do Brasil - Divisão Nacional	www.iab.org.br
IE	Instituto de Engenharia	www.institutodeengenharia.org.br
IBOCCOP-SP	Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais de São Paulo	www.ibocop-sp.com.br
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	www.ipt.br
IFBAC	Instituto Façao Bauser da Qualidade	www.ifbaser.org.br
SECONCI	Serviço Social da Construção Civil do Estado de São Paulo	www.seconci-sp.org.br
SECONCI-PR	Sindicato da Habitação e Condomínios do Paraná	www.seconci-pr.com.br
SINDICERCON	Sindicato da Indústria da Cerâmica para Construção do Estado de São Paulo	
SINDUSCON-NORTE-PR	Sindicato da Indústria da Construção Civil da Região Noroeste do Paraná	www.sindusconnortepr.com.br
SINDUSCON-CATIAS	Sindicato da Indústria da Construção Civil de Catias do Sul	www.sinduscon-catias.com.br
SINDUSCON-PA	Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa	www.sinduscon-pa.com.br
SINDUSCON-AM	Sindicato da Indústria da Construção Civil de Santa Maria	www.sinduscon-am.com.br
SINDUSCON-PI	Sindicato da Indústria da Construção Civil de Teresina	www.sinduscon-pi.com.br
SINDUSCON-TAP	Sindicato da Indústria da Construção Civil de Uberlândia, do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	www.sinduscon-tap.com.br
SINDUSCON-AM	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Amazonas	www.sinduscon-am.com.br
SINDUSCON-CE	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará	www.sinduscon-ce.org.br
SINDUSCON-DF	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal	www.sinduscon-df.org.br
SINDUSCON-SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo	www.sinduscon-sp.com.br
SINDUSCON-TO	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de Tocantins	www.sinduscon-to.com.br
SINDICON-ES	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Espírito Santo	www.sindicon-es.com.br
SINDUSCON-NORTE	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Norte do Paraná	www.sinduscon-nortepr.com.br
SINDUSCON-OESTE-PR	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Oeste do Paraná	www.sindusconoestepr.com.br
SINDUSCON-RN	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Rio Grande do Norte	www.sindusconrn.com.br
SINDUSCON-PE	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Pernambuco	www.sindusconpe.com.br
SINDUSCON-SE	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Sergipe	www.sinduscon-se.com.br
SINDUSCON-PA	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Pará	www.sindusconpa.com.br
SINDUSCON-PR	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná	www.sinduscon-pr.com.br
SINDUSCON-RJ	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Rio de Janeiro	www.sinduscon-rj.com.br
SINDUSCON-RS	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul	www.sinduscon-rs.com.br
SICOPOTRS	Sindicato da Indústria da Construção de Estradas, Pavimentação e Obras de Terraplanagem em Geral no Estado do Rio Grande do Sul	www.sicopots.com.br
SINDUSCON-AP	Sindicato da Indústria da Construção de Atacado de Aço	www.sindusconap.com.br
SINDUSCON-BA	Sindicato da Indústria da Construção do Estado da Bahia	www.sinduscon-ba.com.br
SINDUSCON-AL	Sindicato da Indústria da Construção do Estado de Alagoas	www.sinduscon-al.com.br
SICMIL	Sindicato da Indústria da Construção e do Mobiliário de Lame	
SINCER	Sindicato da Indústria da Construção e do Mobiliário de Santa Gertrudes	www.sincer.com.br
SINDUSCON-GO	Sindicato da Indústria da Construção no Estado de Goiás	www.sinduscon-go.com.br
SINDUSCON-MG	Sindicato da Indústria da Construção no Estado de Minas Gerais	www.sinduscon-mg.org.br
SINCEP	Sindicato da Indústria da Construção Paveda do Estado de São Paulo	www.sincep.com.br
SICPOT-MG	Sindicato da Indústria da Construção Paveda no Estado de Minas Gerais	www.sicpot-mg.com.br
SINDEMIN	Sindicato da Indústria da Extração de Minerais Não Metálicos do Estado de São Paulo	
SINAEIS	Sindicato da Indústria de Aparelhos Eletrônicos, Eletrônicos e Similares do Estado de São Paulo	www.sinaeis.org.br
SIMAFESP	Sindicato da Indústria de Artefatos de Metais Não Ferrosos no Estado de São Paulo	www.simafesp.org.br
SINDIRIBRA	Sindicato da Indústria de Chapas de Fibra e Aglomerados de Madeira do Estado de São Paulo	
SINDICEL	Sindicato da Indústria de Condutores Eletrônicos, Trefilação e Laminação de Metais Não Ferrosos do Estado de São Paulo	www.sindicelabc.org.br
SISCOMET	Sindicato da Indústria de Esquadrias e Construtoras Metálicas do Estado de São Paulo	www.siscomet.org.br
SINDINSTALACAO	Sindicato da Indústria de Instalações Elétricas, Gás, Hidráulicas e Sanitárias do Estado de São Paulo	www.sindinstalacao.com.br
SINDILUX	Sindicato da Indústria de Lâmpadas e Aparelhos Eletrônicos de Iluminação no Estado de São Paulo	www.sindilux.com.br
SINAGRAP	Sindicato da Indústria de Mármore e Granitos do Estado de São Paulo	www.sinagrap.com.br
SINDIFLAST	Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo	www.sindiflast.org.br
SINDIPEDRAS	Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo	www.sindipedras.org.br
SINVEP	Sindicato da Indústria de Móveis de Juncos e Vime e Plásticos e de Escovas e Pincéis do Estado de São Paulo	www.sinvep.org.br
SINPAKESP	Sindicato da Indústria de Pinturas, Gesso e Decorações do Estado de São Paulo	www.sinpakesp.org.br
SINPROCIM	Sindicato da Indústria de Produtos de Cimento do Estado de São Paulo	www.sinprocim.org.br
SINPROSPER	Sindicato da Indústria de Proteção, Tratamento e Transformação de Superfícies do Estado de São Paulo	
SINDIMAQ	Sindicato da Indústria de Serralhas, Carpintarias, Teneis, Madeiras Compósitas e Laminados no Estado de São Paulo	
SITHVEP	Sindicato da Indústria de Tintas e Vernizes do Estado de São Paulo	www.sithvep.org.br
SINDVIDROS	Sindicato da Indústria de Vidros e Cristais Planos e Outros no Estado de São Paulo	
SICECI / RJ	Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Adm. de Imóveis e dos Cond. Residenciais e Comerciais do Eit. do Rio de Janeiro	www.siceci-rj.com.br
SECOVI / SP	Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo	www.secovi.com.br
SINDICER	Sindicato das Indústrias Cerâmicas de Porto Ferreira	www.sindicer.com.br
SINDUSCON-MA	Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Maranhão	www.sinduscon-ma.com.br
SINDUSCON-PASSO	Sindicato das Indústrias da Construção e do Mobiliário de Passo Fundo	www.sindusconpf.com.br
SINVIDRIOS	Sindicato das Indústrias de Beneficiamento e Transformação de Vidros e Cristais Planos do Estado de São Paulo	www.sinvidrios.com.br
SINDICAL	Sindicato das Indústrias do Calçados e Derivados para uso Agrícola do Estado de São Paulo	www.sindical.com.br
SINDICERAMICA	Sindicato das Indústrias da Cerâmica Sanitária do Estado de São Paulo	
SINDARIA	Sindicato das Indústrias de Extração de Areia do Estado de São Paulo	www.sindaria.com.br
SINDIMAQ	Sindicato Nacional da Indústria de Maquinas	www.sindimaq.org.br
SINAPROCM	Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento	www.sinaprocim.org.br
SKETEL	Sindicato Nacional da Indústria de Trefilação e Laminação de Metais Ferrosos	www.sketal.com.br
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria do Cimento	www.snic.org.br
SINAENCO	Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva - Divisão Nacional	www.sinaenco.com.br
SINIS	Sindicato Nacional das Indústrias Siderúrgicas	www.sinis.org.br

Entidades que integram a **União Nacional da Construção** (sediada na FIESP)

Avaliação da aderência entre concretos por meio de ensaios de resistência à compressão*

Sergio B. Santos, Flávio L. Vieira, Alexandre C. Fonseca, Moacir A. S. Andrade
Departamento de Apoio e Controle Tecnológico – FURNAS Centrais Elétricas S.A.

Resumo

Neste trabalho são apresentados resultados de resistência à compressão obtidos em corpos-de-prova cilíndricos moldados com junta inclinada, unindo o concreto fresco com o substrato já endurecido. Foram analisados os efeitos de diferentes tipos de adesivos de junção entre os concretos, desde argamassas a base de cimento até adesivos base epóxi. Foi analisado ainda um provável efeito das temperaturas de estocagem após a moldagem (5°C, 21°C e 40°C).

Palavras-chave: Aderência; adesivos; temperatura; resistência à compressão.

Abstract

This paper presents the results of compressive strength tests of concrete with inclined bond surface by adding fresh concrete to hardened concrete. The effects of different types of materials from cement mortars to epoxy bonding agents on the efficiency of interface were analyzed. The effect of the curing temperatures (5°C, 21°C and 40°C) was also considered.

Keywords: bond; bonding agents; temperature, compressive strength.

1. Introdução

Reparos em estruturas de concreto tornam-se cada vez mais freqüentes devido à inevitável perda da capacidade de suporte de carga e durabilidade do concreto frente a agentes agressivos. Os reparos em que se utiliza concreto convencional consistem na substituição do concreto deteriorado por um outro de qualidade adequada e que tenha a maior afinidade possível com o concreto base (substrato).

Porém, para que este tipo de reparo tenha sua funcionalidade garantida, deve-se preocupar com o comportamento dos diferentes concretos envolvidos, de forma que a estrutura reparada comporte-se como um único elemento sem juntas (estrutura monolítica).

Na recuperação ou reforço de uma estrutura de concreto envolvendo adição de novo material, para que se restaure o caráter monolítico da estrutura é freqüentemente necessário que a interface entre o material novo e o antigo seja capaz de transmitir significativas tensões, que pelas características notórias do concreto, deva ser de compressão, mesmo que internamente ocorram tensões de cisalhamento. O caráter monolítico também deve ser respeitado adotando, quando possível, como material repositor do antigo desgastado de mesma origem (concreto, argamassa, etc) e que possua características mecânicas e térmicas semelhantes ao do substrato, pois assim pode-se assegurar que ambos os materiais se comportarão aproximadamente iguais sob solicitações externas variadas.

2. Métodos de Avaliação da Aderência

O projeto de um reparo estrutural durável e efetivo deve selecionar uma técnica adequada a cada trabalho específico e, além disso, permitir avaliação de seu desempenho por meio de testes (Clímaco, 1989). Resultados de ensaios realizados diretamente sobre produtos de colagem não são significativos para a análise do comportamento da ligação concreto/concreto, pois diferem das situações reais de transferência de esforços, sendo constatado ainda que os concretos adjacentes à ligação podem ser a provável região mais susceptível a problemas. Por outro lado, resultados de ensaios executados sobre ligações submetidas a um único tipo de tensão, também não são significativos, pois em geral a resistência à tração da resina, quando utilizada, supera facilmente a resistência à tração

* Este artigo foi publicado em 2006, no VI Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, São Paulo.

Figura 1 – Seqüência de confecção do corpo-de-prova para o ensaio de cisalhamento

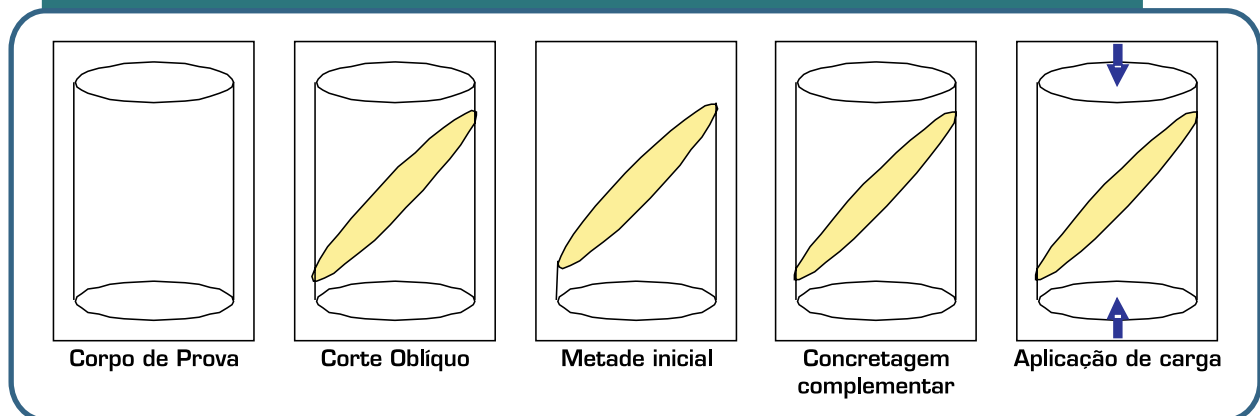


Figura 1 – Seqüência de confecção do corpo-de-prova para o ensaio de cisalhamento

do concreto, o que levaria a concluir que o reparo é eficiente, porém esquecendo que se deve aliar além do produto, uma técnica de execução do reparo que contribua ou pelo menos que não interfira substancialmente na transição de esforços entre os materiais.

Perry (1908) apud Clímaco (1989) afirma que a obtenção de uma união efetiva entre concretos de diferentes idades e a busca de um método de teste confiável não são problemas novos e que ainda muito deve ser percorrido até seu êxito.

Algumas técnicas de avaliação de aderência utilizadas por Castro et al. (1999) basearam-se no ensaio de cisalhamento direto normalizado pela ASTM sob número D 5607/95 e tração simples através do dispositivo Leroy. Tais processos apesar de serem relativamente simples as suas execuções, possuem o inconveniente de proporcionarem um estado de tensão no corpo de prova intencional, induzindo a tensões de cisalhamento sob certa direção preferencial do CP que muitas vezes não reflete a situação real de carregamento em campo.

Dos ensaios descritos na literatura e os recomendados pelas normas internacionais, o ensaio de cisalhamento oblíquo (muito conhecido na literatura pelo seu nome em inglês – “*slant shear test*”) parece ser o que melhor contempla os requisitos de poder reproduzir uma gama razoável de estados de tensão na junta, simplicidade de execução e adequação aos equipamentos geralmente disponíveis em laboratórios.

O ensaio de cisalhamento oblíquo consiste em unir duas partes de um prisma seccionado ao longo de um plano inclinado ao seu eixo longitudinal com uma ponte de aderência qualquer que garanta a união efetiva das partes, e submeter o prisma reconstituído a um esforço de compressão paralelo ao eixo longitudinal, conforme figura 1.

Dentre as normas que se baseiam no cisalhamento oblíquo pode-se citar: NFP 18-872 (norma francesa) – Paillere & Rizoulières (1981), BS 6319-4 (norma inglesa) e a ASTM C882-91 (norma americana).

Kriegh (1976) propôs teste semelhante ao do ASTM, mas em cilindros de concreto de 15x30 cm, descrito pelo autor como “Arizona Slant Shear Test”, devido ao ensaio ser originalmente realizado na Universidade do Arizona. Este ensaio foi desenvolvido para avaliar o efeito de adesivos de base epóxi em um reparo para um concreto de referência com 35MPa. Adotou-se no estudo experimental deste trabalho este mesmo princípio de avaliação.

2.1 PRINCIPAIS FATORES INFLUENTES NA ADERÊNCIA

2.1.1 Inclinação da Junta

A inclinação da junta, representada pelo ângulo formado entre a horizontal e a direção do plano da junta, tem forte influência nos resultados de resistência da ligação, uma vez que dependendo da inclinação, os esforços normais e de cisalhamento podem se decompor distintamente na ligação, conforme preconiza o princípio do círculo de Mohr, e os efeitos do atrito se comportarão conforme esse plano for solicitado. Desta forma, uma análise mais completa da resistência da junta deve ser empregada variando esta inclinação, e assim obter uma gama de resultados que poderão ser tratados e convertidos numa envoltória de resistência.

Análise de ensaios empregando apenas um ângulo de inclinação da junta pode ser realizada tanto que em uma determinada inclinação, a resistência à compressão do conjunto concreto/junta seja a mínima o possível para romper o material colante, pois assim a junta sob esta condição estará mais sobrecarregada e conseqüentemente a análise estará a favor da segurança. Esta inclinação é denominada de “ângulo crítico”. Nos estudos realizados por Regan (1986) obtiveram-se valores para os ângulos críticos em função da aspereza da superfície de contato variando de 62,5° a 72,2°.

2.1.2 Tipo de Substrato

Para a avaliação de técnicas de reparo estrutural a interface deve simular a textura usual, ou seja, áspera com o agregado exposto. O uso de superfícies obtidas por corte não parece adequado, por serem exageradamente lisas e não representarem efetivamente situações reais de reparo. Para tal situação é aconselhado o uso de martetele pneumático ou qualquer outra ferramenta capaz de escarificar a superfície deixando parte dos agregados à amostra em relevo.

Segundo Clímaco (1989), aconselha-se que a profundidade de escarificação seja no máximo igual à 6mm. Ainda segundo este autor, o tipo de superfície obtida tem pouca influência nos resultados finais desde que seja removida a camada superficial até a exposição dos agregados. Este tipo de tratamento superficial traz alguns inconvenientes quanto à reprodutibilidade entre diversos ensaios, além de ser consideravelmente oneroso ou trabalhoso.

2.1.3 Temperatura de Exposição

Das referências consultadas pouco se encontrou sobre este assunto, porém pode-se presumir que a influência da temperatura constante de exposição nos corpos-de-prova reparados com produtos adesivos tem efeito catalisador. Por outro lado a temperatura, quando da preparação do material adesivo, pode interferir sensivelmente no "pot-life"¹ dos produtos base epóxi ou até mesmo acelerar a pega da argamassa cimentícia quando utilizada.

Acredita-se que a temperatura sob efeito cíclico de variação ambiental, por exemplo, pode causar em estruturas reparadas deformações de origem térmica diferencial significativa entre os dois materiais unidos pela junta adesiva, podendo ocasionar microfissuras prejudiciais à durabilidade do reforço.

2.1.4 Tipo de Material Adesivo

É praticamente um consenso que os adesivos base epóxi são os mais efetivos materiais de ligação entre o substrato e o novo material lançado, do

ponto de vista de resistência aos esforços mecânicos estáticos, sob boas condições de aplicação (Kriegh, 1976; Clímaco, 1989; Castro et al., 1999). Isto pode ser comprovado pela existência de normas específicas para comprovar a eficiência deste material (ASTM C881-91, por exemplo).

Kriegh (1976) estabelece de forma bastante simplificada que compostos epoxídicos podem ser considerados adequados para a sua utilização como produto de ligação entre dois concretos quando o corpo-de-prova com material adesivo apresentar pelo menos 90% da resistência à compressão de um corpo de prova de referência.

Estudos com argamassa cimentícia demonstram que para efeitos de material aderente entre concretos o mesmo possui bom comportamento, principalmente quando utilizado a adição de sílica (Clímaco, 1989; Castro et al., 1999).

3. Metodologia de Execução do Ensaio

3.1 INTRODUÇÃO

Foram realizados ensaios de resistência à compressão, NBR 5739 (ABNT, 1994), em corpos-de-prova com junta inclinada de 60° com a horizontal, a fim de avaliar o material de reparo utilizado na ligação concreto / concreto. O valor do ângulo escolhido se encontra entre os valores limites dos ângulos críticos obtidos por vários pesquisadores conforme descrito por Regan (1986).

3.2 MOLDAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA

Os CP's foram moldados e submetidos à cura úmida por 28 dias, permitindo uma hidratação dos compostos do cimento sob um ambiente úmido de modo a minimizar os efeitos deletérios provenientes da retração hidráulica.

Após os 28 dias de cura, os CP's foram seccionados mediante a inclinação escolhida de 60°, sendo todas as seções de interface apicoadas, de forma a se



Figura 1 – Ângulo de 60° com Horizontal



Figura 2 – Apicoamento do Concreto Velho

¹ Tempo decorrido a partir do início da mistura dos dois componentes (resina e endurecedor) até o início do endurecimento do sistema, quando este perde as condições de manuseio, dificultando a aplicação (Figueiredo, 1989).

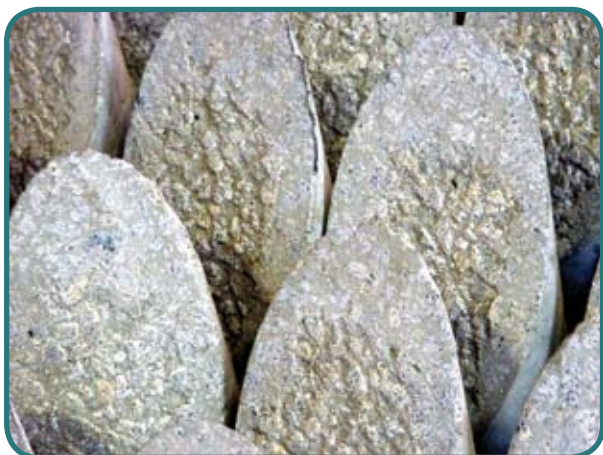


Figura 3 – Face apicoada

obter uma superfície rugosa na junta de ligação, alcançando assim condições mais favoráveis de atrito, como foi verificado por Clímaco (1989). No desenvolvimento do apicoamento por meio de martelete pneumático a região apicoada próxima à superfície encontrava-se danificada devido ao esforço aplicado pelo equipamento. Adotou-se então evitar uma escarificação mais acentuada nesta região, como pode ser verificado nas Figuras de 1 a 3.

Metade dos CP's já curados foram recolocados na fôrma, aplicando uma fina camada com os devidos materiais ligantes na junção inclinada e sendo em seguida lançado o concreto fresco. Foram utilizados 25 (vinte e cinco) diferentes tipos de adesivos na interface do concreto "velho" com o concreto "novo", a fim de se analisar a eficiência dos mesmos na ligação.

Nas Figuras 1 a 10 estão apresentadas sequencialmente algumas fotografias dos procedimentos citados acima.

3.3 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

Após a moldagem da segunda metade dos CP's (metade complementar para formar um cilindro de 15x30cm) os mesmos foram curados



Figura 5 – Preparação do adesivo



Figura 4 – Fôrma com concreto apicoado

em câmara úmida por 24 horas e colocados posteriormente sob três diferentes condições (ambientes) de estocagem: temperaturas ambientes de 5°C, 21°C e 40°C com umidade relativa de aproximadamente 50%. Tal procedimento foi efetuado para avaliar o efeito da temperatura de estocagem sob o comportamento dos adesivos mediante ensaio de compressão bem como do próprio concreto mais jovem referente à segunda metade do corpo-de-prova. Após um período mínimo de 28 dias os ensaios de resistência à compressão foram realizados nos corpos-de-prova com juntas inclinadas.

4. Apresentação dos Resultados

Os dados de composição do concreto de referência de 70mm ± 10mm de abatimento utilizados na pesquisa podem ser resumidas na Tabela 1. O cimento utilizado nos estudos é do tipo composto com filler em teores abaixo de 10%, com no mínimo 32MPa aos 28 dias. O agregado graúdo e o agregado miúdo artificial são do tipo litológico granito.



Figura 6 – Aplicação do adesivo



Figura 7 – Aplicação do concreto novo

Tanto a argamassa como a nata de cimento para os adesivos foram dosadas com relação a/c similar ao concreto de referência. A resina polimérica testada como adesivo, com consistência fluida tixotrópica, é indicada pelo fabricante para assentamento de argamassas. Já as resinas de base epóxi testadas, também com consistência fluida tixotrópica, são bicomponentes, isentas de solventes, sendo indicadas na maioria dos casos pelos seus fabricantes para reparos em concreto.

4.1 RESULTADOS DE RESISTÊNCIA

Na Tabela 2 estão apresentados os resumos dos resultados de resistência à compressão média aos 28 dias para todos os tipos de adesivos estudados nesta pesquisa. Os resultados foram obtidos da média de 3 valores de ensaios e listados em ordem crescente de resistência. Para fins de sigilo, as resinas foram nomeadas em ordem alfabética, preservando-as de comparações posteriores que viessem a julgar prematuramente a qualidade destes materiais.

Nas figuras 11, 12 e 13 estão apresentados os resultados de resistência à compressão para diversos tipos de adesivos ordenados cres-



Figura 9 – Fôrmas totalmente preenchidas



Figura 8 – Concreto novo sendo vibrado

centemente e agrupados por temperatura de estocagem.

4.2 TIPOS DE RUPTURA

Na Figura 14 estão apresentadas duas fotografias de corpos-de-prova rompidos. Percebeu-se após os ensaios que a grande maioria dos planos de fratura ocorreram na interface de junção dos concretos, indicando que nesta região é provavelmente a de menor resistência ao cisalhamento, similar ao destacado por Kriegh (1976). Tal situação foi encontrada principalmente para as juntas de nata de cimento, argamassas ou somente apicoadas. Porém, algumas fraturas ocorreram em regiões distintas da direção da junção dos concretos, demonstrando maior resistência da junta. Esse caso foi observado na maioria das resinas aplicadas como ponte de aderência entre os concretos.

5. Considerações Finais

Devido à grande quantidade de resultados e ao elevado número de hipóteses estuda-



Figura 10 – Uso de plástico contra perda d'água

Tabela 1 – Composição do concreto de referência em kg/m³

Cimento	Água	Areia	Brita 19 mm	Massa específica
440	215	595	1101	2368

das, apresentam-se neste trabalho as principais análises e conclusões obtidas deste estudo.

5.1 TIPO DE SUPERFÍCIE

Uma boa aderência do concreto original ou substrato é condição indispensável a qualquer reparo estrutural bem sucedido. Através de uma breve revisão bibliográfica, verificou-se uma maior tendência em utilizar superfícies rugosas nas juntas de ligação nos ensaios de adesividade, contribuindo assim para uma condição mais favorável à ligação.

Como pode ser observada na Tabela 2, a

união de concreto novo com velho somente com apicoamento acarretou em uma perda de resistência da ordem de 70% em relação ao concreto de referência, evidenciando assim a ineficiência deste processo de junção sem o uso de um adesivo. Tal fato pode estar associado a menor escarificação realizada na região periférica da superfície de junção dos concretos, conforme comentado no item 3.2 deste trabalho.

Um fato a se destacar na fase de aplicação do adesivo é a importância do comportamento tixotrópico que o mesmo deve apresentar quando aplicado em superfícies inclinadas, uma vez que se deve preferencialmente manter a fina

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão média em ordem crescente

Tipos de União	Ambientes de Estocagem			Resist. à Compressão Média em (MPa)
	5°C	21°C	40°C	
Resina Epóxi A		X		6,5
Pó de Cimento		X		8,9
Apicoamento		X		9,6
Apicoamento	X			9,8
Apicoamento			X	10,4
Argamassa (1:3)			X	10,6
Argamassa (1:3)	X			11,7
Argamassa (1:3)		X		11,9
Resina Polimérica		X		13,8
Cimento + Sílica + Resina Polimérica		X		15,0
Nata de Cimento	X			16,0
Nata de Cimento			X	16,9
Nata de Cimento		X		17,6
Nata de Cimento + Sílica (subst. 10% cimento)	X			21,2
Nata de Cimento + Sílica (subst 10% cimento)			X	22,6
Resina Epóxi B		X		23,7
Argamassa (1:3) + Sílica (subst 10% cimento)	X			25,1
Nata de Cimento + Sílica (subst 10% cimento)		X		26,3
Cimento + Sílica + Superplastificante		X		28,7
Resina Epóxi C		X		29,4
Argamassa (1:3) + Sílica (subst 10% cimento)			X	30,0
Argamassa (1:3) + Sílica (subst 10% cimento)		X		30,8
Resina Epóxi D		X		32,8
Resina Epóxi E		X		32,1
Resina Epóxi F		X		32,6
Concretos de Referência		X		36,7
		X		31,8
	X			28,9
			X	34,6
				33,4

camada de adesivo com uma espessura uniforme ao longo da superfície a ser aderida. Isto implica, independente do tipo de adesivo, que o mesmo possua uma viscosidade elevada o suficiente para aderir à superfície e ainda apresentar baixo escoamento devido ao próprio peso do adesivo.

5.2 TEMPERATURA DE ESTOCAGEM

Pode-se observar pelos gráficos das Figuras 11, 12 e 13, de uma forma global, que o efeito da temperatura de estocagem dos corpos-de-prova por um período de 28 dias foi mais sensível para as temperaturas mais altas (21°C e 40°C), alcançando em média maiores valores de resistência à compressão do que os corpos-de-prova estocados sob uma temperatura mais branda (5°C). Isto pode estar associado ao efeito das reações de ligação entre os adesivos e o concreto se efetuarem mais eficazmente quanto há maior energia catalisadora das reações em temperaturas mais altas.

Para fins de comparação, por exemplo, a junta de argamassa com sílica para as temperaturas de estocagem de 21°C e 40°C apresentou valores 20% maiores em média do que o mesmo tipo de junta para a temperatura de estocagem de 5°C.

5.3 EFICIÊNCIA DAS JUNTAS

Conforme verificado na revisão bibliográfica, os adesivos à base de epóxi foram os mais efetivos materiais de ligação entre o substrato e o novo material lançado, do ponto de vista de resistência a esforços mecânicos estáticos. Pela análise da Tabela 2, verificou-se que a resistência à compressão dos corpos-de-prova colados com resina epóxi apresentaram bons resultados, variando de 71% a 98% da resistência à compressão do concreto de referência, com exceção da resina epóxi A.

Todos os resultados de resistência das juntas de argamassa com adição de sílica ativa apresentaram valores superiores às demais ligações à base de cimento sem este produto, evidenciando o seu poder de ganho de resistência. Para a junta de argamassa com sílica houve um acréscimo de aproximadamente 148% em relação à mesma argamassa sem a sílica, para a temperatura de estocagem de 21°C.

O mesmo pode ser observado no adesivo de nata de cimento, onde a adição de sílica ativa também acarretou em um ganho significativo de resistência, em relação à nata de cimento sem esta adição. O ganho de resistência observado foi de 44% para a temperatura de estocagem de 21°C.

Sobre as juntas de base cimentícia com sílica é interessante notar ainda que seus resultados de resistência à compressão apresentaram

Figura 11 – Resultados dos corpos-de-prova estocados a 5°C

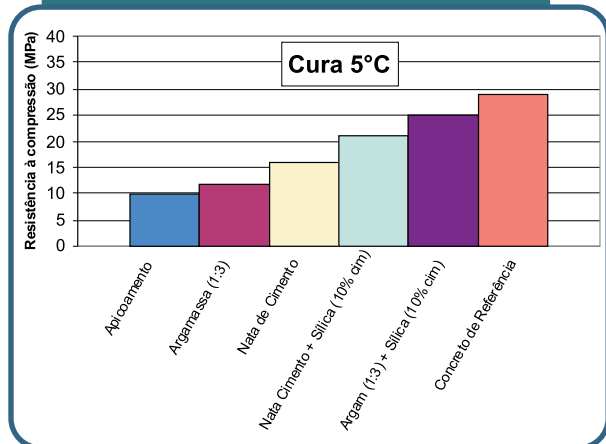


Figura 12 – Resultados dos corpos-de-prova estocados a 21°C

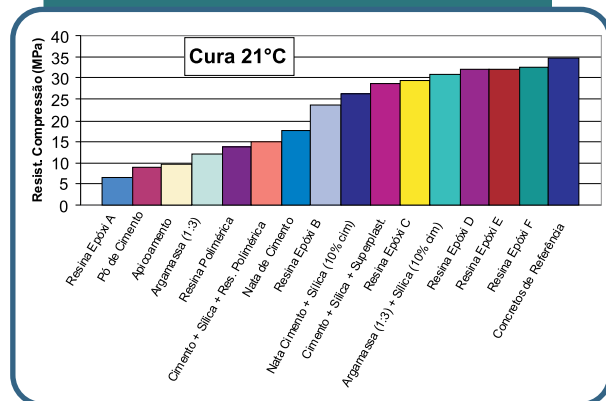


Figura 13 – Resultados dos corpos-de-prova estocados a 40°C

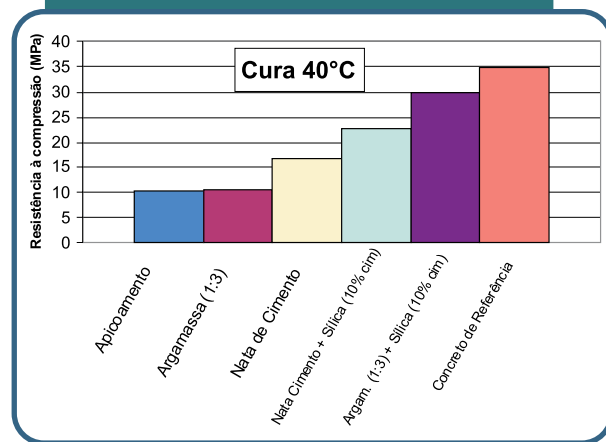




Figura 4 – Fôrma com concreto apicoado

valores próximos aos da juntas com resinas de base epóxi, às quais foram as mais eficientes.

corpos-de-prova, percebeu-se a influência minimizadora da resistência para valores em torno de 5°C.

6. Considerações Finais

Como síntese deste trabalho pôde-se constatar que os tipos de adesivos possuem grande influência na resistência mecânica deste reparo, o que já era esperado, uma vez que ele pode proporcionar boa eficiência na aderência entre os concretos, chegando próximo à resistência do concreto de referência (sem junta), como também perda significativa de resistência, que pode ter como causa, desde a má execução do reforço até a utilização de um produto com características mecânicas não compatíveis com o concreto. Quanto à temperatura de estocagem dos

7. Agradecimentos

A todos que participaram ativamente deste trabalho no Departamento de Apoio e Controle Tecnológico de Furnas Centrais Elétricas S.A: Albéria Cavalcante, Anne Neiry, Carlos Campos, Cristiane Martins, Eduardo Gambale, Janet Barbosa, Joilson Inácio, João Luiz de Abrel, José Farage, Marcos Pimenta, Maurice Antoine, Moacir Andrade, Nicole Hasparyk, Reynaldo Bittencourt e Rubens Bittencourt; bem como os professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Denise Dal Molin, João Luiz Campagnolo e Luiz Carlos Filho.

Referências Bibliográficas

KRIEGH, J.D. Arizona slant shear test: a method to determine epoxy bond strength. ACI Jornal. July 1976, pp. 372-373.

CLÍMACO, J. C. T. S. Avaliação da resistência de aderência entre concretos de diferentes idades. 31º REIBRAC. Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto. São Paulo, 31 de Julho a 4 de agosto 1989, p.315-329.

FIGUEIREDO, E. J. P. Metodologia e exemplo de avaliação de desempenho de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras. 31º REIBRAC. Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto. São Paulo, 31 de Julho a 4 de agosto 1989, p.275-291.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING NA MATERIALS. Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used With Concrete, ASTM C882. Book of ASTM Standards, Parte 04.02. ASTM, Philadelphia, 1997.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Testing of resin compositions for use in construction. Method for measurement of bond strength (Slant Shear Method), BS 6319: Part 4, 1984, p8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). NBR 5739 -Concreto - Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT.

CASTRO, C. H.; NASCIMENTO, J. F. F.; PINTO, R. S.; ANDRADE, W. P. Reparos em estrutura de concreto avaliação da eficiência da resina epóxi. 41º REIBRAC, Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto. Salvador-BA, agosto 1999, p.237-250. ◆

PRÁTICAS DE PROJETO E EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS PROTENDIDOS

Abril, 24 e 25, 2007
São Paulo, SP



OBJETIVO

Apresentar as particularidades do projeto e execução das lajes protendidas

PROGRAMA do CURSO

- Introdução, conceitos básicos, vantagens da protensão
- Características do projeto em concreto protendido
- Diferentes tipos de estruturas modelagem e análise
- Dimensionamento e traçado dos cabos
- Detalhes construtivos
- Características e requisitos das obras para protensão
- Materiais, equipamentos e operação
- Fabricação e instalação dos cabos
- Concretagem
- Protensão e variações nos alongamentos
- Acabamentos

PROFESSORES

Eng^o Eugenio Luiz Cauduro, CAUDURO CONSULTORIA LTDA. – Participou da protensão de mais de 200 edifícios. Gerente da Freyssine e da Belgo Mineira

Eng^o Marcelo Silveira, MD ENGENHEIROS ASSOCIADOS – Projetou mais de 58 edifícios protendidos de mais de 15 andares, comerciais e residenciais.

Data 24 e 25 de Abril de 2007

Local IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532
Cidade Universitária – Prédio 11
São Paulo, SP

Período 13h00 às 17h00

Carga horária 8 horas (8 Créditos no Programa MasterPEC)

INVESTIMENTO

Até 23/04/2007 Sócios – R\$ 120,00
Não-Sócios – R\$ 160,00

No local Sócios – R\$ 132,00
Não-Sócios – R\$ 176,00

As inscrições serão feitas pelo IBRACON.

Marta – Fone/Fax: (11) 3735 0202 – office@ibracon.org.br

Patologia e Terapia das Estruturas de Concreto

Abril, 03, 2007 | São Paulo, SP



OBJETIVO

Apresentar e discutir conceitos gerais sobre tecnologia de inspeção e avaliação de estruturas de concreto, mostrando as técnicas mais usadas e auxiliando na identificação das manifestações patológicas mais comuns nas estruturas de concreto armado, com a apresentação e discussão de diversos casos práticos.

PROGRAMA DO CURSO

- Conceitos, definições, casos históricos
- Vida útil, normalização
- Inspeção preliminar e detalhada
- Diagnóstico e Prognóstico
- Alternativas de intervenção. Relatório.
- Técnicas e materiais de reabilitação de estruturas
- Reparo e reforço estrutural
- Medidas preventivas e protetoras da estruturas

PROFESSORES

Eng. Paulo Helene, MSc, PhD. Professor Titular da EPUSP, educação, pesquisa e consultoria sobre Materiais e Estruturas de Concreto. Orientador de 21 Teses de Doutorado concluídas e autor de 8 livros de referência no setor. Presidente do IBRACON, Presidente da Red Reabilitar CYTED/CNPq.

Eng. José Eduardo Granato, 30 anos de experiência nas atividades de impermeabilização, recuperação estrutural, tratando de concreto e patologia das edificações.

PÚBLICO-ALVO

Engenheiros, Arquitetos, Fiscais, Estudantes, Professores, e Tecnólogos envolvidos com projeto, planejamento, pesquisa, docência, controle tecnológico, execução e comercialização de edificações de concreto armado e protendido.

INFORMAÇÃO GERAL

Data 03 de Abril de 2007

Local BASF CC Brasil
Rua Costa Barros, 3089 – Vila Prudente
São Paulo – SP

Período 8h30h às 18h00

Carga horária 8 horas (8 créditos no Programa MasterPEC)

A inscrição inclui

- Pasta com material didático, caneta, e bloco de notas
- Certificado IBRACON
- Serviço de Coffee Break
- Almoço
- Estacionamento gratuito

INVESTIMENTO

Sócios Até 02/04/2007 – R\$ 120,00
No local – R\$ 132,00

Não-Sócios Até 02/04/2007 – R\$ 160,00
No local – R\$ 176,00

As inscrições serão feitas pelo IBRACON

Marta – Fone/Fax: (11) 3735 0202 – office@ibracon.org.br

Tappan Zee: recorde na substituição de pavimento rodoviário deteriorado por placas de concreto pré-moldadas

A rodovia Tappan Zee liga os estados de New York e New Jersey, nos Estados Unidos, passando sobre o rio Hudson no distrito de North Tarritown. É uma auto-estrada importante para a integração regional, ligando a zonas altamente industrializadas e as zonas residenciais e comerciais dos dois estados.

A rodovia serve ainda de acesso para o movimentado aeroporto de Newark, em New Jersey. Por isso, o tráfego de veículos de passeio é bastante intenso, fazendo com que quaisquer intervenções de manutenção na rodovia sejam realizadas em período noturno para evitar congestionamentos na área, onde, nos horários de pico, o tráfego é extremamente lento, com elevado número de veículos (135 mil veículos por dia).

Por isso, o contrato de reabilitação de pavimentos de concreto na praça de pedágio de Tappan Zee impôs para a construtora responsável uma pesada multa de US\$ 1300 por minuto de atraso na abertura da rodovia às seis horas da manhã. Esta condicionante exigiu da empresa um planejamento e uma eficiência de execução da substituição de placas deterioradas que pode ser registrada como um recorde neste tipo de obra.

DADOS TÉCNICOS

Placas repostas: 8 a 10 por hora

Área repostada: 280 m² por turno de trabalho

Área total recuperada: 17.000 m²



BR 232 – Recife-Caruaru: recorde em extensão para pavimento de concreto

A BR 232 é uma das maiores obras viárias do Brasil. Ela corta Pernambuco em 118,4km de extensão, ligando as cidades de Recife e Caruaru. A rodovia constitui a espinha dorsal do transporte no estado, por ser via coletora de todas as outras rodovias que compõem a malha estadual.

Sua restauração e duplicação recentes tiveram a finalidade de levar o desenvolvimento econômico para o interior do estado. Passando pelas cidades de Caruaru, Brejo de Madre de Deus, Gravatá, Bonito e Garanhuns, estas cidades experimentaram um crescimento no seu turismo. O Pólo da Sulanca, pólo do setor de vestuário e confecções, foi também beneficiado pela rodovia, na medida em que viu os custos de logística serem diminuídos.

Modelo das rodovias nacionais, a BR-232 tem as pistas separadas por barreiras do tipo New Jersey, que impedem os veículos de invadirem as pistas sem causar capotagem; sua construção foi feita utilizando-se a concretagem contínua, evitando o desconforto causado pelos desníveis existentes em pistas com placas isoladas; e utilizou-se um controle tecnológico rigoroso com dois laboratórios computadorizados para analisar e testar as especificações e resistências de todos os materiais empregados.

DADOS TÉCNICOS

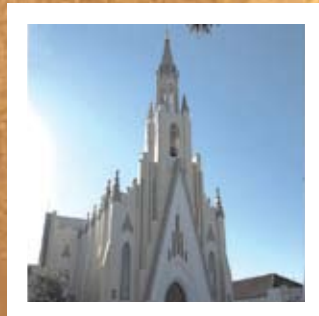
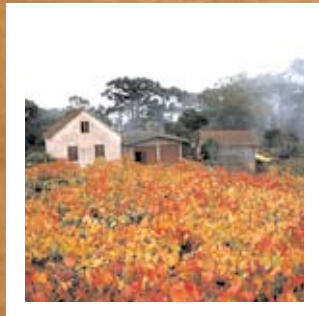
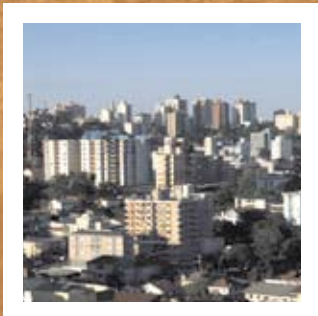
Dimensões: 120 km de pista com 7,20m de largura

Volume de concreto: 190.000 m³

Volume de CCR: 100.000 m³

Consumo de cimento: 90.000 ton





49º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC 2007

1 a 5 de setembro de 2007

BENTO GONÇALVES – RIO GRANDE DO SUL

Participe do maior evento técnico-científico da Construção Civil no Brasil.

Atualize seus conhecimentos sobre a tecnologia do concreto. Desfrute de tudo o que a Serra Gaúcha tem a oferecer.

TEMAS

Gestão e Normalização
Management and Standardization

Materiais e Propriedades
Materials and Properties

Projeto de Estruturas
Structural Design

Métodos Construtivos
Construction Methods

Análise Estrutural
Structural Analysis

Materiais e Produtos Específicos
Specific Products

Sistemas Construtivos Específicos
Specific Construction System

ATRAÇÕES TÉCNICAS

- Apresentação de trabalhos técnicos
- Painéis Controversos
- Conferências Internacionais
- FEIBRACON – Feira Brasileira das Construções em Concreto
- Concursos para estudantes

DATAS IMPORTANTES

Envio de Artigos: 27/04/07

Aceitação de Artigos: 01/06/07

Envio de Revisão de Artigos: 06/07/07

EVENTO PARALELO
CT – MAB

VIII Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem

INFORMAÇÕES SOBRE ESTANDES

Arlene Lima – (11) 3735-0202 – arlene@ibracon.org.br

Informações gerais: www.ibracon.org.br



Recordes são para se colocar na parede. Bom, pelo menos a gente tentou.

Concretize sua obra com o CAD Concrebras

Quando o assunto é inovação, a Concrebras é referência absoluta. Prova disso é o **CAD 90**, concreto recorde brasileiro em resistência com durabilidade.

Garanta mais rentabilidade por m², com a qualidade e tecnologia Concrebras.



CEA - Centro Empresarial Antártica.
Mais área útil com **CAD 90 Concrebras**.


concrebras
O CONCRETO DO BRASIL

Curitiba (41) 3317-1144
www.concrebras.com.br



Esta foto é para quem acha que os nossos produtos estão presentes apenas em pequenas obras.

VEDACIT[®]
 IMPERMEABILIZANTES

Com uma linha de mais de 120 produtos, a Vedacit/Otto Baumgart está presente 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: Trianon Masp.



www.vedacit.com.br