



CONCRETO

& Construções



IBRACON

Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XXXV | Nº 49
Jan. • Fev. • Mar. | 2008
ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br

PERSONALIDADE
ENTREVISTADA



Mauro Viegas: uma
vida dedicada
às construções

ARTIGO CIENTÍFICO



Argamassas com
reciclados cerâmicos

ENSINO DE ENGENHARIA



Disciplina almeja
excelência
construtiva

RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL: DIAGNÓSTICOS E TERAPIAS PARA PROLONGAR A VIDA ÚTIL DAS OBRAS



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

ADITIVOS



MC-Bauchemie
Innovation in building chemicals



MELBAR



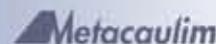
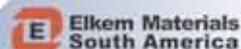
EQUIPAMENTOS



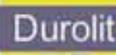
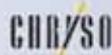
Equipamentos e Sistemas de Ensaio



ADIÇÕES



Concreto de Alto Desempenho



Mais espaço e proteção aos seus clientes

JUNTAS



ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



UNIVERSIDADE CATÓLICA



Instituto de Pesquisas Tecnológicas



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL



Centro orientado para a inovação de utilização



ARMADURA



GERDAU
AÇO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL



ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



FRANCA & ASSOCIADOS
ENGENHARIA - S.A.



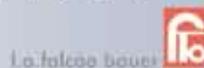
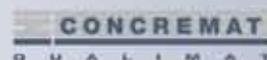
JUNTE-SE A ELAS

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

PRÉ-FABRICADOS



CONTROLE TECNOLÓGICO



EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.

CONSTRUTORAS



FÓRMAS



CIMENTO



AGREGADOS



GOVERNO



CONCRETO



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
Rubens Machado Bittencourt

Diretor 1º Vice-Presidente
Paulo Helene

Diretor 2º Vice-Presidente
Mário William Esper

Diretor 1º Secretário
Nelson Covas

Diretor 2º Secretário
Sonia Regina Freitas

Diretor 1º Tesoureiro
Claudio Sbrighi Neto

Diretor 2º Tesoureiro
Luiz Prado Vieira Júnior

Diretor Técnico
Carlos de Oliveira Campos

Diretor de Eventos
Túlio Nogueira Bittencourt

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Diretor de Publicações e Divulgação Técnica
José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa

Diretor de Marketing
Alexandre Baumgarten

Diretor de Relações Institucionais
Wagner Roberto Lopes

Diretor de Cursos
Juan Fernando Matias Martin

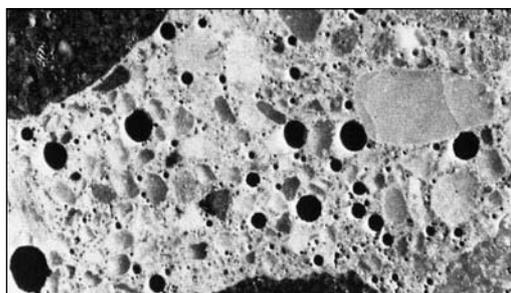
Diretor de Certificação de Mão-de-obra
Júlio Timerman

SUMÁRIO

Recuperação Estrutural

Diagnóstico, proteção, reabilitação, reparo, reforço de obras de concreto

8



Tecnologia

Os benefícios advindos do avanço técnico e normativo

29

E MAIS...

- 5 Editorial
- 6 Converse com IBRACON
- 8 Personalidade Entrevistada. Mauro Viegas
- 13 Excelência na recuperação de fachadas de edifícios
- 21 Entulho vira material nobre para construção
- 23 Concreto armado x Ambiente Marítimo
- 34 Inibidores químicos de corrosão
- 42 Recorde no nível de emprego na construção civil
- 44 Recuperação de pisos industriais
- 49 Ensino de técnicas de recuperação
- 53 Resinas para recuperação da estanqueidade
- 59 Acontece nas Regionais
- 62 Recuperação sob altas temperaturas
- 66 Dez dicas para impermeabilizantes
- 68 Diagnóstico e reparo em pontes
- 73 Testes de argamassas com reciclados cerâmicos
- 85 Recordes da Engenharia



Créditos Capa:
Montagem: Dragone Comunicação
Fotos: Compacta

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 Pedroso – MTB 41728
fabio@ibracon.org.br

DIAGRAMAÇÃO
Gill Pereira (Elementto-Arte)
gill@elementto-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO
Fernanda Evangelista
fernanda@ibracon.org.br

Gráfica: Ipsis Gráfica e Editora

Preço: R\$ 12,00 – **Tiragem:** 5.000 exemplares

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.

PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL
Túlio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil

COMITÊ EDITORIAL
Ana E. P. G. A. Jacintho, UNICAMP, Brasil
Joaquim Figueiras, FEUP, Portugal
José Luiz A. de Oliveira e Sousa, UNICAMP, Brasil
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, UFRGS, Brasil
Paulo Helene, PCC-EPUSP, Brasil
Paulo Monteiro, UC BERKELEY, USA
Pedro Castro, CINVESTAV, México
Raul Husni, UBA, Argentina
Rubens Bittencourt, IBRACON, Brasil
Ruy Ohtake, ARQUITETURA, Brasil

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



Compromisso com a excelência e a qualidade

É com prazer que assumi, por solicitação da nova Diretoria do IBRACON, a função de Presidente do Comitê Editorial da Revista Concreto & Construções. Desta forma, estarei colaborando, junto ao Jornalista Fábio Luis Pedroso, na elaboração dos próximos números da nossa revista.

A Revista Concreto & Construções consolidou-se nos últimos anos como o principal veículo de comunicação do IBRACON. Graças à determinação e competência do Prof. Paulo Helene, essa revista ganhou uma clara linha editorial e tem procurado valorizar os diversos segmentos da cadeia do concreto que participam ativamente do IBRACON. Foram introduzidas novas seções ao longo dos últimos anos para abordar sempre um tema de destaque em cada edição. Pretendemos manter a qualidade alcançada e procurar introduzir melhorias e as sugestões dos nossos associados na medida do possível.

Nesta edição, o tema de capa abordado é o "Diagnóstico e Recuperação de Estruturas de Concreto". São apresentados vários exemplos de aplicação de métodos modernos e atuais para a reabilitação, o reparo e o reforço de estruturas de concreto. É importante salientar que uma abordagem sobre patologias e métodos de recuperação não denigrem a imagem do Concreto, muito pelo contrário. As tecnologias atuais de reparo e reforço só deixam clara a versatilidade de nosso material do ponto de vista de conservação e manutenção, mas também de adaptação a novas necessidades de utilização e segurança. Nossas estruturas são duráveis e também dispõem de métodos apropriados de reparo e reforço quando necessários.

Todo este esforço de divulgação do concreto, promovido pelo IBRACON, desde sua criação, só é possível devido ao apoio de nossos associados. Portanto, a participação dos sócios de diferentes categorias por meio de artigos, de anúncios, de sugestões e também de críticas, é essencial para o contínuo aprimoramento de nossa revista. Convidamos a todos a nos contatarem sempre que necessitarem auxílio na divulgação de algum assunto importante ou mesmo para colaborar com nossa revista.

Procuramos também introduzir um novo Comitê Editorial, de forma a dar um descanso a nossos últimos colaboradores, com os quais temos uma dívida impagável, e dar uma oportunidade para novos conselheiros e suas idéias. Agradecemos desde

já a contribuição e a dedicação dos nossos novos membros do Comitê Editorial, que aceitaram doar seu tempo e trabalho em prol do nosso instituto.

O IBRACON tem procurado nos últimos anos atuar na promoção e na valorização de nossos profissionais, associações, empresas, universidades, institutos de pesquisa e todos aqueles que, de alguma maneira, participam da cadeia produtiva ligada ao Concreto. Neste momento singular da Engenharia Civil no Brasil, aproveitamos para lembrar a todos da importância de nosso compromisso com a qualidade da engenharia e das construções que deixaremos para as futuras gerações brasileiras. Este momento, longamente esperado por nosso meio, tem que ser celebrado e aproveitado por todos como uma oportunidade única de promovermos a valorização definitiva da nossa engenharia. Cabe, contudo, ressaltar a importância do contínuo aprimoramento pessoal e empresarial com um olho no futuro e nas perspectivas positivas que temos pela frente. O IBRACON tem claro o compromisso de promover e buscar a excelência e a qualidade, mesmo que para isso seja necessária a promoção de debates e de disputas acirradas de idéias e de abordagens distintas.

O ponto máximo da atuação permanente do IBRACON é o nosso consagrado Congresso Brasileiro do Concreto! Neste ano de 2008, estaremos realizando a quinquagésima edição do "Maior Evento Tecnológico e Científico da Engenharia Nacional". O 50º Congresso Brasileiro do Concreto será realizado em Salvador, na Bahia, entre os dias 4 e 9 de Setembro próximo.

Além das diversas atrações do nosso evento, como as palestras de especialistas renomados, os temas controversos, os cursos de atualização, e a apresentação de artigos técnicos com várias novidades, serão realizados dois workshops paralelos, o "1º Brazilian International RCC Symposium" e o "Melhores Práticas em Pavimentos de Concreto".

A quarta edição da nossa Feira Brasileira das Construções em Concreto (FEIBRACON) estará sendo aberta à cadeia da construção civil nacional. Esperamos receber por volta de 10.000 visitantes. Este ano, possibilitaremos também a visita à FEIBRACON do público interessado em geral, sem a necessidade de sua participação no evento em si. Esta é uma forma de tentar atrair uma maior atenção à importância do concreto no desenvolvimento sustentado de nosso país, promovendo suas diversas e amplas aplicações!

O momento é de alegria e muito trabalho! Vamos nos dar a oportunidade de juntos comemorarmos e celebrarmos este momento em Salvador no próximo 50CBC! Participe!

O IBRACON e a Bahia lhes esperam de braços abertos.

TÚLIO BITTENCOURT
Diretor de Eventos do IBRACON



Converse com o IBRACON

Ética Profissional

Prezado Dr. Paulo Helene,

Li o editorial apresentado na Revista do Ibracon no quarto trimestre de 2006, de sua autoria, sobre atitudes éticas e os institutos e tomo a liberdade de novamente entrar em contato com o grande mestre.

Segundo o ali consignado, o Ibracon é uma organização que sai em defesa e valorização da engenharia, notadamente preocupada com as variáveis que constituem o complexo exercício profissional.

Merece destaque o fato de que se trata de entidade sem fins lucrativos, de adesão voluntária, preocupada em defender os interesses de uma das profissões catalogadas dentre aquelas que dependem da "confiança pública", pois a sociedade confia que são capazes de desenvolver seus serviços com as responsabilidades que lhe são confiadas.

Tenho dito, nas aulas de ética-direito e sociedade na Faculdade de Engenharia de Sorocaba, sobre a qualificação profissional, no que muito tem contribuído os seus textos e agora nesse editorial, do qual colhi referenciais importantes, pois pelo visto destaquei a missão do "Instituto de criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de obras de concreto, desenvolvendo o seu mercado, articulando seus agentes e agindo em benefício dos consumidores e da sociedade em harmonia com o meio ambiente" (Paulo Helene).

Digo sempre aos meus alunos que o engenheiro traz consigo o chamado juízo de representação, através do qual ele pode desenvolver sua capacidade de prospecção mental antes de iniciar qualquer projeto; por isso que as consequências pela falta de observação nos rigores científicos da profissão podem levar ao chamado "dolo eventual": eis que sabendo que não foi suficiente na elaboração dos cálculos, por exemplo, o faz, em busca de lucro desprezando variáveis importantes, que somente o estudioso seria capaz de prevê-las.

Claro que a Doutrina tem interpretado como negligência e/ou imperícia, entretanto, não é suficiente para reprimir atitudes que têm levado vidas de forma abrupta e desnecessária.

O Engenheiro, hoje, deve atualizar-se de forma a perceber as variáveis ambientais, perscrutar se as técnicas coletadas em salas de aula estão atualizadas. Daí a severa importância do Ibracon, pois trabalha exatamente nesse sentido. Em outro sentido, de certa forma concorrente, arrisco dizer que os novos engenheiros devem perceber a real importância dos Conselhos Regionais, participarem ativamente

da sua composição visando maior fiscalização do exercício profissional, considerando que os abusos devem ser coibidos por quem está autorizado pelo Estado para aplicar sanções, de natureza disciplinar, bem como representar junto ao Ministério Público os abusos ilegais.

De uma forma ou de outra, os nossos engenheiros devem compreender o que é a chamada habilitação técnica, a qual é adquirida durante a graduação, pelo menos é o que consta dos conteúdos programáticos das universidades, e o grave é perceber que alguns profissionais não têm consciência disso e entregam seus misteres aos técnicos de nível médio (quando não for até abaixo dessa formação).

Costumo dizer que habilitação técnica é conferida ao profissional que deve ostentar de forma inequívoca a capacidade de compreender a complexidade, não dissolvê-la, mas compreendê-la e aplicar as técnicas necessárias, especial relevo para resistência dos materiais, técnicas construtivas etc.

Extraíndo exemplo da grade curricular da POLI, sobre algumas disciplinas profissionalizantes ministradas, tais como, Geomática, Isostática, Resistência dos Materiais, Fenômenos de Transporte, Desenho e Materiais de Construção, emerge uma questão fundamental: quem está efetivamente preparado para adquirir habilitação técnica? Outra: depois de consegui-la, porque abandoná-la nas mãos de profissionais sem essa habilitação técnica para compreender a complexidade?

Cordialmente,

Gilberto José de Camargo

*Professor da Faculdade de Engenharia de Sorocaba
OAB/SP 90.447*

Dúvidas Técnicas

Gostaria de saber se vocês têm informações quanto a dimensionamento e construção de lajes tipo Joist com nervura metálica. Faço projetos estruturais para uma região onde é normal arquitetos projetarem áreas livres de 12 x 10 m, que com as lajes nervuradas ou treliçadas resultam em espessuras de 30 a 45 cm.

Edson Ebert Junior

edson@casquatiro.com

Prezado Edson,

O assunto Joist, designação americana para treliça plana padronizada, é novo no Brasil. O CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço) editou um manual, de nossa autoria, para projetos e dimensionamento de Joists, utilizando todos os perfis do mercado

nacional. Por hora, as estruturas tipo Joist são bem abordadas na norma canadense (CISC) e podem ser dimensionadas com adaptações pela NBR 8800-1986. Alguns artigos interessantes podem ser conseguidos no site www.modernsteel.com.

Atenciosamente
Flavio Correia D'Alambert
Diretor da ABECE

Estamos fazendo um Projeto de uma Rodoviária e os projetos complementares (estrutural, elétrico, etc) serão licitados. Preciso inserir no edital alguns "cuidados" para evitar que a obra caia nas mãos de aventureiros, mas que também privilegiem os bons profissionais. Podem me ajudar?

Paulo Roberto dos Santos
pauloviola@netsite.com.br

Prezado Paulo,
Agradecemos o seu contato e informamos que você poderá consultar o site da ABECE – www.abece.com.br e baixar as Recomendações de Projetos Estruturais. Consideramos que as informações contidas no texto poderão ajudá-lo.
Cordialmente,
Secretaria Executiva da ABECE

Caros colegas,
Estou iniciando no grupo agora, e nesse pouco tempo, já tive oportunidade de aprender bastante, apenas dando uma vasculhada nas mensagens anteriores. Comecei há pouco no ramo de controle tecnológico: atualmente trabalho no laboratório de campo na construção de uma PCH no interior do MS. Bom, "apresentações" feitas, o que estou precisando é de uma apostila e/ou material didático referente ao assunto: Adensamento de Concreto (bem como tudo mais relacionado ao material concreto e seu controle tecnológico), pois fui solicitado a dar uma pequena palestra sobre esse tema aos vibradoristas aqui da obra, pois os mesmos demonstram total inexperiência e desconhecimento do assunto. Desde já muito obrigado pela preciosa ajuda de todos e coloco-me a inteira disposição para ajudar no que me for possível.
Atenciosamente,
Eng. Ademar J. Coradini Jr.,
Controle Tecnológico LACTEC – PCH Alto Sucuriú – MS

Prezado Ademar e colegas,
Acho que um bom local para você procurar é o IBRACON. Afinal de contas, o IBRACON é o Instituto Brasileiro do Concreto. O IBRACON tem uma loja que comercializa os artigos técnicos já publicados. Você pode acessar todos os artigos disponíveis do IBRACON através do site: www.ibracon.org.br. Também os Anais dos diversos Congressos já realizados (neste ano teremos o 50º Congresso, em Salvador) deve conter muito trabalhos sobre o tema. Uma busca no Google também não está fora de propósito, mas, tenho certeza, você encontrará material muito bom no IBRACON.
Saudações,
Nelson Covas
TQS – SP

Livro Materiais de Construção
Prezado Sr(a), bom dia,
Venho por meio deste solicitar informações para a aquisição dos dois volumes do livro "Materiais de Construção Civil – Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais", cujo editor é Geraldo C. Isaia, lançado em Bento Gonçalves.
Tive o conhecimento de tal publicação por outro docente que participou do evento e, como ministro

aulas em Materiais de Construção e Resistência dos Materiais, gostaria de obtê-lo.
Assim, peço orientações.
Atenciosamente,
Prof. Rosane Batistelle
Depto. de Engenharia Civil – FE
UNESP – campus de Bauru

Prezada Prof. Rosane,
O livro "Materiais de Construção Civil" pode ser adquirido pela loja virtual no site www.ibracon.org.br ou diretamente pelo telefone 11-3735-0202.
Atenciosamente,
Secretaria IBRACON

Premiação de Honorary Member Estimado Selmo,
Folgo em saber que você recebeu mais esse merecido reconhecimento. Eu já estava esperando isso e fiquei sabendo em off na reunião de San Juan. Estive trabalhando nessa direção desde mais de um ano atrás. O ACI é muito estrito e muito rigoroso nas indicações, o que valoriza ainda mais esse seu reconhecimento profissional. Você merece e me agrada muito estarmos na mesma equipe e mesma família IBRACON.
Parabéns. Você fez por merecer. Estarei lá em Los Angeles para aplaudi-lo de pé e dar-lhe um grande abraço.
Paulo Helene
1º vice-presidente IBRACON

Prezado Selmo Kuperman,
Nada mais justa esta indicação para um profissional extremamente competente, que tem representado a altura o Brasil junto ao ACI. Estaremos em Los Angeles para merecidamente aplaudi-lo!!
Júlio Timerman
Diretor de Certificação de Mão-de-Obra IBRACON

Prezado Selmo,
Fiquei extremamente satisfeito com sua merecida indicação, não só pela sua capacidade, por você ter conduzido, junto com outros colegas, o processo que resultou na parceria atual com o ACI, mas também pela pessoa que você é e que eu aprendi a admirar ao longo de muitos anos de nossas vidas profissionais. Receba, em nome do Instituto Brasileiro do Concreto e em meu próprio nome, os mais sinceros parabéns pela conquista. Esta sua conquista engrandece cada vez mais o nome e a credibilidade, não só sua, mas da engenharia brasileira e muito especialmente do nosso Instituto Brasileiro do Concreto. A sua conduta técnica e pessoal serve como estímulo e exemplo para todos nós da cadeia da construção.
Abraços,
Rubens Machado Bittencourt
Diretor Presidente IBRACON

Caros Rubens, Paulo e Julio,
Fiquei agradavelmente surpreso ao receber comunicado do ACI, concedendo-me a premiação de Honorary Member. Deixei passar alguns dias para absorver a notícia e decifrá-la. Não tenho a menor idéia de como isso ocorreu. Não me julgo a pessoa mais merecedora de tão importante honraria, mas também não recusarei, pois, estar junto dos professores Vasconcelos, Telêmaco e Basílio é algo que nunca teria em sua consciência imaginado. Provavelmente, foi devido ao trabalho de relacionamento entre o IBRACON e o ACI. Já estou planejando a viagem para a próxima convenção do ACI.
Abraços,
Selmo Kuperman, DESEK/ ex-Diretor-Presidente IBRACON

Mauro Ribeiro Viegas



O professor, arquiteto e empresário Mauro Viegas coleciona tantos títulos e cargos, impossíveis de serem todos elencados nesta breve apresentação. Como professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro, atuou como chefe do Departamento de Tecnologia por 18 anos, onde ainda ocupou os cargos de Diretor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de prefeito do Campus.

Ao ser aposentado, o Conselho Universitário conferiu-lhe o título de Professor Emérito, pelos relevantes serviços prestados ao ensino.

Como empresário, foi pioneiro ao instalar o primeiro escritório de tecnologia dos materiais e do concreto, que se tornou mais tarde a Concremat Engenharia e Tecnologia S/A, da qual é atualmente o presidente do Conselho de Administração do Grupo.

A convergência entre ensino e área de atuação permitiu que o professor levasse sua experiência prática aos alunos, numa época que registrou muitos desabamentos, o que aumentava a importância do controle de qualidade da obra.

Como arquiteto, Viegas foi Secretário Geral de Viação e Obras Públicas do Distrito Federal de 1959 a 1960, momento de construção de Brasília.

Foi Diretor Técnico e Diretor Presidente da Companhia de Habitação – Cohab – do Estado da Guanabara, de 1966 a 1968, e membro do Conselho Superior de Planejamento Urbano do Governo deste estado, de 1972 a 1975.

Dentre outros cargos importantes ocupados, devem ser citados:

- ◆ **Presidente do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA-RJ, de 1964 a 1971;**
- ◆ **Representante do CREA na Conferência Mundial da UNESCO, em 1968;**
- ◆ **Diretor Regional do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON – de 1976 a 1978;**
- ◆ **Presidente do Comitê Brasileiro de Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, em 1985**
- ◆ **Vice-Presidente da Federação Industrial do Estado do Rio de Janeiro – Firjan, de 1995 a 2004.**

IBRACON – *Quais acontecimentos foram determinantes na universidade e no início de sua carreira profissional?*

Mauro Ribeiro Viegas – Dediquei-me, no início da profissão, com muito interesse, aos projetos de urbanismo do Departamento de Urbanismo da então Prefeitura do Distrito Federal, sob a direção do arquiteto e urbanista Afonso Eduardo Ready.

Em dezembro de 1945, estava concluindo o sexto ano do Curso de Arquitetura e Urbanismo, na Escola Nacional de Belas Artes, no Rio de Janeiro. Já naquela época, algumas estruturas desabavam, por causa da utilização de materiais inadequados para estruturas, da má execução nas concretagens, ou ainda do desconhecimento do solo que iria suportar a carga da edificação.

A convite do Professor Edison Passos, meu mestre na cadeira de “Materiais de Construções – Estudo do Solo”, fui nomeado pelo Presidente da República, Gal. Eurico Gaspar Dutra, Professor Assistente da referida cadeira em 1946, dedicando-me ao ensino na parte prática: levar os alunos aos canteiros de obras para aprender “in loco”, em contato com os materiais, com o “mestre de obras” e com o engenheiro responsável.

Quanto ao meu interesse, era realmente o curso de arquitetura, cujas cadeiras técnicas eram as mesmas do curso de engenharia civil, na época, e o de urbanismo, meu principal foco – o planejamento da cidade. Tanto é verdade que, em 1960, realizamos o Plano Diretor da Cidade de Teresópolis, no Estado do Rio de Janeiro.

IBRACON – *Como explicar a interação entre a arquitetura e a engenharia? Poderia ilustrar*

essa interação com uma obra desenvolvida por sua empresa?

Mauro Ribeiro Viegas – A interação arquitetura/engenharia está sempre latente nas edificações e é percebida quando constatamos que os escritórios de arquitetos estão sempre associados a escritórios de projetos ou a engenheiros especializados.

Um exemplo dessa interação é o Palácio da Cultura no Rio de Janeiro (1945). O grupo de arquitetos Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, Ready e outros interagiu com o escritório do Engº Emílio Baumgart, para o desenvolvimento do projeto da estrutura em concreto armado, sem alterar a filosofia do projeto.

Como ilustração dessa interação desenvolvida pela Concremat, destacamos a construção de Brasília, onde engenheiros e arquitetos, reunidos permanentemente, avaliavam meios e ações, para que as edificações fossem concluídas nos prazos pré-estabelecidos,

sem perda da qualidade ou da concepção arquitetônica.

Hoje, as grandes obras são avaliadas em função do seu impacto no meio ambiente, onde engenheiros e arquitetos atuam sintonizados. O próprio IBRACON abre espaço para arquitetos e estudantes de arquitetura em seus eventos.

IBRACON – *Fale de sua vocação para professor e para empresário.*

Mauro Ribeiro Viegas – O convite do Professor Edison Passos para Professor Assistente despertou em mim a vocação para ensinar, o convívio, durante décadas, com a juventude universitária,

Hoje, as grandes obras são avaliadas em função de seu impacto no meio ambiente, para o qual engenheiros e arquitetos atuam sintonizados

com o ambiente do aprender, do ensinar, do saber, de participar das reuniões do Departamento de Tecnologia, e de exercer a chefia do mesmo, de Diretor da Faculdade e de Prefeito da Universidade, e de participar dos Conselhos de Pesquisa e Universitário, representaram para mim uma inestimável contribuição para minha cultura e para o relacionamento com os mestres das mais variadas áreas do ensino e da pesquisa.

Após diplomado arquiteto, juntamente com meu colega Paulo Braga Lopes, realizamos vários projetos de arquitetura, em nosso escritório à Rua Ramalho Ortigão, nº 9 – 2º Andar.

Em fevereiro de 1952, iniciamos nossas atividades com o “Escritório Técnico Professor Mauro Ribeiro Viegas, Controle de Concreto e Ensaio de Materiais”, na sala 603 da Rua México, 90, que em outubro de 1958 foi alterado para Sociedade Civil de Controle de Concreto e Ensaio de Materiais”, e em 1972 para “Concremat Engenharia e Tecnologia S/A”.

IBRACON – Qual foi o primeiro grande projeto no qual participou a Concremat? Quais eram os desafios? Como foram vencidos?

Mauro Ribeiro Viegas –

O primeiro grande projeto foi a Refinaria Duque de Caxias no RJ, mas a construção de Brasília, na década de 1960, por sua abrangência e contribuição ao desenvolvimento da tecnologia do concreto, foi o grande marco.

Os principais desafios estavam relacionados com a deficiência de agregados na região, a única fonte prospectada era a areia e o cascalho do Rio Paranoá, que eram inicialmente classificados às margens do rio, de modo artesanal e transportados para os canteiros das obras. A concretagem era iniciada quando um estoque de agregados fosse suficiente para uma laje.

Mais tarde, através de sondagens, foram localizados depósitos de cascalhos subterrâneos, cobertos com aproximadamente 200m de solo, que eram retirados com retroescavadeiras, e a camada de cascalho desmontada e lavada com jatos de água sob pressão. Mais tarde, foram localizadas jazidas de quartzito e, finalmente, passou-se a utilizar o calcário britado.

A Concremat, até a inauguração da capital, foi a única empresa que atuou na região com laboratório de tecnologia do concreto.

IBRACON – A experiência da Concremat em recuperação, reforço e manutenção de estruturas possibilita que faça um diagnóstico preciso das patologias. Quais são as principais patologias observadas em obras de concreto? O que poderia ser feito para evitá-las ou minimizá-las?

Mauro Ribeiro Viegas – As patologias, quando não são originárias de deficiência do dimensionamento ou erros de execução, estão associadas à corrosão eletroquímica das barras de aço das armaduras, por desconsideração do microclima do local da construção.

Hoje, para reduzi-las, é fundamental observar as prescrições da NBR 6118/03 da ABNT.

IBRACON – As construtoras brasileiras têm se pautado pela maior durabilidade das obras?

Mauro Ribeiro Viegas –

Considero que o trabalho e divulgação das pesquisas das universidades, institutos de tecnologia, escolas técnicas, equipes de normas e entidades de classe, em que se destaca o IBRACON, através de suas publicações técnicas, estão contribuindo substancialmente para que as construtoras preocupem-se com ganhos de durabilidade, para execução de suas construções.

IBRACON – Como é o relacionamento entre a construtora e o laboratório de controle tecnológico? Este relacionamento pode ser melhorado no sentido de assegurar maior vida útil às obras?

Mauro Ribeiro Viegas – As construtoras mantêm atualmente uma rotina de controle tecnológico, de modo sistêmico, para permitir condições de bom desempenho do concreto, que nem sempre, entretanto, irão garantir ganhos de durabilidade e segurança. Uma estrutura durável somente será obtida se as recomendações da NBR 6118/03 forem adotadas no projeto, seguidas da inspeção para a liberação da concretagem: garantindo fôrmas estanques e limpas, com os desvios dentro das tolerâncias; as armaduras isentas de corrosão e na posição de projeto e a espessura do cobrimento compatível com a agressividade do meio de exposição.

Uma estrutura durável somente será obtida se as recomendações da NBR 6118/03 forem adotadas no projeto, seguidas da inspeção para liberação da concretagem

IBRACON – Uma lei nacional obrigando a inspeção e manutenção periódica de obras seria bem-vinda? Por quê?

Mauro Ribeiro Viegas – Não considero adequada uma lei nacional obrigando a inspeção periódica de obras. O rigor da inspeção deverá ser função do tipo e dimensão da estrutura, que irá indicar qual a titularidade do inspetor. Esta atividade nas obras de maior porte é normalmente praticada pelas equipes técnicas dos clientes públicos ou privados.

Considero, entretanto, importante que sejam revistas as várias normas para estabelecer a ênfase na execução das inspeções e o fornecimento de um manual de manutenção preventiva para a pós-ocupação, focando no que couber as estruturas de concreto armado.

A implantação a nível nacional do seguro das construções é a forma eficaz para que melhorias sensíveis em ganhos de durabilidade sejam obtidas para a Indústria da Construção.

IBRACON – Em termos tecnológicos, quais as principais mudanças ocorridas nos laboratórios de controle tecnológico no último meio século? Quais técnicas são empregadas hoje que facilitam o trabalho na recuperação e reparo de estruturas?

Mauro Ribeiro Viegas – As principais mudanças ocorridas nos laboratórios de controle tecnológico no último meio século foram direcionadas para a execução de ensaios não destrutivos permitindo a asculção das estruturas com equipamentos portáteis, Raio X, Ultra som, Esclerometria, penetração de pinos, resistência à brocagem e ao risco, medição de potencial elétrico, sondagem sônica e grau de umidade, capilaridade e o controle da redução do PH, por contaminação química.

IBRACON – Quais os avanços experimentados pelo concreto e pelos materiais de construção no decorrer de sua experiência profissional? Quais são as tendências futuras?

Mauro Ribeiro Viegas – Depois do fator aguacimento da Lei de Abrans, consideramos

fundamental a execução do adensamento mecânico de alta ou baixa frequência: o primeiro para concretos medianamente plásticos ou plásticos; e o de baixa frequência para os concretos fluidos. Os processos e tempo de cura e sua importância na qualidade e durabilidade do concreto, assim como a avaliação do modo de deformação no trabalho do concreto sob ação de variações térmicas, consistem também em avanços.

As tendências futuras são para o emprego do concreto de alto desempenho (CAD ou HPC) e o uso dos concretos fluidos, auto adensáveis (CAA), com emprego de aditivos superfluidificantes.

IBRACON – Qual é o segredo do sucesso do crescimento do grupo Concremat?

Mauro Ribeiro Viegas – O crescimento do Grupo Concremat está na capacitação e diversificação de seus cinco negócios, e na valorização de seus recursos humanos, onde são adotados e praticados 6 valores: Competência; Confiança; Compromisso; Criatividade; Consciência e Companheirismo.

IBRACON – Como presidente do CREA-RJ por três mandatos consecutivos, qual é a importância que atribui à entidade como representativa da categoria de engenheiros e arquitetos? Por que os CREAs e o Confea são alvo de críticas constantes dos engenheiros?

Mauro Ribeiro Viegas – Os Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREAs) são órgãos de fiscalização do exercício dos profissionais de engenharia, arquitetura e agronomia, em suas regiões, conforme estabelece a lei 5194, de 24.12.1966, em seu artigo 34.

A importância dos CREAs é exatamente pela sua função de órgão de fiscalização de execução dos profissionais de engenharia, arquitetura, agronomia, em suas regiões.

Desconheço que os CREAs e o Confea sejam alvo de críticas constantes de engenheiros e arquitetos.

Cabe ressaltar que os dirigentes dos CREAs têm o hábito de promover palestras sobre

As tendências futuras são para o emprego do concreto de alto desempenho e para o uso de concretos fluidos – auto-adensáveis

o exercício profissional nas escolas de engenharia, arquitetura e agronomia, no último ano do curso.

IBRACON – As escolas de engenharia e arquitetura brasileiras têm preparado bons profissionais para o mercado de recuperação de estruturas? Por quê?

Mauro Ribeiro Viegas – As escolas de arquitetura e engenharia brasileiras nos seus cursos seriados preparam profissionais no sentido de capacitá-los para a execução de estruturas duráveis.

A partir da NBR 6118/03, a durabilidade e os processos de deteriorização e corrosão passaram a ser melhor estudados nos cursos de pós-graduação “*lato sensu*” e “*stricto sensu*”. Nas disciplinas de patologia, desenvolvem-se pesquisas e são defendidas teses e dissertações sobre o tema.

As entidades de classe (CREA, instituto de Engenharia), através de congressos e revistas especializadas, no Brasil e exterior, divulgam os avanços obtidos.

IBRACON – O senhor vê necessidade de um

exame da ordem nos mesmos moldes do que faz a OAB?

Mauro Ribeiro Viegas – Não é o caso. A solução mais prática está dada na resposta anterior.

IBRACON – Que importância atribui às entidades que procuram disseminar o conhecimento, as boas técnicas para a construção e a ética no setor, como faz o IBRACON?

Mauro Ribeiro Viegas – O IBRACON, como entidade independente, é um importante Fórum onde as pesquisas e estudos das patologias e técnicas executivas da construção de estruturas e da sua recuperação são apresentadas, discutidas e divulgadas, transformando-o numa entidade viva disseminadora da inteligência nacional e internacional, para o conhecimento e aumento da vida útil das estruturas de concreto armado.

Estimula também a capacidade criadora dos profissionais da indústria da construção, gerando apreciável economia na Construção Civil, para os construtores e usuários das estruturas de concreto armado. ♦



IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CONCRETOS ESPECIAIS

22 a 24 de Maio de 2008 | Fortaleza, Ceará

CENTRO DE CONVENÇÕES DO HOTEL OÁSIS ATLÂNTICO

OBJETIVOS

- Promover a divulgação de novos conhecimentos sobre a tecnologia do concreto que se caracterizam por possuírem propriedades diferenciadas
- Ampliar os conhecimentos sobre os materiais componentes dos concretos especiais, suas características e propriedades, assim como divulgar as possibilidades de suas aplicações, contribuindo para a melhoria da qualidade e durabilidade das obras em concreto

PALESTRANTES

PROF. HELIO ADÃO GREVEN (UFRS EC - BRASIL)
PROF. RAUL LUIS ZERBINO (CONICET UNLP LEMIT - ARGENTINA)
PROF. PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE (POLI USP - BRASIL)
PROF. JOÃO ADRIANO ROSSIGNOLO (USP EESC - BRASIL)
PROF. REGINO GAYOSO BLANCO (CTDMC - CUBA)
ENG. HUGO CORRES PEIRETTI (ETSICCYP UPM - ESPANHA)
PROF. RUBENS MACHADO BITTENCOURT (FURNAS - BRASIL)
PROF. MARIA CRISTINA DOS SANTOS RIBEIRO (UNIV. DO PORTO - PORTUGAL)
PROF. PAULO CÉSAR CORREIA GOMES (UFAL - BRASIL)
PROF. PHILIPPE JEAN PAUL GLEIZE (UFSC - BRASIL)

INFORMAÇÕES

FONE | FAX: (88) 3611 6796
E-MAIL: sinco2008@yahoo.com.br
SITE: www.sobral.org/sinco2008

REALIZAÇÃO

IBRACON Instituto Brasileiro do Concreto
IEMAC Instituto de Estudos dos Materiais de Construções
UVA Universidade Vale do Acaraú

Condomínio Central Park Ibirapuera: a importância de um laudo técnico para a obtenção da excelência na recuperação das fachadas em edifícios

Alexandre Tomazeli
Escritório Técnico Pacelli, Ragueb e Associados

Flávio de Camargo Martins
Vedacit/Otto Baumgart

1. Introdução

Inúmeros são os edifícios nas metrópoles que sofrem ou sofrerão de algum tipo de manifestação patológica durante a sua vida útil. Tais manifestações são geralmente oriundas de projetos inadequados ou impraticáveis, do emprego de métodos deficientes de execução ou demolição, de cargas excessivas, e das condições de exposição e inexistência de manutenção preventiva.

Geralmente, as fachadas de um edifício são as que sofrem maior deterioração (principalmente, em concreto aparente), seja pela ausência de manutenção preventiva, ou quando foram projetadas e construídas sob critérios de durabilidade e desempenho deficientes, ou seja, que não tenham atendido às normas técnicas pertinentes.

As estruturas e o seu material constituinte Concreto Armado ou Concreto Protendido, assim como as criaturas humanas podem padecer de males congênitos e adquiridos, bem como sofrer acidentes durante a vida (NORONHA, 1982).

O emprego de uma metodologia adequada resulta no aumento significativo do nível de desempenho das fachadas de um edifício e, em geral, da estrutura de concreto armado quando aparente nesta fachada.

Neste caso, temos que a metodologia corretiva adequada será obtida por meio da



Figura 1 – Fachada principal de um dos blocos dos edifícios, voltada para Av. 23 de Maio – SP

execução de um estudo crítico e sistemático das anomalias ocorridas nas fachadas de uma edificação, o que, sem dúvida, ressalta a importância da execução de um laudo técnico.



Figura 2 – Fachada principal de outro bloco, voltada para Av. 23 de Maio – SP

No presente artigo serão relatadas as manifestações patológicas ocorridas na superestrutura de concreto armado dos edifícios que constituem o Condomínio Central Park Ibirapuera, com base nas especificações pertinentes em um laudo técnico.

2. Conceituações básicas de um laudo técnico

Entende-se como laudo a “peça na qual o perito, profissional habilitado, relata o que observou e dá as suas conclusões ou avalia, fundamentalmente, o valor de coisas ou direitos” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p.4).

Para a análise e elaboração de um laudo técnico para a recuperação de uma edificação deteriorada, primeiramente, deve-se ter o conhecimento dos seguintes princípios básicos:

- ◆ Critérios de vistoria em superestruturas de concreto armado de edifícios;
- ◆ As tipologias e as frequências das anomalias e deteriorações da edificação e do próprio material concreto;
- ◆ A determinação do diagnóstico das origens das deficiências e anomalias;

- ◆ Conhecimento da tecnologia de recuperação e reforço.

Pode-se compreender basicamente na figura 03 a seqüência de trabalho para a elaboração de um laudo técnico.

3 Capacitação do profissional

Cabe ao profissional que for elaborar um laudo técnico possuir profundo conhecimento teórico e prático sobre a tecnologia dos materiais de construção (concreto armado e seus materiais constituintes, alvenarias, revestimentos, aditivos, argamassas), comportamento estrutural e normas técnicas.

Segundo Raygaerts (1976) apud Liechtenstein (1986), as pessoas que estiverem estreitamente ligadas ao processo da construção com uma boa bagagem de conhecimento sobre a física e química aplicada aos materiais de construção e possuidoras de uma larga experiência vivenciada neste campo têm condições de resolver a grande maioria dos problemas patológicos.

Seja qual profissional for responsável pela resolução de um problema, este deverá ter uma conceituação firme do método a ser empregado em cada uma de suas etapas (Liechtenstein, 1986).

É ainda indispensável que conheça a fundo as causas geradoras dos males, que saiba, através dos sintomas visíveis ou auscultáveis por meio de ensaios, emitir diagnóstico seguro. É preciso ainda que conheça os remédios e a sua posologia, que seja capaz de acompanhar o tratamento ajustando os remédios, as doses e os meios de aplicação, às condições reais da estrutura que, por vezes, se mostra, durante o tratamento, diferente daquelas de início vislumbradas (Noronha, 1986).

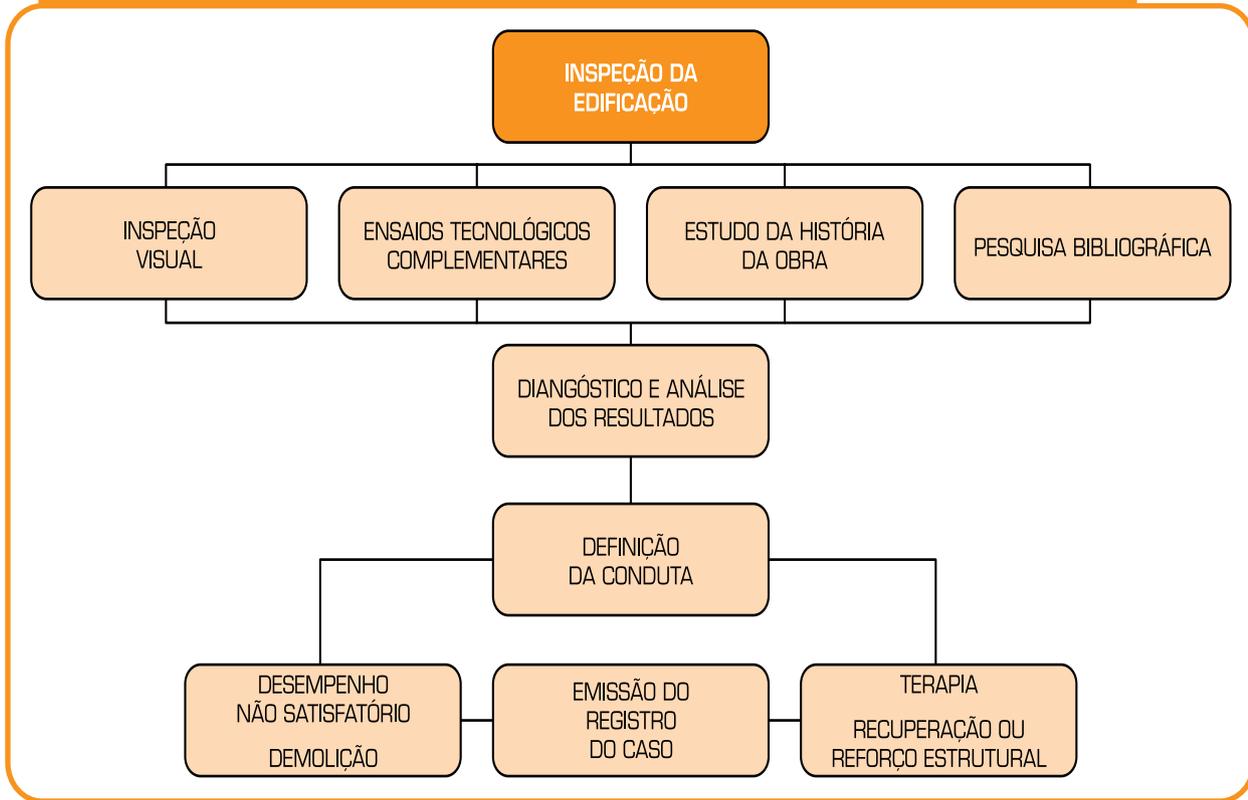
O tratamento das estruturas exige, do técnico dele encarregado, atributos e conhecimentos semelhantes daqueles exigidos do médico. Antes e mais que qualquer outro atributo, o Engenheiro que se propõe a curar estruturas deve a elas dedicar carinho, amizade e respeito.

4. Estudo de caso: Condomínio Central Park Ibirapuera

4.1 OBJETIVO

O objetivo do laudo técnico para a recuperação do mencionado condomínio foi descrever as

Figura 3 – Organograma do critério proposto de atuação de um laudo técnico



anomalias existentes na superestrutura de concreto armado dos edifícios e o fornecimento de especificações referentes aos métodos construtivos e materiais de construção a serem empregados nas obras de recuperação destas anomalias.

4.2 CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO E REGISTROS

Na fase de levantamento minucioso de toda a superestrutura do edifício, deve-se adotar uma diretriz e roteiro de inspeção. Segundo Souza e Ripper (1998), durante a realização da inspeção deverá ser feito um mapeamento cuidadoso das anomalias existentes, através de representação gráfica do quadro patológico da estrutura, que servirá de base para definição

das causas das manifestações patológicas e para o projeto, especificação e quantificação dos serviços de recuperação ou de reforço da estrutura. A

figura 4 ilustra o mapeamento das anomalias em uma das fachadas do condomínio.

No estudo de caso, adotaram-se as seguintes metodologias:

A – Metodologia A: Inspeção “in loco” nas fachadas com uso de cadeirinha suspensa, realizada por profissional cordeiro, e acompanhada pela nossa equipe técnica que elaborou o laudo técnico.

B – Metodologia B: Vistoria do andar térreo com uso de equipamento óptico e das coberturas adjacentes, para confirmar e registrar em plantas as anomalias existentes nas fachadas.

Figura 4 – Exemplo genérico do mapeamento

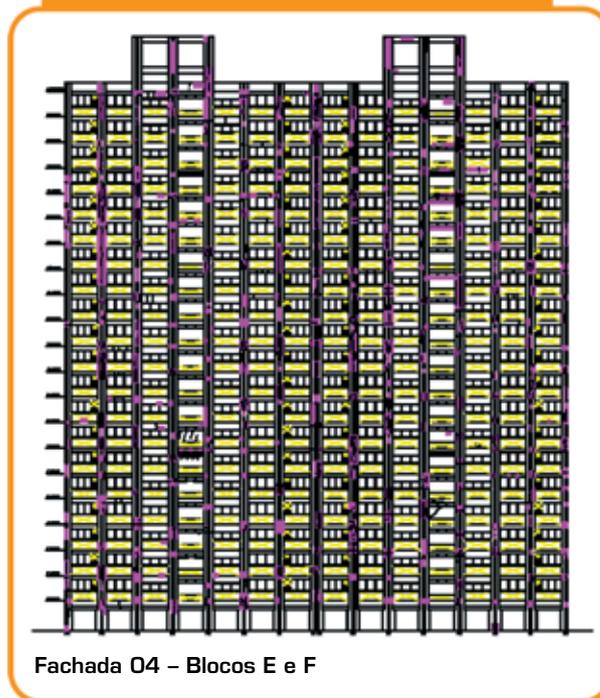




Figura 5 – Corrosão do aço com o deslocamento da camada de cobrimento de concreto dos pilares

Por sua vez, com as fotografias obtidas em campo, devem ser indicadas as posições exatas nas plantas onde foram registradas as anomalias, ou em outras plantas, para facilitar e entender a localização da anomalia. Estas fotografias devem fazer parte do registro descritivo, preferencialmente como anexo fotográfico. As figuras 5 e 6 ilustram algumas das anomalias detectadas nas fachadas dos edifícios do condomínio.

No caso do Condomínio Central Park Ibirapuera, foram detectadas basicamente as seguintes tipologias de anomalias:

- ◆ Trinca, ruptura e alguns casos de desprendimento da camada de recobrimento de concreto dos pilares nos locais onde as barras de aço encontram-se em processo de corrosão;
- ◆ Deficiências na compacidade do concreto estrutural dos pilares, com a presença de “ninhos de pedra” e com barras de aço em processo de corrosão, principalmente, na região de emendas entre concretagens e transpasse das barras de aço;
- ◆ Corrosão incipiente do aço, no qual se observou a perda significativa das seções transversais de alguns estribos e barras de aço principais, tanto em vigas como em pilares;
- ◆ Má performance de alguns reparos executados, no qual se observou deficiência na aderência dos revestimentos de argamassas aplicados sobre a superfície de concreto de alguns pilares. Em vários pontos da estrutura, observou-se que o aço corroído recebeu uma pintura à base de Óxido de Chumbo Pb_3O_4 , comercialmente chamado de Zarcão, danoso para este tipo de reparo;

4.3 – DETERMINAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DA ORIGEM DAS ANOMALIAS

A determinação das origens das anomalias provém da associação entre as características

físicas e construtivas da edificação e as patologias identificadas e registradas nas inspeções.

Por sua vez, NORONHA (1986), relata “uma primeira tentativa de classificação que indicaria como possíveis causas”, a saber:

a) Falhas congênicas decorrentes da concepção do projeto arquitetônico e/ou concepção do projeto estrutural, ou ainda proveniente de:

- Erro ou engano de projeto;
- Inobservância das normas por parte dos tecnologistas;

b) Falhas adquiridas durante a construção devido a:

- Uso de materiais impróprios ou com características diferentes das especificações no projeto;
- Adoção de métodos de execução e de equipamentos inadequados.

c) Falhas ocorridas por causa acidentes tais como:

- Carregamento excessivo acarretando solicitações não previstas.

d) Falhas adquiridas devido às “condições de exposição”.

NORONHA (1986) também comenta que “tais falhas são geralmente causadas por projetos inadequados ou impraticáveis, métodos deficientes de execução ou demolição, cargas excessivas, choques, incêndios, mão de obra incompetente ou não devidamente qualificada”.



Figura 6 – Lascamento da camada de cobrimento em face à expansão do aço pela sua corrosão



Figura 7 – Detalhe armadura de encontro

No caso das anomalias registradas no condomínio Central Park Ibirapuera, estas tiveram sua origem das seguintes deficiências:

- ◆ Insuficiência da espessura da cobertura, camada de concreto sobre as barras de aço (em alguns casos inferiores a 10 mm);
- ◆ Da ação da frente de carbonatação e agentes agressivos externos (chuva ácida e fuligem dos veículos da Av. 23 de Maio);
- ◆ A formação de “ninhos de pedra” no concreto dos pilares provindas das deficiências do lançamento e adensamento do concreto durante a execução da obra;



Figura 8 – Detalhe armadura



Figura 9 – Falta de cobrimento de concreto

- ◆ Má performance nos reparos executados anteriormente no concreto.

4.4 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO EMPREGADOS NA OBRA CENTRAL PARK

Os critérios de recuperação divergem em decorrência da causa geradora da falha, das disponibilidades locais da obra, da construção e, ainda, do julgamento ou critério do Engenheiro encarregado do trabalho. São inúmeros os métodos comprovadamente adequados para procedimentos de reparos. Segundo LICHTENSTEIN (1996), a definição da conduta envolve, da mesma forma que o diagnóstico, um processo rico de elaboração mental que culmina numa decisão que tem associada, necessariamente, alguma incerteza sobre os efeitos da ação escolhida.

HELENE (1992), salienta: “... que não há ainda uma terminologia normalizada ou ado-



Figura 10 – Detalhe “ninhos” de concretagem

tada pelo setor de tal modo que a identificação imediata da natureza e características principais de um produto, a partir do seu nome comercial, nem sempre é possível”.

Ainda Noronha (1986), relata que “ao eleger um sistema de reparo, ou seja, de tratamento, deve ainda o Engenheiro considerar outros aspectos tais como, disponibilidades locais, custo, etc.”.

No caso do Central Park Ibirapuera, de posse do laudo técnico com as especificações detalhadas dos processos construtivos e materiais de construção, a administração do condomínio adotou o seguinte critério:

- ◆ A contratação de uma equipe de oficiais pedreiros que, por sua vez, já vivenciaram a execução de uma obra de recuperação estrutural de concreto armado;
- ◆ A contratação de um Engenheiro Civil Junior, que teria por objetivo fiscalizar a obra de recuperação, com base nas especificações do laudo técnico e manual técnico do fabricante dos materiais de construção;
- ◆ Da aquisição dos materiais e insumos somente de um único fabricante, no caso a Vedacit, que, por sua vez, ficou incumbida do treinamento da equipe de obra no que tange à preparação e



Figura 11 – Preparo da superfície do concreto

Figura 12 – Figura extraída do laudo ilustrando genericamente o reforço com novas barras de aço empregando resina epoxídica

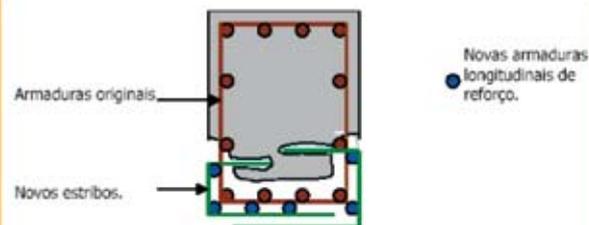


Fig. 12 – Corte AA do pilar.

aplicação dos materiais de recuperação especificados no laudo técnico, assim como às inovações técnicas em recuperação estrutural de estruturas de concreto armado.

Basicamente, as intervenções na superestrutura de concreto armado das fachadas das torres do Condomínio Central Park Ibirapuera foram as que seguem um exemplo de procedimento de recuperação empregado na obra.

4.4.1 – Recuperação dos pilares no caso de reparos profundos (acima 4 cm de profundidade)

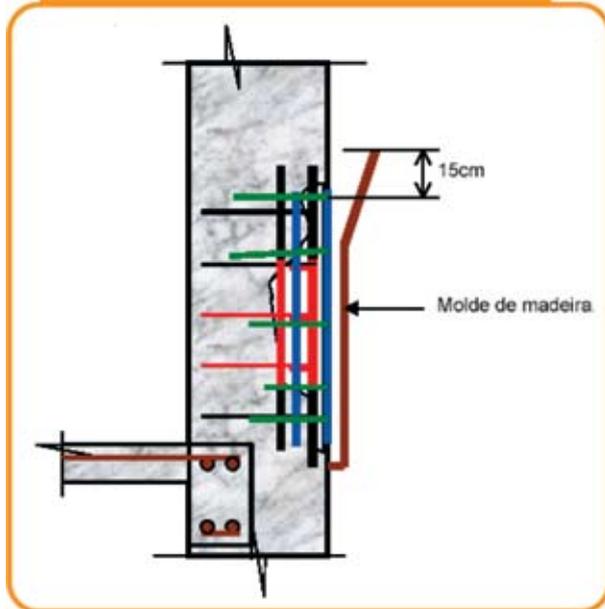
Este processo recuperação estrutural foi empregado nos casos onde se constatou a ruptura da camada de cobrimento de concreto, proveniente da corrosão das barras de aço; porém, sem a ocorrência de “ninhos de pedra” ou cavidades profundas (acima de 4cm). Este processo de recuperação pode ser visto nas figuras 11, 12, 13 e 14.

Portanto, entende-se que cabe ao projetista do sistema de recuperação e reforço estabelecer critérios construtivos e materiais de construção a serem empregados dependente do diagnóstico de funcionamento do elemento estrutural que será objeto de correção, de modo a garantir a durabilidade e estabilidade do reparo e da estrutura de concreto em si, com base nas atuais normas vigentes.

5. Conclusão

A elaboração de um laudo técnico para a recuperação estrutural deve incluir

Figura 13 – Figura extraída do laudo ilustrando a reconstituição do concreto com emprego de molde de madeira dotado de “cachimbo”



os critérios construtivos e especificações de materiais, ou seja, um sistema de reparo e recuperação completo, cuja função é aumentar o nível de desempenho e durabilidade da estrutura de concreto armado ou uma fachada.

O nível de desempenho do concreto de qualquer estrutura é avaliado, basicamente, pela distância existente entre dois patamares definidos em norma, sendo eles:

- ◆ O seu nível de serviço (Estado Limite de Serviço – ELS);
- ◆ O seu nível de colapso (Estado Limite Último – ELU).

A diferença entre estes dois patamares são os coeficientes de segurança, por sua vez definidos em normas técnicas. Quanto mais próximos eles estiverem, maior probabilidade de que a superestrutura entre em colapso. A proximidade destes dois parâmetros ocorre cada vez que a superestrutura de concreto aproxima-se de um nível crítico de deterioração e desempenho, anômalo ao que foi projetada.

Portanto, a redução desta proximidade só é possível, por meio de uma intervenção adequada na edificação, seja ela pela manutenção preventiva ou corretiva, executada empregando-se critérios construtivos pré-estabelecidos, que garantam a excelência e longevidade dos reparos, como



Figura 14 – Foto extraída da obra ilustrando a reconstituição do concreto com “grouth” lançado pelo “cachimbo” fixado posteriormente

foi procedido nas obras de recuperação destes edifícios com base nas especificações do laudo técnico.

Cabe aos Engenheiros Civis responsáveis pela análise destas superestruturas de concreto armado “doentes” distanciar cada vez mais a proximidade destes parâmetros definidos pela norma, aumentando-se os seus coeficientes de segurança, o que, por sua vez, é possível por meio de uma terapia adequada.

Portanto, podemos concluir que alguns fatores foram fundamentais para obter uma recuperação com excelência no case do edifício Central Park Ibirapuera:

- ◆ Laudo técnico abrangente e fundamentado;
- ◆ Equipe homogênea e treinada de acordo com os conceitos e técnicas propostas no laudo;
- ◆ Materiais e Técnicas previamente testados e atestados;
- ◆ Fiscalização e adequação de conformidade do executado com o proposto no andamento da obra.



Figura 15 – Vista geral Edifício Central Park Ibirapuera

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (01) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2003 – Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento. Rio de Janeiro. 2004.
- (02) BANDUK, Ragueb C.. Manutenção e recuperação de estruturas I, Apostila da disciplina de Recuperação Estrutural do Curso de Longevidade das Edificações Excelência e Anomalias da Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2005, São Paulo.
- (03) CÁNOVAS, Manuel Fernández. Patologia e terapia do concreto armado. São Paulo: Pini, 1988.
- (04) CASCUDO, Oswaldo. O controle da corrosão de armaduras em concreto. Inspeções e técnicas Eletroquímicas. [São Paulo]: Pini/Ed. UFG, 1997.
- (05) CREMONINI, Ruy Alberto, HELENE, Paulo. Análise de Estruturas Acabadas: Contribuição para a Determinação da Relação entre resistências Potencial e Efetiva do Concreto. Boletim técnico 1994. São Paulo [Epusp], 1994.
- (06) HELENE, Paulo R. L.. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1992.
- (07) HELENE, Paulo et al. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: Pini, 1992.
- (08) LICHTENSTEIN, Norberto B.. Patologia das Construções. Boletim técnico 06/1996. São Paulo: [Epusp] 1986.
- (09) METHA, P. Kumar et al. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.
- (10) NEVILLE, Adam Matthew. Propriedades do concreto. Tradução de Salvador E. Giammusso – 2ª edição revisada. São Paulo: Pini, 1997.
- (11) NORONHA, M. A. A.. Diagnóstico dos males e terapia das estruturas – (Apostila do Curso de Patologia das Construções de Concreto, FDTE/EPUSP/IPT), São Paulo, 1980.
- (12) NORONHA, Azevedo Engenheiros Associados. Relatório RE0308/03-17. São Paulo, 2003.
- (13) RAGUEB, Pacelli & Associados. Relatório técnico RE 0608/05. São Paulo, 2005.
- (14) REPETTE, Wellington Longuini. Contribuição à inspeção e a avaliação da Segurança de estruturas acabadas de concreto armado. 1991. 168f Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991. ◆

Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais

Adquira o livro Materiais de Construção Civil, a mais recente publicação didática lançada pelo IBRACON. Editado em dois volumes, sob coordenação do Prof. Geraldo Isaia, o livro-texto é referência indispensável para os estudantes de engenharia civil e arquitetura e para os profissionais da construção civil.

Ficha técnica

- 2 volumes
- 1.700 páginas
- 51 capítulos
- 85 autores
- Capa dura

Acesse o sumário da obra:

www.ibracon.org.br

PREÇOS

Não-sócios: R\$ 250,00

Sócios: R\$ 200,00

Estudantes: R\$ 150,00



IBRACON



Poli/USP faz entulho virar material nobre para construção

Método de beneficiamento possibilita obter produtos de alto valor agregado, o que contribuirá para a sustentabilidade da construção civil no Brasil

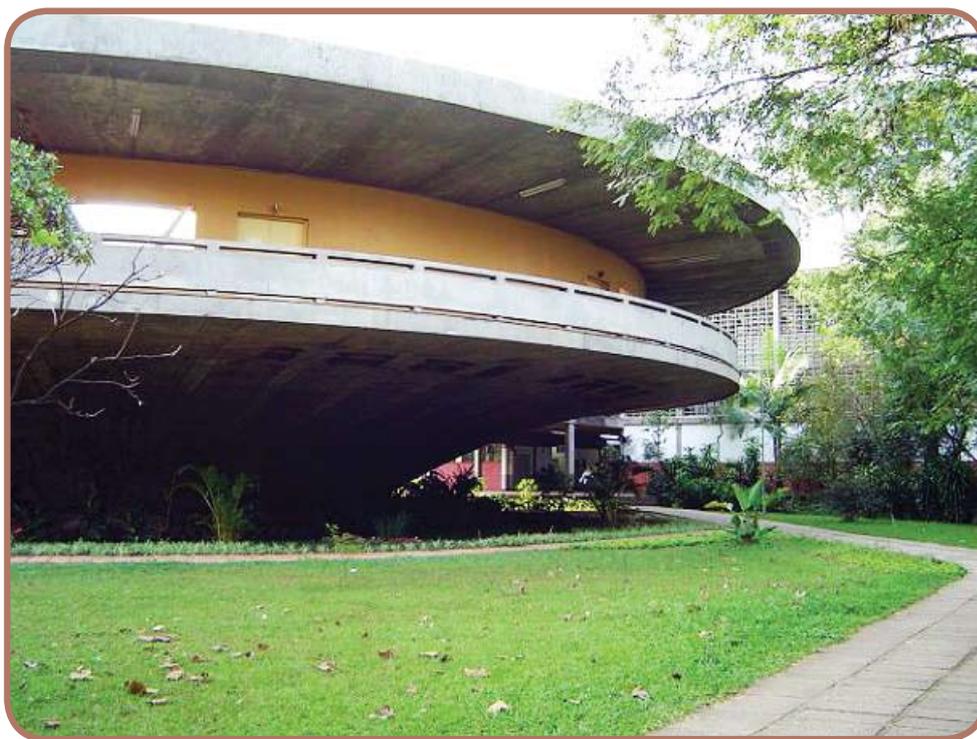
A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP) conseguiu obter do entulho de construção civil dois produtos de alto valor agregado: areia e brita para aplicações em concreto armado, com características superiores ao agregado reciclado atualmente empregado para pavimentação. O próximo passo, já em andamento, é a obtenção de uma areia reciclada para utilização em argamassas aplicadas em acabamentos finos, tema do doutorado da pesquisadora Carina Ulsen, do Laboratório de Caracterização Tecnológica da Poli.

Essa conquista, inédita no mundo, é resultado de um projeto multidisciplinar entre

pesquisadores dos departamentos de Engenharia de Minas e Petróleo (PMI) e de Engenharia de Construção Civil (PCC) da Poli, envolvendo outras instituições de pesquisa, tais como o Centro de Tecnologia Mineral e a Universidade Federal de Alagoas. Bancado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e pelo Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), o projeto possibilitará a expansão do mercado de reciclagem dos resíduos de construção civil e demolição no Brasil e, conseqüentemente, contribuirá para a sustentabilidade do setor.

Atualmente, a maioria das usinas de reciclagem de produtos da construção civil se limita a britar todo o material do entulho

(telhas, tijolos, rochas, metais, madeira, concreto, plástico, gesso etc) e peneirá-lo conforme a granulometria desejada. O resultado desse processo, chamado de 'agregado reciclado', é um produto de baixo valor, geralmente utilizado como base para preparação de terrenos, na pavimentação de ruas e estradas e na fabricação de blocos, entre outras aplicações que não exigem alto desempenho mecânico.



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP)

Salto tecnológico – “Conseguimos desenvolver um método que otimiza a produção de areia e brita recicladas de baixa porosidade”, conta a pesquisadora Carina Ulsen, que tem formação e mestrado em Engenharia Mineral. Ela explica que no entulho da construção civil a rocha geralmente está contaminada por pasta de cimento, que possui alta porosidade e baixa resistência, o que torna o agregado reciclado inadequado para concreto estrutural. “Já a areia pode ter solo como contaminantes, tornando-a inapropriada para argamassa.”

Trata-se de um avanço tecnológico que nenhuma outra instituição de pesquisa do mundo conseguiu alcançar, tamanha a dificuldade que é separar os materiais conforme suas características físicas e químicas e atender as exigências de cada aplicação na construção civil. O processo é realizado de forma eficiente e seguro e atende os requisitos das normas técnicas. “Trabalhamos com amostras bastante diversificadas, obtidas em aterros de São Paulo (SP), Macaé (RJ), Rio de Janeiro (RJ) e Maceió (AL), o que comprovou a eficiência do método independente da origem do resíduo”, acrescenta Carina.

Mercado sustentável – A próxima etapa da pesquisa será o levantamento de custos e a adaptação do projeto para implantá-lo em escala comercial. Potencial de mercado é o que não falta. Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o consumo de agregados (matéria-prima de origem mineral) no Brasil é da ordem de 400 milhões t/ano, enquanto que a geração de resíduos da construção civil e demolição (RCD) é de aproximadamente 70 milhões t/ano. Considerando somente a fração mineral do entulho (75-90%, segundo a pesquisadora), a reciclagem do RCD como agregados poderia atender até 17% do mercado.

Estima-se que cerca de 20% dos RCD produzidos no Brasil sejam depositados em aterros ilegais, nas margens de rios, córregos, estradas ou em terrenos baldios. “Nossa expectativa é que essa pesquisa contribua para a sustentabilidade do setor de construção civil, de modo a diminuir a extração de bens minerais não renováveis e as áreas de deposição dos resíduos”, prevê Carina. ♦



V International ACI/CANMET Conference on High Performance Concrete Structures and Materials



June 18-20th 2008
Manaus Brazil

Conference topics

- Chemical Admixtures
- Deformations, Creep and Cracking Control
- Durability
- Fiber Concrete
- Fire Resistance
- Mixture Proportions
- Non Destructive Test
- Quality Control
- Structural Behavior
- Service Life
- Repair and Strengthening of Structures
- Supplementary Cementing Materials
- Sustainability
- Self Leveling and Self Consolidating Concretes
- Pavement, Dams and Bridges
- Alkali Aggregate Reactions
- Marine Structures
- Nanotechnology and Cement Materials
- Non-Ferrous and Special Reinforcement

LANGUAGES

English, Portuguese and Spanish. Simultaneous translation.

MORE INFORMATION

www.ibracon.org.br



Concreto Armado x Ambiente Marítimo: por que proteger e o que considerar para especificar?

Marcelo de Medeiros; Paulo Helene
Escola Politécnica – Universidade de São Paulo

1. Introdução

Quando uma estrutura tem sua construção concluída, o leigo tem a idéia de que cessam os custos para sua materialização. No entanto, sob a ação do uso, ela necessitará passar por serviços de manutenção para assegurar o desempenho adequado de suas funções.

Para evitar a deterioração prematura, várias medidas preventivas podem ser adotadas, sendo o tratamento superficial do concreto uma das possibilidades. Porém, neste campo, existe uma grande quantidade de produtos com desempenho distinto e muitas vezes vendidos como similares.

O uso de critérios técnicos bem definidos é fundamental para evitar o desperdício de recursos financeiros, uma vez que a área de reparo e manutenção alcança altos patamares na economia de um país, como ilustrado pela

Tabela 1, onde verifica-se que alguns países europeus gastam por volta de 50% do que investem na construção civil em serviços de manutenção e reparo (UEDA, TAKEWAKA, 2007).

2. Tipos de sistemas de proteção de superfície

Os materiais de proteção superficial para concreto podem ser classificados em formadores de película, hidrofugantes de superfície (de poro aberto) e bloqueadores de poros, como representado na Figura 1.

(a) Formadores de película: Podem ser divididos em tintas e vernizes. Tinta é uma composição líquida pigmentada que se converte em uma película sólida após sua aplicação em uma camada delgada. As tintas são formuladas a partir de quatro componentes básicos, sendo

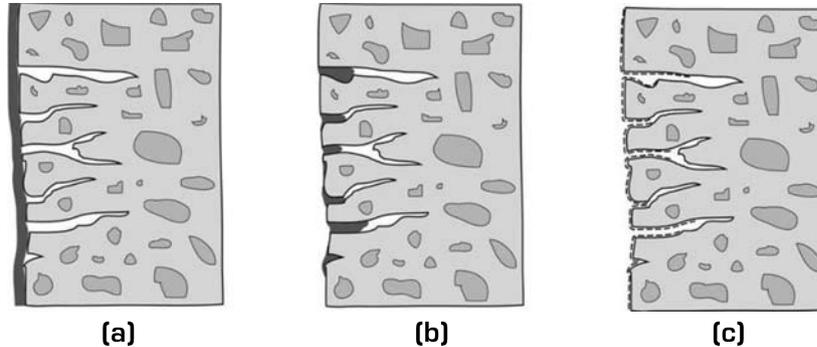
Tabela 1 – Gastos com manutenção e reparo em países desenvolvidos (UEDA, TAKEWAKA, 2007)

País	Gastos com construções novas	Gastos com manutenção e reparo	Gastos totais com construção
França	85,6 bilhões de euros (52%)	79,6 bilhões de euros (48%)	165,2 bilhões de euros (100%)
Alemanha	99,7 bilhões de euros (50%)	99,0 bilhões de euros (50%)	198,7 bilhões de euros (100%)
Itália	58,6 bilhões de euros (43%)	76,8 bilhões de euros (57%)	135,4 bilhões de euros (100%)
Reino Unido	60,7 bilhões de pounds (50%)	61,2 bilhões de pounds (50%)	121,9 bilhões de pounds (100%)

Observação: Todos os dados se referem ao ano de 2004, exceto no caso da Itália que se refere ao ano de 2002.

Figura 1 – Grupos de tratamentos de superfície para concreto:

- (a) formadores de película
 - (b) bloqueadores de poros
 - (c) hidrofugantes de superfície
- (adaptado de BENTUR; DIAMOND; BERKE, 1997)



eles resinas, solventes, pigmentos e aditivos. Já os vernizes são constituídos apenas por resinas, solventes e aditivos. Pela ausência de pigmentos, não apresentam cor e geralmente têm durabilidade inferior à das tintas.

(b) Bloqueadores de poros: São produtos compostos por silicatos, que penetram nos poros superficiais e reagem com a portlandita formando C-S-H. O silicato de sódio é o produto mais usado para este fim.

De acordo com Thompson et al. (1997), a reação apresentada na Equação 1 representa o que acontece quando a solução de silicato de sódio penetra nos poros do concreto.



Equação 1

Desse modo, este tratamento forma uma camada menos porosa na superfície da peça de concreto alterando a sua penetração de água.

(c) Hidrofugantes de superfície: Entre os procedimentos para proteger superfícies de concreto, as impregnações hidrófugas são as que menos interferem no aspecto das mesmas. Seu principal efeito consiste em impedir, ou dificultar a absorção de água do concreto. Na prática, atualmente se utilizam silanos, siloxanos oligoméricos e misturas destes dois compostos.

Os silanos são hidrorrepelentes incolores conhecidos quimicamente como alquiltrialcoxisilano. Possuem pequena estrutura molecular (diâmetro de $1,0 \times 10^{-6}$ a $1,5 \times 10^{-6}$ mm), permitindo-lhe penetrar eficientemente mesmo

em substratos pouco permeáveis. São vendidos em concentração relativamente alta (de um modo geral 20%) e reagem quimicamente com materiais à base de sílica ou alumina. Por ter estrutura molecular tão reduzida, são muito voláteis (BATISTA, 1998).

Os siloxanos são hidrorrepelentes incolores, quimicamente conhecidos como alquilalcoxisiloxanos. Possuem estrutura molecular relativamente grande em relação aos silanos (diâmetro de $1,5 \times 10^{-6}$ a $7,5 \times 10^{-6}$ mm) e, por isso, têm menor poder de penetração. Porém, seu poder de penetração é suficiente para estabelecer uma excelente e durável condição de hidrorrepelência, pela reação química com materiais que contenham sílica ou alumina (BATISTA, 1998).

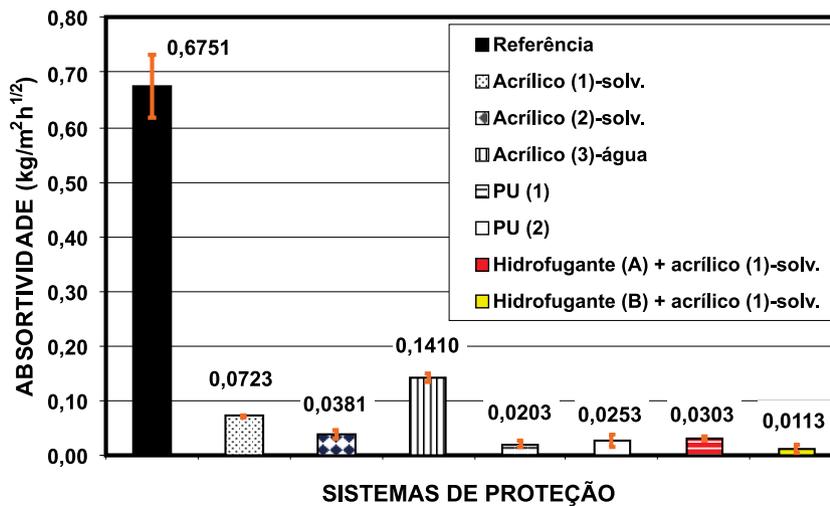
Desse modo, os silanos, siloxanos e substâncias similares penetram nos poros do concreto e formam uma camada hidrófuga que dificulta a penetração de água na forma líquida (que pode ingressar contaminada com cloretos), mas permite que o vapor de água entre e saia do concreto deixando que o mesmo “respire” (BROOMFIELD, 1997).

3. Por que proteger a superfície do concreto armado?

CONCRETO NÃO CONTAMINADO POR CLORETOS

Quando aplicado sobre uma estrutura de concreto armado nova exposta ao ambiente marítimo, o sistema de proteção superficial

Figura 2 – Absortividade ($\text{kg}/\text{m}^2\text{h}^{1/2}$) para formadores de película e sistemas duplos (MEDEIROS, 2008)



estende o tempo de vida útil de serviço da estrutura. Isso porque o material de proteção reduz significativamente a velocidade de penetração de íons cloretos para o interior do concreto, seja por difusão ou pela restrição do ingresso de água para interior do concreto. Isto foi muito bem ilustrado recentemente por Medeiros (2008), ver Figuras 2 e 3.

CONCRETO CONTAMINADO POR CLORETOS

Estando a estrutura com o processo de corrosão já instalado, o efeito da proteção de

superfície é desacelerar a corrosão de armaduras pela restrição do ingresso de água para o interior do concreto.

Esta afirmação é correta porque a cinética das reações de corrosão de armaduras é altamente dependente da quantidade de eletrólito nos poros do concreto.

As Figuras 4 e 5 evidenciam a eficácia de alguns sistemas de proteção de superfície quando aplicadas sobre uma estrutura de concreto armado contaminada com 1% de cloretos em relação a massa de cimento.

Figura 3 – Coeficiente de difusão de cloretos (cm^2/s) para os formadores de película e sistemas duplos (MEDEIROS, 2008)

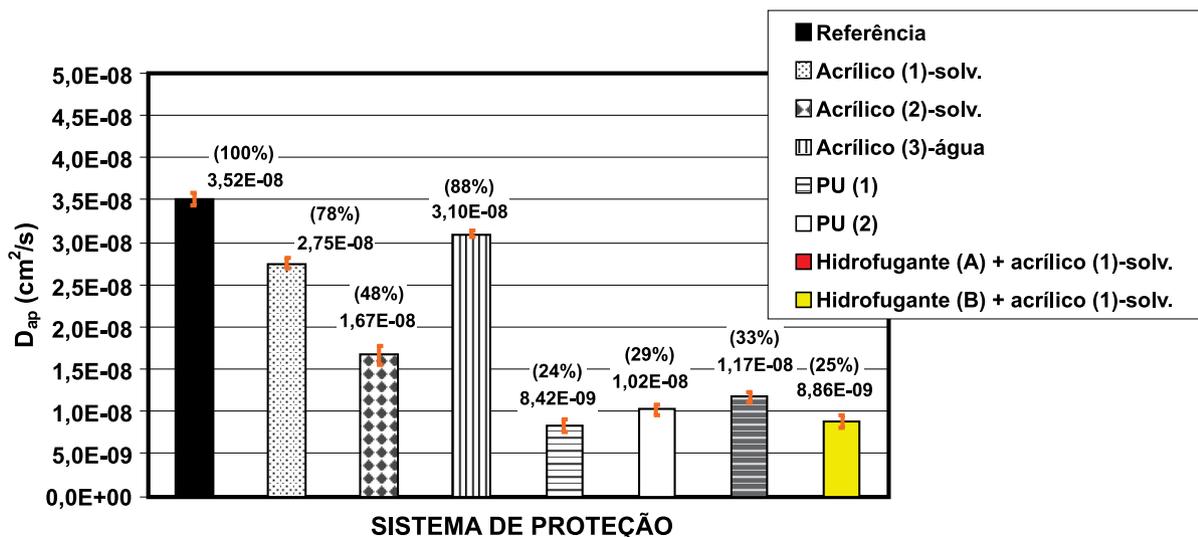
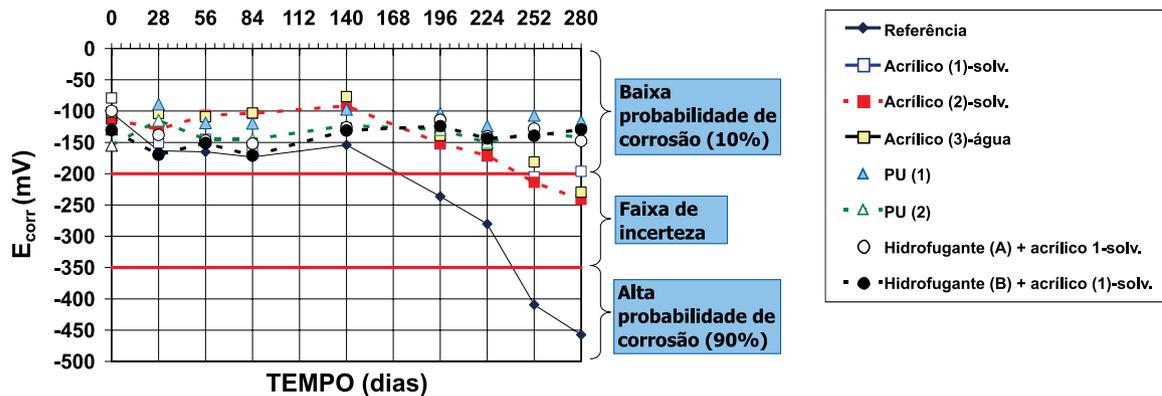


Figura 4 – Potencial de corrosão (mV) para os formadores de película e sistemas duplos (concreto previamente contaminado) – (potencial relativo ao eletrodo de cobre/sulfato de cobre) (MEDEIROS, 2008)



4. O que considerar para especificar?

A experiência do especificador conta muito na hora de especificar algum tipo de proteção de superfície para o concreto armado. É importante estar atento a todas as variáveis envolvidas no sistema a ser recuperado, tais como:

- ◆ Se a estrutura já está contaminada como cloretos;
- ◆ Se ela vai estar exposta a radiação U.V.;
- ◆ Se existe exposição à água diretamente;
- ◆ Se o mecanismo de penetração de água envolve sucção capilar ou permeabilidade;
- ◆ Se existe outros mecanismo de degradação, tais como: carbonatação, ataque por sulfatos, chuva ácida, ataque por microrganismos e outros;
- ◆ Condições de acesso;

- ◆ Custo da proteção;
- ◆ Facilidade de manutenção;
- ◆ Ganho de vida útil proporcionado.

Deve-se salientar que na escolha de um sistema de proteção superficial não se deve ter como base apenas a sua eficiência isoladamente. É de extrema importância que se tenha em conta a capacidade de manter esta característica ao longo do tempo. Um sistema pode ser muito eficaz em barrar o ingresso de água e de cloretos, contudo, não apresentar boa resistência à radiação UV. Num caso como este, um sistema um pouco menos eficiente quanto à capacidade de barrar a água e cloretos que tenha uma maior resistência a esse tipo de radiação pode ser mais interessante, se o caso envolver a exposição ao sol. Desse modo, é fundamental analisar a eficiência em conjunto com a durabilidade do sistema de proteção superficial.

Figura 5 – Taxa de corrosão (mV) para os formadores de película e sistemas duplos (concreto previamente contaminado) (MEDEIROS, 2008)

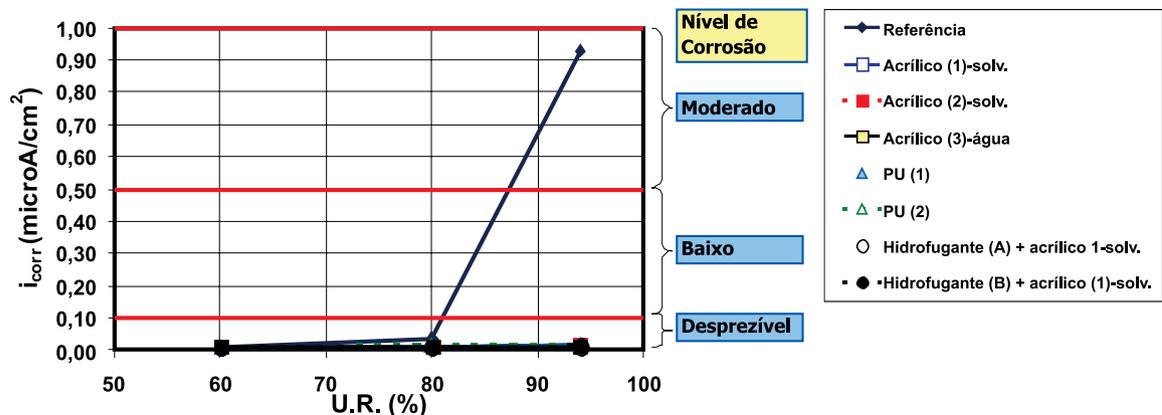
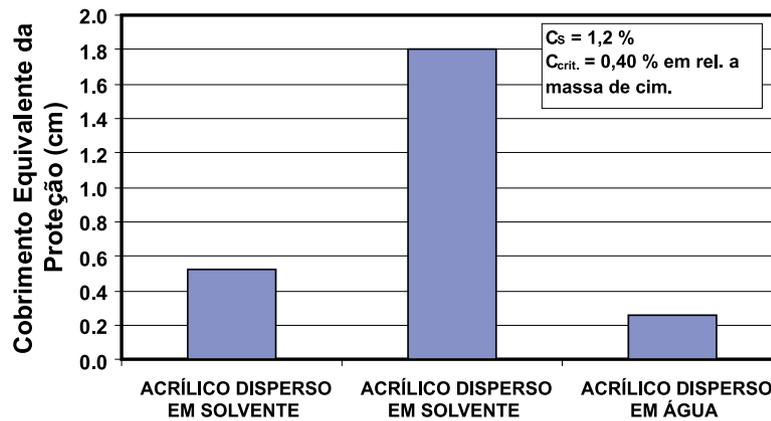


Figura 6 – Cobrimento equivalente dos sistemas de proteção



É primordial que o especificador esteja ciente das condições de serviço a que os materiais estarão submetidos. Isto irá evitar a ocorrência de certas incompatibilidades e conseqüências indesejáveis. Por exemplo: o verniz acrílico base solvente, apesar de ser um excelente material de acabamento, se aplicado sem um primer adequado, escurece a superfície, uma vez que é incompatível com a alcalinidade do concreto. A especificação de um verniz epoxídico para áreas externas pode ser trágica, caso receba incidência solar, pois o produto se degrada com a incidência dos raios ultravioletas.

É, porém, um dos melhores em resistência a ataques químicos, podendo ser amplamente utilizado em ambientes industriais. Deve-se tomar cuidado também na especificação do verniz poliuretano, já que existem dois tipos: o aromático e o alifático, este último bicomponente e resistente aos raios solares, podendo ser usado em superfícies externas. Portanto, nunca se deve especificar um poliuretano aromático para tratamento de superfícies externas sujeitas à ação solar.

Uma forma muito útil de raciocinar em termos de proteção de superfície foi

proposta na tese de doutorado de Medeiros (2008), em que a proteção é convertida em termos de cobrimento equivalente, que consiste em quantos centímetros de cobrimento equivale uma demão de um determinado sistema de proteção. A Figura 6 serve como resultado ilustrativo da avaliação feita na sua tese.

5. Considerações finais

É importante que a indústria da construção civil juntamente com o usuário veja sua edificação como algo que necessita de manutenções periódicas e a proteção de superfície é uma ferramenta que pode e deve ser usada nos trabalhos de manutenção. É perfeitamente aceito que o dono de um carro troque suas velas, óleo, lave, faça balanceamento dos pneus e etc. É exatamente este conceito que precisa ser estendido para as edificações, o usuário precisa se conscientizar que uma edificação não é um bem eterno e sua durabilidade vai ser maior ou menor em função da manutenção realizada ao longo da sua vida útil.

Tabela 2 – Efeito da proteção X Período da vida útil mais influenciado (MEDEIROS, 2008)

Efeito da proteção de superfície	Período da vida útil mais influenciado
Restrição ao ingresso de agentes agressivos	Iniciação (obras novas)
Redução da umidade interna	Propagação (obras antigas)

No caso de uma estrutura de concreto armado, a proteção de superfície tem influência nos dois estágios da vida útil da estrutura (Iniciação e Propagação), como resume a Tabela 2.

Não se pode esquecer que a eficiência de uma proteção superficial é diminuída ao longo do tempo de exposição ao meio am-

biente. Desse modo, o caminho do sucesso para os produtos de proteção superficial para concreto está no estabelecimento de um programa de manutenção, considerando que cada material tem uma vida útil limitada, necessitando de renovação para garantir o nível de proteção requerido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (01) BATISTA, M. Siloxanos & silanos – Prefeitos hidrorrepelentes para toda situação. Revista Recuperar, v. 23, p. 14-19, 1998.
- (02) BENTUR, A.; DIAMOND, S.; BERKE, N. S. Steel Corrosion in Concrete – Fundamentals and Civil Engineering Practice. London: E and FN SPON, 1997. 201 p.
- (03) BATISTA, M. Siloxanos & silanos – Prefeitos hidrorrepelentes para toda situação. Revista Recuperar, v. 23, p. 14-19, 1998.
- (04) MEDEIROS, M. H. F. Contribuição ao Estudo da Durabilidade de Concretos com Proteção Superficial Frente à Ação de Íons Cloretos. 2008. 218 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- (05) MEDEIROS, M.; HELENE, P. Efficacy of Surface Hydrophobic Agents in Reducing Water and Chloride Ion Penetration in Concrete. Materials and Structures, v. 41,n.1, p. 59-71, 2008.
- (06) THOMPSON, J. L.; SILSBEE, M. R.; GILL, P. M.; SCHEETZ, B. E. Characterization of silicate sealers on concrete. Cement and Concrete Research, v. 27, n. 10, p. 1561-1567, 1997.
- (07) UEDA, T.; TAKEWAKA, K. Performance-based Standard Specifications for Maintenance and Repair of Concrete Structures in Japan. Structural Engineering International, v. 4, p. 359-366, 2007. ◆



O cinquentenário do
**Congresso Brasileiro do
 Concreto – 50º CBC 2008** – vai
 acontecer na magnífica cidade
 de **Salvador**, na **Bahia**,
 de **4 a 9 de setembro**.

Vendas de estandes:
arlene@ibracon.org.br

Mais informações, acesse:
www.ibracon.org.br

Salvador é um dos destinos turísticos e culturais mais procurados do mundo. Todos que ainda não a conhecem alimentam o desejo de conhecer. Afinal, Salvador tem cinco séculos de história, é hospitaleira, generosa e envolvente.



Data-limite para envio de resumos:

15 de março de 2008

TEMAS

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| ■ Gestão e Normalização | ■ Construction Methods |
| ■ Management and Standardization | ■ Análise Estrutural |
| ■ Materiais e Propriedades | ■ Structural Analysis |
| ■ Materials and Properties | ■ Materiais e Produtos Específicos |
| ■ Projeto de Estruturas | ■ Specific Products |
| ■ Structural Design | ■ Sistemas Construtivos Específicos |
| ■ Métodos Construtivos | ■ Specific Construction Systems |

DATAS IMPORTANTES

Envio de Resumos	15/03/2008
Aceitação de Resumos	31/03/2008
Envio de Artigos	30/04/2008
Aceitação de Artigos	31/05/2008
Envio de Revisão de Artigos	30/06/2008
Evento	04/09 a 09/09/2008

Como as novas tecnologias do concreto transformam o impacto das exigências normativas em benefícios técnico-econômicos para as estruturas de concreto

Egydio Hervé Neto
Ventuscore Soluções em Concreto

Ainda há quem desconheça, lamentavelmente e se assuste com as modificações trazidas pela NBR 6118 em 2003. Mas, essa Norma apenas tornou possível ao Brasil usufruir de tecnologias que já vinham sendo aplicadas em países mais avançados e tornaram realidade no Brasil o *benchmark* mundial.

Antes de 2003, uma pesquisa que fizemos para a ABCP demonstrava que a resistência de concreto mais utilizada no Brasil era o fck 15 MPa em estruturas de edificações correntes e que mesmo pontes e grandes estruturas permaneciam em um topo conservador de 25 MPa.

Nesta época, o mundo atingia já um grande domínio sobre o CAD (Concreto de Alto Desempenho) e estruturas correntes estavam sendo projetadas e construídas nos países de primeiro mundo com fck entre 50 e até 80 MPa.

A história desta revolução no Brasil começou a ser traçada pelo CD "Concreto de Alto Desempenho" produzido pelo NUTAU – sob a coordenação do Professor José Serra – e lançado em 1997 pela ABCP. O Professor José Serra fora convidado a visitar o laboratório do professor e pesquisador franco-canadense Aïtcin no Canadá.

Jean Pierre Aïtcin, que lançara anteriormente seu livro "Concreto de Alto Desempenho", traduzido pelo Professor Eugênio Giamusso e publicado em 2000 pela ABCP, assim se expressa no capítulo 3, destinado a "Uma perspectiva histórica":

"Deve ter sido devido a um excesso de 'espírito pioneiro' que um pequeno grupo de projetistas e produtores de concreto tiveram a vontade de lançar o concreto de

alta resistência em meados dos anos 60. Por que inovar na tecnologia do concreto aumentando a sua resistência à compressão? Naquele tempo, muitos projetistas estavam satisfeitos em projetar estruturas baseados em concretos de 15 MPa a 20 MPa, os quais eram bem conhecidos, econômicos e seguros. De modo semelhante, os produtores de concreto estavam ganhando dinheiro suficiente vendendo seu concreto de 'tipo horizontal'. Não era óbvio para a maioria dos engenheiros que o concreto um dia deslocaria o aço na construção de arranha-céus. A sabedoria convencional naquela época era que o concreto era bom apenas para ser usado nas fundações e na construção dos pisos dos edifícios de grande altura ou para proteger elementos estruturais contra o fogo."

A partir daí, o relato prossegue pontuando o avanço da aplicação de altas resistências em diversas obras pioneiras que rapidamente demonstraram suas vantagens estruturais, técnicas e econômicas, fazendo dessa iniciativa empresarial, mais que acadêmica, um sucesso comercial, que impulsionou a indústria da construção e todo o setor, criando um novo mundo, através do uso de um novo material.

Mas esta iniciativa não obteve sucesso apenas pela inovação. Paralelamente ao avanço tecnológico extraordinário proporcionado pelo uso de estruturas de maior desempenho estrutural, que proporcionavam inicialmente maior capacidade portante, maiores vãos, menores seções transversais às peças como pilares, vigas e lajes, menores

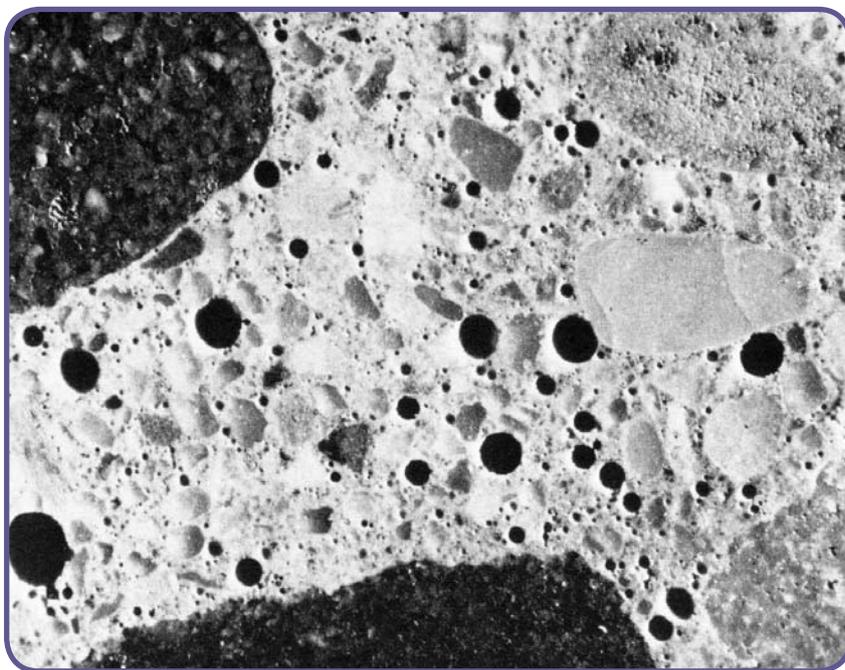


Foto ampliada de uma seção de concreto mostrando os poros provocados pela saída água de amassamento que "sobra" da relação a/c

taxas de aço, conjuntos estruturais mais leves com fundações mais econômicas, maior área construída com o mesmo volume de concreto, buscava-se uma solução para a baixa durabilidade das estruturas feitas com concretos convencionais.

Estudos demonstraram que as atmosferas mais agressivas dos grandes centros urbanos e industriais, a própria chuva ácida resultante da poluição atmosférica, já eram uma realidade e atacavam as estruturas e as destruíam em poucos anos, trazendo grandes prejuízos aos usuários e proprietários, aí incluídos os governos e a infraestrutura dos países, desenvolvidos ou não.

"A pouca durabilidade das estruturas de concreto tem sérias conseqüências ambientais, pelo aumento do consumo de matérias primas e energia para manutenção, reparo e renovação das mesmas. As estruturas de concreto são projetadas, geralmente, para uma vida útil de 50 anos, mas a realidade demonstra que, nos ambientes das grandes cidades e da costa litorânea, muitas estruturas começam a deteriorar com menos de 20 anos de existência."

Eng. Antonio Carlos Reis Laranjeiras – Simpósio IBRACON 30 Anos – 2002

De fato, no exterior, esta preocupação vinha sendo quantificada, graças a estatísticas mais bem fundamentadas, e o resultado traduzia-se na constatação da necessidade de tomar-se uma providência para eliminar, nas novas estruturas, os defeitos que estavam impedindo-as de possuírem a DURABILIDADE desejada.

"A Associação Americana de Engenheiros Civis (ASCE) estima que o custo do reparo da infra-estrutura de concreto, atualmente deteriorada nos EUA, é da ordem de 1,3 trilhão de dólares. Só o custo de reparo das centenas de milhares de pontes deterioradas é estimado em US\$80 bilhões, em contraste com a dotação orçamentária anual americana para esse fim, que é apenas de 5 a 6 bilhões de dólares."

(Fonte: ASCE, 2001)

No Brasil, o problema não é diferente. Recentemente, constatamos em uma "operação tapa-buraco" realizada pelo Governo Federal em suas estradas em 2005, a imensa necessidade de verbas apenas para a manutenção de tudo

aquilo que foi produzido de obras de infra-estrutura durante os anos de crescimento do chamado "Milagre Brasileiro". Da mesma forma que os EUA, carecemos de verbas para a simples manutenção do imenso parque de obras, sendo que agora, com a perspectiva de crescimento econômico, destinar verbas novas a antigos problemas é um mal necessário, mas reconhecidamente doloroso.

É preciso, portanto, reconhecer que um avanço se fazia necessário na tecnologia para permitir a produção de obras de concreto mais duráveis. E é preciso reconhecer que este avanço se tornou realidade através da incorporação das novas tecnologias que estão disponíveis hoje, a começar pelo Concreto de Alto Desempenho.

Estudos demonstram que concretos de maior resistência possuem maior capacidade de resistir à ação deletéria dos ambientes agressivos em função de sua menor porosidade, que pode ser constatada através de estudos traduzidos em gráficos como os que apresentamos nas páginas seguintes.

Reconhecendo que temos a maior parte de nossas estruturas sob ambiente marinho - onde a intensa presença de íons cloreto ataca as armaduras através dos poros saturados do concreto - podemos perceber a importância da redução da relação água/cimento, o que é obtido com concretos de maior resistência.

Na mesma linha de desenvolvimento, constata-se a importância da baixa permeabilidade na redução da penetração de gases atmosféricos nos poros do concreto, especialmente

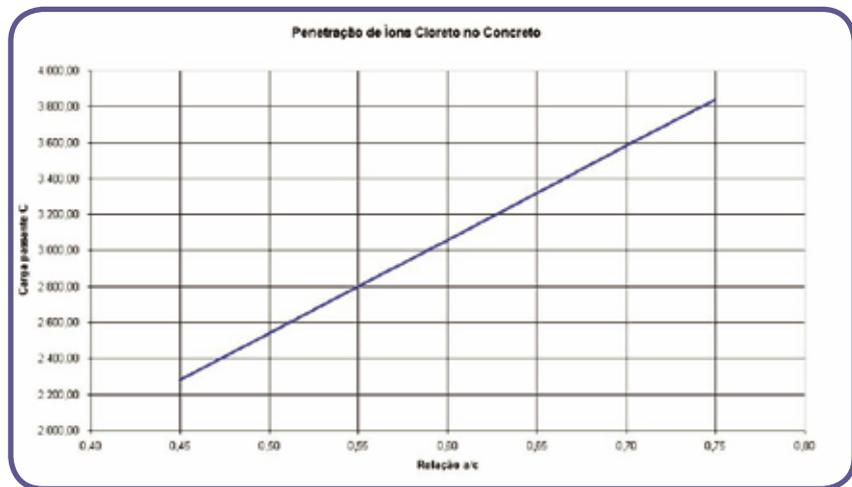
o dióxido de carbono (CO₂), resultante da poluição pelos veículos nas atmosferas urbanas, que proporcionam, em mistura com a água da chuva e umidade atmosférica, a formação de ácidos que desagregam o próprio concreto (H₂CO₃) e facilitam o ataque às armaduras.

Percebe-se, de uma maneira ampla, a importância da redução da permeabilidade via redução da relação água/cimento, exatamente a providência adotada pelas Normas Brasileiras, guiada pelas constatações a nível nacional e internacional.

Esta importante medida, incorporada à nossa NB1 na versão atual (NBR6118:2003), tem o objetivo de proporcionar que as novas obras, a partir de sua publicação e emprego no mercado, possuam uma capacidade preventiva intrínseca com relação à agressividade ambiental, como era requerido pelas constatações observadas nas estruturas existentes, produzidas sob a tecnologia da Norma anterior, a NB1/1978.

Mas como lidar com esta situação de aumento de resistências? Será que isto não traz um aumento de custos para o concreto?

Aparentemente sim e essa foi uma preocupação imediata no mercado, que bloqueou de certa forma o avanço e a correção das estruturas produzidas mais recentemente, em relação às novas exigências normativas. A constatação evidente é que a redução da relação água/cimento via aumento de resistências provoca a necessidade de “subir nas tabelas de preço” das



Quanto menor a relação a/c, menor a penetração de íons cloreto responsáveis pela destruição das estruturas

concreteiras e, assim, as especificações obrigam a concretos mais caros a custo direto, para desagrado dos empresários da construção.

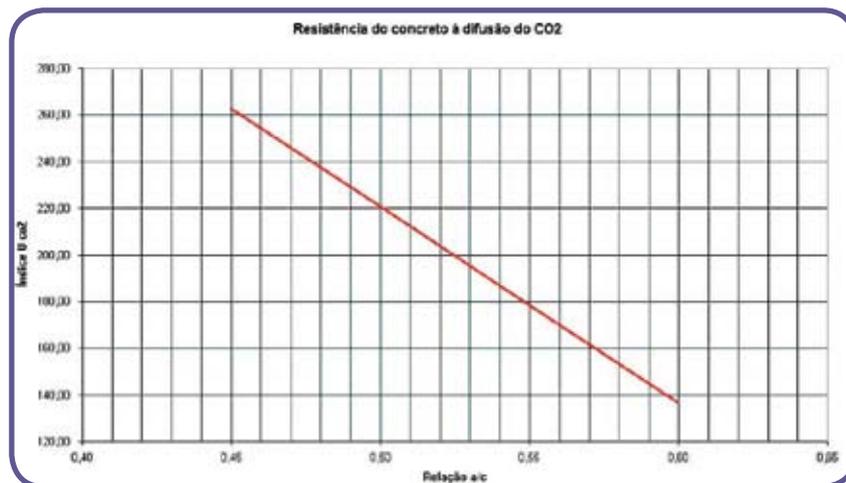
Tecnicamente, no entanto, esta situação realmente tem pouco sentido prático, pois dois fatores de evolução imediatamente agiram em favor dos construtores e da sociedade, permitindo a produção de estruturas de adequado desempenho a custos competitivos:

- ◆ 1 – A redução do custo sistêmico das estruturas via aumento de desempenho estrutural;
- ◆ 2 – A tecnologia de aditivos e adições ao concreto.

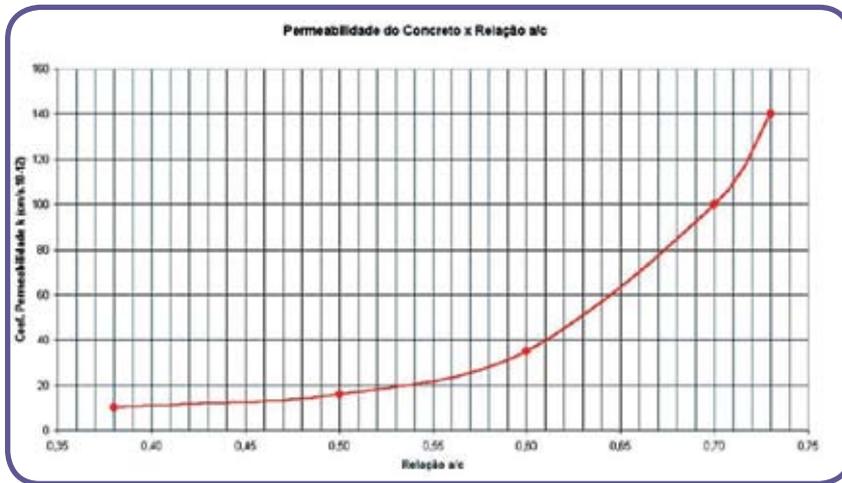
O primeiro fator aqui mencionado foi logo constatado e amplamente sugerido pelos projetistas que escreveram a Norma Brasileira. As novas estruturas resultantes, a partir de um certo porte que caracteriza a maioria das estruturas de concreto no Brasil, sofreram reduções de custos significativas em suas características geométricas, taxa

de aço, fôrmas, velocidade construtiva, maiores espaços, etc, ou seja, constatou-se uma imediata, evidente e favorável relação benefício/custo.

Paralelamente, no campo das pesquisas, foi possível introduzir no Brasil o uso de aditivos redutores de água - como os superplastificantes, capazes de reduzir até 35% da água de amassamento e assim o consumo de cimento necessário para a mesma resistência - e também adições como a microssilica, o metacaulim e os pós-reativos, produtos disponíveis em alterações de



Quanto menor a relação a/c maior a capacidade do concreto para barrar a atmosfera agressiva ao concreto



Quanto menor a relação a/c menor a permeabilidade do concreto

rejeitos industriais ou mesmo de beneficiamento de produtos naturais, capazes de incrementar as resistências do concreto de forma extraordinária, a custos compensadores, gerando concretos trabalháveis, de alto desempenho e com custos semelhantes aos concretos convencionais de mesma resistência.

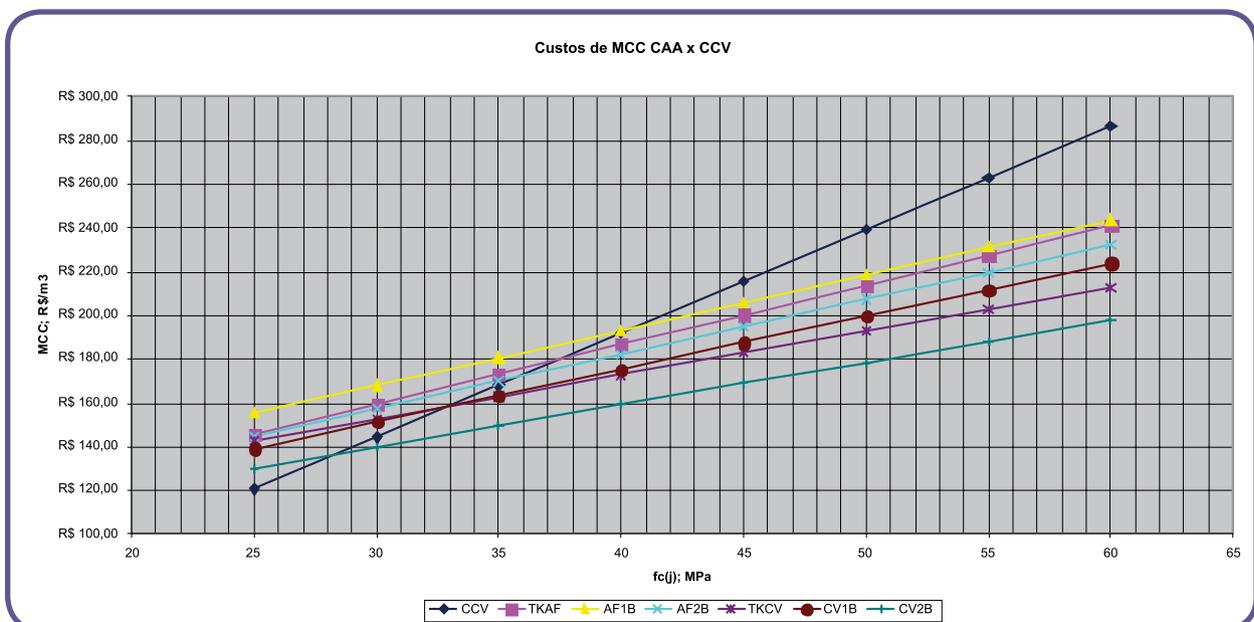
É o que se observa do gráfico, formatado a partir de dados da Tese do Dr. Bernardo Tutikian (PPGEC-UFRGS/2007) sobre “Concreto Auto-adensável”, onde os custos dos materiais para concreto convencional (CCV) inicialmente mais baixos, nas faixas até 25 MPa, tornam-se mais caros do que os concretos auto-adensáveis (CAA), sendo que estes últimos tornam-se imbatíveis – para os preços pesquisados em Porto Alegre – a partir de $f_c \geq 40$ MPa.

Este estudo, que se repete em muitas ou-

tras cidades brasileiras, mostra uma revolução capaz de comprovar a importância e a necessidade, como redutor de custos, da adoção de concretos de alto desempenho (CAD) em obras correntes de médio a grande porte, beneficiando os empresários da Construção Civil, investidores, incorporadores, usuários e, enfim, toda a cadeia da construção, em um momento em que a aceleração dos investimentos neste setor demonstra um salto importante no Brasil.

Mas esta revolução prescinde de um fator essencial, mas que vem sendo esquecido em tempos de qualidade a menor preço. Não é possível conquistar vantagens ditadas pela tecnologia sem investimento tecnológico. Para aplicar corretamente estes conceitos avançados, de vantagem evidente, requer-se tecnologia de ponta, Engenharia Civil de Alto Nível.

Estes concretos requerem estudos criteriosos desde o Projeto para que os parâmetros a empregar no Cálculo sejam conhecidos previamente e introduzidos no Projeto. Requer, portanto, a contratação de Engenheiro Tecnologista experiente, apoio de Laboratório, fornecedores respeitáveis, para que os estudos sejam aplicados com garantia de qualidade, a par de planejamento e controle rigorosos, para que aconteçam exatamente como projetados, na Execução.



Custo direto (MCC) relativo de concretos convencionais e de alto desempenho (B. Tutikian, UFRGS, 2007)

O aumento de custos no Projeto, para a contratação do escopo adequado de Projeto, Especificação e Controle é um fato e uma barreira a ser vencida com a compreensão dos contratantes, que precisam entender que são custos ridiculamente baixos e plenamente compensados pelas vantagens econômicas diretas alcançadas nos custos e na venda dos serviços e dos empreendimentos.

Não podemos nos deixar levar por um conservadorismo imediatista, capaz de nos tornar cegos para o progresso e consumidores do desperdício, em detrimento da sociedade atual e de nossos herdeiros, a geração futura que está a nos cobrar sustentabilidade em todos os setores, especialmente na construção, conforme se constata aqui:

“As edificações são o suporte físico para a realização direta ou indireta de todas as atividades produtivas e possuem, portanto, um papel social fundamental. Todavia, as edificações apresentam uma característica que as diferencia de outros produtos: elas são construídas para atender seus usuários durante muitos anos, e ao longo deste tempo de serviço devem apresentar condições adequadas ao uso a que se destinam, resistindo aos

agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais.”

NBR5674:1999 “Manutenção de edificações – Procedimento”

Responsável pelo aquecimento global, o beneficiamento de matérias-primas naturais para abastecer o setor da construção, especialmente o cimento, tem que ser mais bem aproveitado através de construções não apenas duráveis, do ponto de vista da manutenção, mas com maior vida útil capaz de garantir por mais tempo o seu uso e, portanto, reduzir a necessidade da exploração de recursos naturais, conforme mencionado pela ONU:

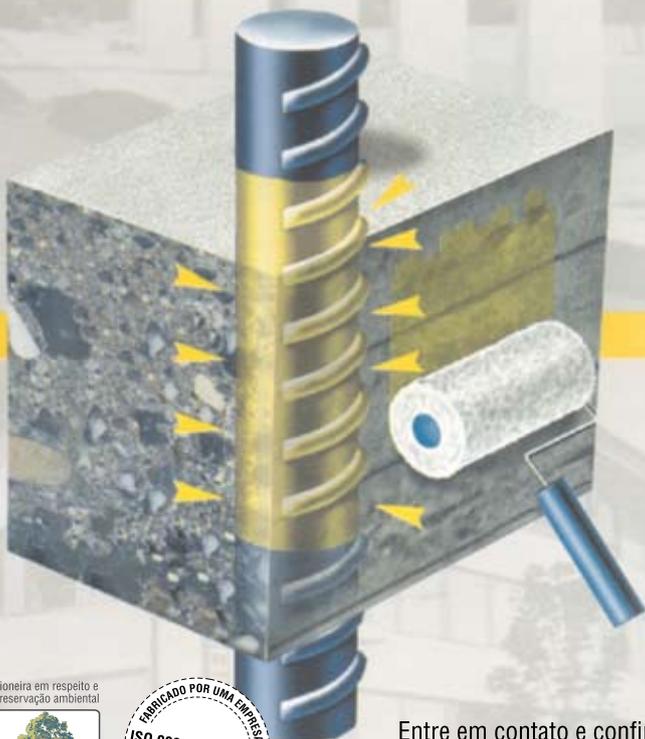
“Desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades atuais, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de também atenderem às suas próprias necessidades.”

Relatório Brundtland – ONU – 1987

Os recursos estão aí para serem aplicados e nosso papel, enquanto especialistas em concreto, é disponibilizar nosso conhecimento para a viabilidade de todas as soluções hoje disponíveis, ainda que não estivessem contempladas em nossas Normas Brasileiras; mas não é o caso, pois lá estão, a comprovar que o Brasil nada deve em tecnologia ao benchmark mundial. ♦

Sika FerroGard® 903

Impregnante inibidor de corrosão para estruturas de concreto armado



Entre em contato e confira nossas soluções
haddad.michel@br.sika.com - tel.: 11 3687-4720

Sika. Líder Mundial em Impermeabilizantes

Inibidor de Corrosão em Concreto Armado

Sika FerroGard® 903 concede aos proprietários, projetistas, engenheiros e aplicadores uma nova tecnologia na inibição da corrosão, prolongando a vida útil de estruturas de concreto armado.

- Penetra nas fases líquidas e gasosas por difusão
- Inibe pela formação de barreira
- Inibidor misto atuando nas áreas anódicas e catódicas
- Combinação de aminoalcoois especiais e inibidores inorgânicos
- Aumenta a durabilidade do concreto armado
- Fácil aplicação na superfície externa do concreto, utilizando pulverizador de baixa pressão, rolo de lã, pincel ou trincha
- Não altera a capacidade de difusão do vapor de água na estrutura

Consulte a Sika para soluções em:

- Reparo e Proteção do Concreto
- Reforço Estrutural
- Pisos Industriais
- Mantas de PVC



Proteção das armaduras com inibidores químicos de corrosão

Michel Haddad
Sika Brasil

Franz Wombacher e Beat Marazzani
Sika Technology AG

Michel Donadio
Sika Services AG

1. Introdução

Atmosferas agressivas, com produtos corrosivos, presença de cloretos, carbonatação do concreto, mão de obra precária na construção civil e outros fatores podem levar, em curto prazo, à corrosão das armaduras. Como resultado, grande parte das estruturas expostas a condições agressivas não alcança a vida útil de projeto sem que sejam necessárias intervenções e reparos estruturais. Isso significa que um grande número de obras-de-arte especiais e outras estruturas ao redor do mundo têm de passar por trabalhos de reabilitação devido a problemas com corrosão das armaduras.

No mercado está disponível uma ampla gama de produtos voltados para a proteção do aço com as mais variadas relações custo/benefício. Neste trabalho é descrito um sistema inibidor de corrosão misto à base de aminoálcool e inibidores orgânicos que pode ser empregado na forma de aditivo para concretos e argamassas ou também como pintura impregnante para obras existentes. São produtos ecologicamente corretos, fáceis de aplicar e econômicos.

Dessa forma, como parte de um sistema de proteção, é apresentado como uma opção



Figura 1 – Aplicação de inibidor de corrosão misto de impregnação por aspersão no concreto

viável para a manutenção e proteção de estruturas de concreto e alternativa efetiva aos reparos tradicionais e demais métodos eletroquímicos disponíveis para a recuperação de estruturas de concreto.

2. Mecanismos da corrosão no concreto armado

Pode-se definir corrosão como a interação de um material com o meio ambiente, através de reação química ou eletroquímica (Cascardo, 1997). A corrosão metálica quando tem lugar em meio aquoso é um fenômeno de caráter eletroquímico, isto é, supõe-se a

existência de uma reação de oxidação e uma de redução e a circulação de íons através do eletrólito (Andrade, 1992). O fenômeno da corrosão no concreto pode ser descrito como uma diferença de potencial elétrico entre dois pontos do aço no concreto pela formação de uma célula eletroquímica: formam-se uma região anódica e uma região catódica ligadas pelo eletrólito na forma de água dos poros da pasta endurecida (Neville, 1997).

Os íons de ferro, Fe^{++} , com carga elétrica positiva no anodo passam para a solução (Eq. 1), enquanto os elétrons livres, e^- , com carga elétrica negativa passam pelo aço para o catodo, onde são absorvidos pelos constituintes do eletrólito e combinam com a água e o oxigênio para formar íons de hidroxila, OH^- (Eq. 4). Estes íons se deslocam pelo eletrólito e combinam com os íons ferrosos formando hidróxido ferroso (Eq. 2) que, por sua outra oxidação, se transformam em hidróxido férrico (Eq. 3), popularmente conhecido como ferrugem. Estas reações se definem pelas seguintes equações eletroquímicas:

Reações Anódicas



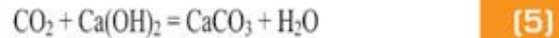
Reação Catódica



2.1 CORROSÃO POR CARBONATAÇÃO

Geralmente, a carbonatação do concreto é uma das causas do início da corrosão das armaduras, principalmente em atmosferas poluídas (Casculo, 1997). De acordo com Neville (1997), o CO_2 existente na atmosfera, na presença de umidade, reage com a pasta de cimento hidratada (o agente é o ácido carbônico, pois o CO_2 gasoso não é reativo) reduzindo o pH

do concreto de aproximadamente 12,6 a 13,5 para valores em torno de 9. Dos componentes da pasta de cimento, o que reage mais rapidamente com o CO_2 é o $Ca(OH)_2$, resultando $CaCO_3$ (Eq. 5).



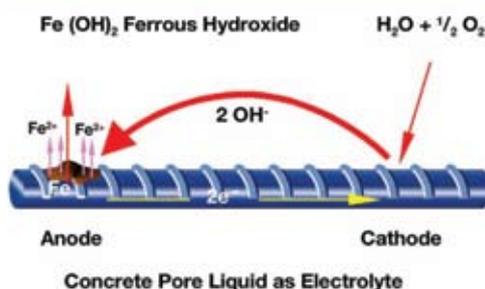
O aço envolvido pela pasta de cimento hidratado forma uma camada de passivação delgada de óxido fortemente aderida e que proporciona uma proteção completa contra a reação com oxigênio e com a água. Com a queda do pH, a película protetora é removida e pode ocorrer corrosão. O processo é ilustrado na Figura 2.

2.2 CORROSÃO POR ATAQUES DE ÍONS CLORETO

Estes íons podem ser introduzidos intencionalmente no concreto, como agente acelerador de pega e endurecimento, através de agregados e água de amassamento contaminados, por sais anti-congelantes, salmouras industriais e névoa de ambiente marinho (Casculo, 1997). Para que se inicie a corrosão, a camada de passivação deve ser atravessada. Os íons cloreto ativam a superfície do aço formando o anodo, sendo o catodo a superfície passivada (Neville, 1997), conforme ilustrado pela Figura 3. As reações são descritas pelas equações 6 e 7.

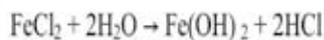
Quanto ao teor crítico de cloretos no concreto, o valor de 0,4% em relação à massa de cimento é identificado como um valor de consenso dentre as normas estrangeiras, o que equivale a 0,05 a 0,1% em relação à massa de concreto (Casculo, 1997).

Figura 2 – Corrosão devido à carbonatação do concreto e quebra do filme passivo





(6)



(7)

3. Inibidores químicos

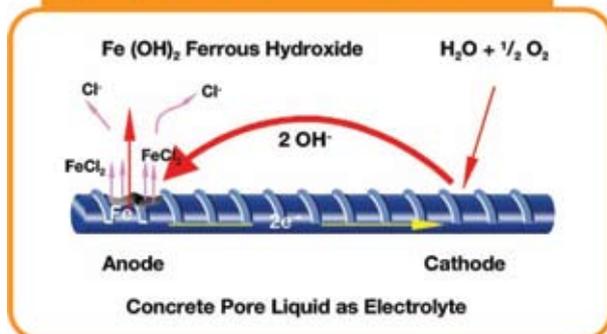
A tecnologia dos inibidores de corrosão bem como sua utilização tem se difundido com muita boa aceitação em todo o mundo nos últimos 25 anos, tendo em vista a dificuldade de se alcançar os níveis de longevidade e proteção que estes compostos oferecem, por meio de outros métodos, sem grande acréscimo nos custos de intervenção (Gaidis, 2004). Trata-se de materiais que, empregados em pequenas quantidades, são capazes de retardar o processo de corrosão em metais como o aço das armaduras e reduzir sua velocidade onde o fenômeno já esteja ocorrendo. No caso do concreto armado, podem ser definidos como sendo todos os compostos químicos que, quando adicionados à massa do concreto, em quantidades adequadas, previnem ou combatem a corrosão do aço das armaduras sem provocar efeitos adversos às características do concreto (Lin, 2006).

Lin (2006) classifica os inibidores químicos de corrosão de acordo com sua ação sobre o processo eletroquímico da corrosão conforme descrito a seguir.

3.1 INIBIDORES DE CORROSÃO ANÓDICOS

Atuam sobre a cinética anódica do processo elevando os potenciais a valores mais nobres (potenciais de passivação) reduzindo a corrente de corrosão. No entanto, deve-se

Figura 3 – Corrosão intensificada pela presença de ions cloreto



atentar para a correta aplicação destes inibidores, uma vez que dosagens insuficientes podem levar à criação de ânodos remanescentes, além do incremento da relação entre as áreas anódicas e catódicas e, conseqüentemente, à intensificação das taxas de corrosão nestas regiões. Como exemplos cita-se inibidores a base de nitritos e cromatos.

3.2 INIBIDORES DE CORROSÃO CATÓDICOS

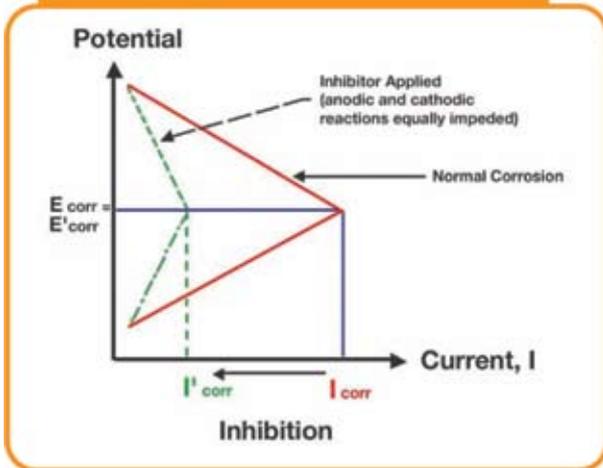
Atuam conduzindo os potenciais a valores menos nobres (potenciais de imunidade), reduzindo as taxas de corrosão, porém com menor eficiência que os inibidores anódicos. Como exemplos, citam-se arsenatos e inibidores a base de zinco.

3.3 INIBIDORES DE CORROSÃO MISTOS

Atuam em ambas as reações anódicas e catódicas, tendendo a conduzir os potenciais para a região da reação predominante, anódica ou catódica, porém com maior eficiência da redução das taxas de corrosão, conforme simplificado na Figura 4. Podem se apresentar na forma de inibidores de superfície, também conhecidos como inibidores migratórios, pois são aplicados como pintura impregnante, migrando pela porosidade do concreto até atingir o nível das armaduras; ou ainda na forma de inibidores de massa, como aditivos para concretos e argamassas. Como exemplo, citam-se os inibidores a base de aminoálcoois e inibidores orgânicos que agem de forma combinada conforme o tipo de ação de cada um descrito a seguir:

- ◆ **Inibidores Passivadores** – reagem com o metal formando uma película de óxido protetora;
- ◆ **Inibidores de Depósito** – reagem com os componentes do eletrólito (água dos poros) que rodeiam o aço, depositando sobre sua superfície produtos de reação protetores;
- ◆ **Inibidores de Películas Eletrolíticas** – aumentam a viscosidade da água dos poros ao redor da armadura, diminuindo a difusão de oxigênio através do meio até o metal, atuando, portanto nas reações catódicas;
- ◆ **Inibidores de Adsorção** – constituem o maior grupo de inibidores e são substâncias que se depositam formando uma película muito delgada sobre o metal, à qual é fixada ao aço mediante diferentes tipos de ligações, impedindo uma ou ambas as reações, anódica e catódica.

Figura 4 – Diagrama de Evans simplificado ilustrando a ação de inibidores mistos



4. Ensaios de desempenho

4.1 ENSAIOS DE PENETRAÇÃO

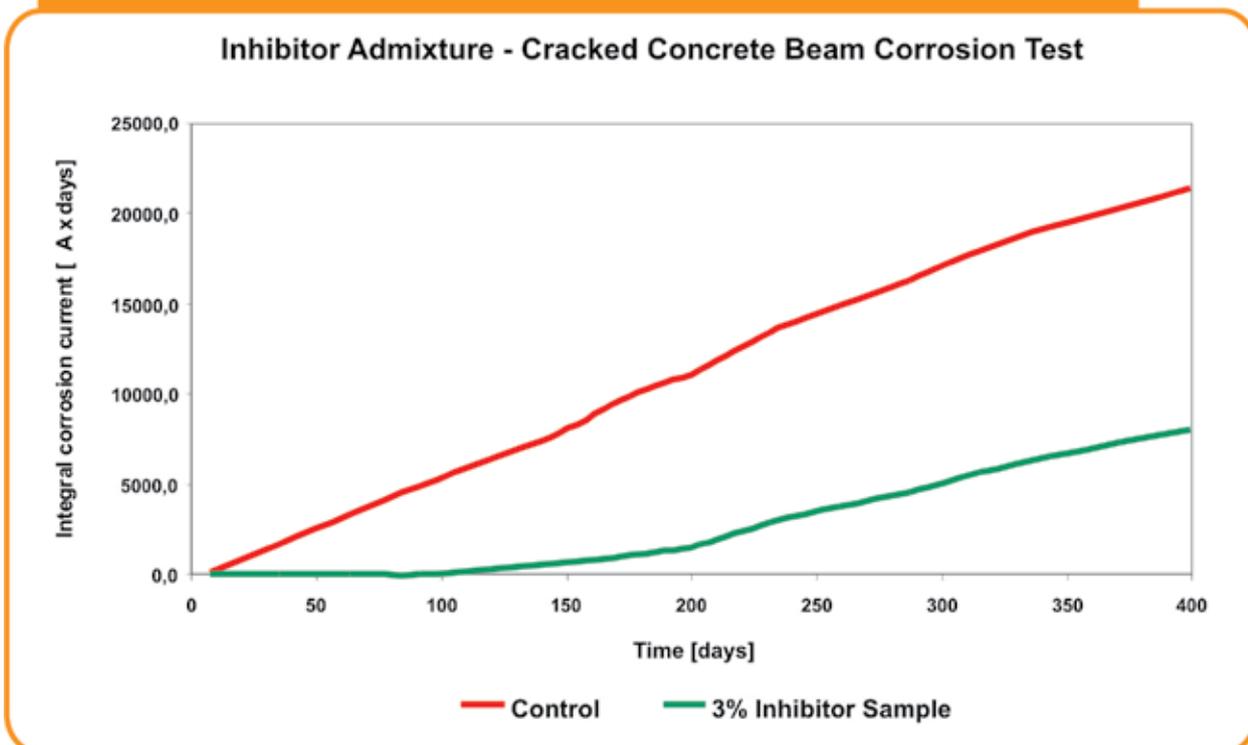
A verificação da penetração dos inibidores mistos de superfície foi realizada pela análise do perfil de aminoálcool ao longo da

profundidade em corpos-de-prova. As amostras de concreto foram cortadas em lâminas finas, cada uma das quais representando as diferentes profundidades da estrutura e, em seguida, o aminoálcool presente no concreto foi extraído das lâminas e analisado quantitativamente por meio de cromatografia iônica. Em paralelo ao ensaio de laboratório desenvolveu-se um procedimento qualitativo, por meio de indicadores químicos, para avaliação “in loco” da profundidade de penetração do inibidor no elemento de concreto, permitindo concluir se o mesmo atingiu ou não o nível das armaduras num determinado período após a sua aplicação.

4.2 ENSAIOS ELETROQUÍMICOS

Ensaios eletroquímicos para testar os inibidores em vigas de concreto fissuradas e expostas a soluções de cloreto de sódio permitiram visualizar o efeito de proteção conferido às barras da armadura frente à penetração de cloretos. O teste simulou a condição de um tabuleiro de ponte com a armadura superior exposta à ação de sais de degelo na superfície do concreto apresentando fissuras com abertura da ordem de 0,25mm, conforme ilustrado pela Figura 5.

Figura 5 – Teste de corrosão em vigas de concreto fissuradas: corrente de corrosão x tempo

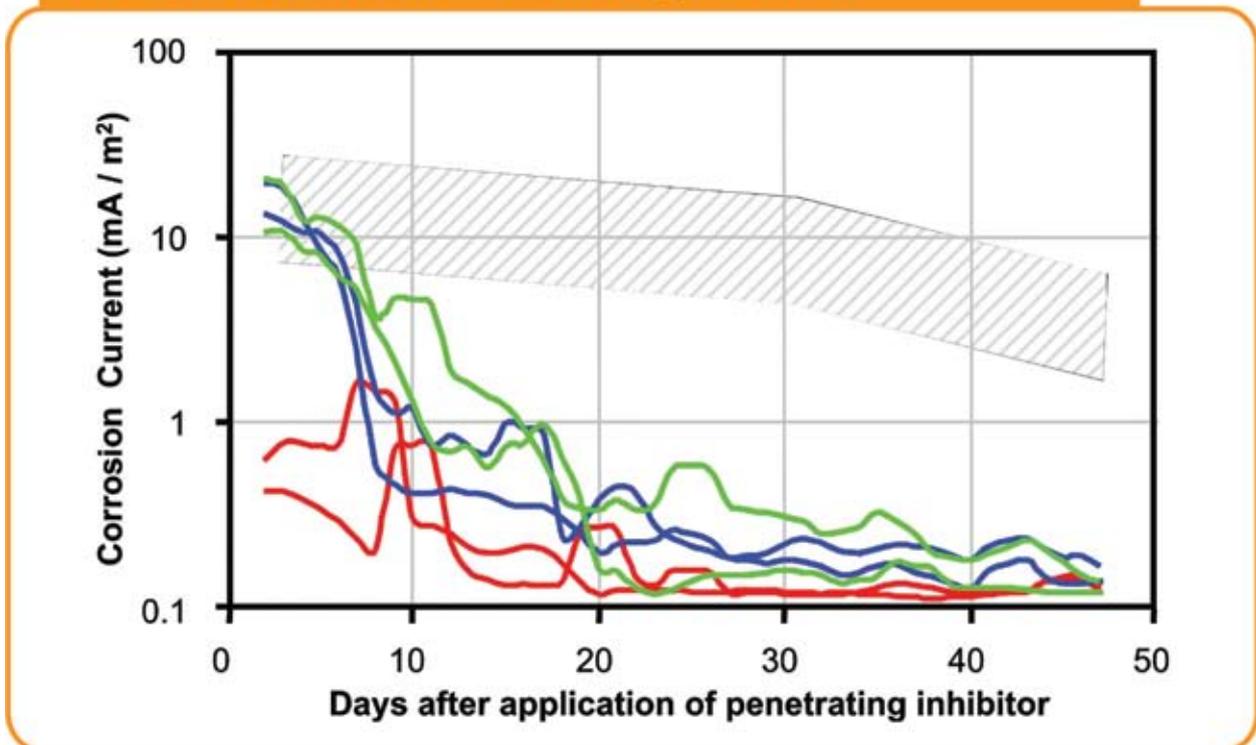


Testes complementares foram conduzidos em diferentes universidades e institutos de pesquisa na Europa. Bolzoni et al. (2001) realizou testes com o inibidor em amostras de concreto armado na presença de cloreto nos laboratórios da Universidade Politécnica de Milão, na Itália. Foi demonstrado que, para uma dosagem de 10 litros de inibidor por m^3 de concreto, verificou-se proteção efetiva contra a corrosão para teores de cloreto de até 1,2% sobre o peso de cimento, obtendo-se taxas de corrosão não significativas. Batis e Routoulas (1999) testaram amostras de concreto imersas em água do mar na National Technical University em Atenas – Grécia. Os resultados mostraram que, para uma dosagem do inibidor de 3% (sobre peso de cimento), obteve-se boa proteção contra a corrosão, similar ao efeito do inibidor à base de nitrito de cálcio, também testado paralelamente. Mulheron (2000) efetuou testes com o inibidor em lajes de concreto armado com presença de processo corrosivo nas armaduras, variando-se, neste caso, as características do concreto no que diz respeito à resistência à compressão. O inibidor testado neste ensaio foi o produto de impregnação e, como esperado, observou-se que o mesmo penetrou mais rapidamente pelo concreto de menor resis-

tência (medida aos 28 dias, $F_{cj_{28}} = 29,7$ MPa), reduzindo também mais rapidamente a taxa de corrosão, conforme ilustrado pela Figura 6, em comparação ao aplicado no concreto de maior resistência (medida aos 28 dias, $F_{cj_{28}} = 75,4$ MPa), conforme ilustrado pela Figura 7. De qualquer forma, ao final do período de testes que se estendeu por aproximadamente 7 semanas, ambas as amostras tiveram as taxas de corrosão reduzidas a níveis equivalentes. Estes ensaios também levaram em consideração a variação do cobrimento das armaduras para valores de 10mm (gráfico verde), 20mm (gráfico azul) e 40mm (gráfico vermelho). A faixa que abrange as medidas de corrente de corrosão obtidas para os três valores de cobrimento estão identificados pelas áreas hachuradas dos gráficos das Figuras 6 e 7.

Morlidge (2005) testou o efeito de proteção do inibidor nos laboratórios do Building Research Establishment – BRE, em Garston, Watford – Inglaterra, em cubos de concreto com 150mm de lado previamente protegidos com o inibidor de impregnação (dosagem de 1000 g/m^2) e contendo barras de concreto sem corrosão. Para induzir e acelerar o processo de corrosão, as amostras foram colocadas em câmara de névoa salina sob ciclos de exposição à névoa preparada com

Figura 6 – Variação da corrente de corrosão ao longo do tempo após aplicação do inibidor de corrosão em concreto com $F_{cj_{28}} = 29,7$ MPa



solução de cloreto de sódio a 1%. O avanço do processo de corrosão foi determinado e medido por meio de polarização linear das barras. Inicialmente, após aproximadamente 250 dias de teste, a densidade de corrente de corrosão de todas as amostras permaneceu flutuando em uma faixa de baixa densidade. Após esse período, todas as amostras apresentaram corrosão significativa, enquanto que as amostras previamente tratadas com o inibidor permaneceram com baixos níveis de corrosão durante todo o período de testes que se estendeu por 960 dias, conforme ilustrado pela Figura 8.

R. Heiyantuduwa e M.C. Alexander (2002), ambos pesquisadores da Universidade de Cape Town, África do Sul, observaram uma redução considerável das taxas de corrosão em aços corroídos pelo efeito da carbonatação do concreto após o emprego de inibidor de corrosão de impregnação, fosse ele aplicado antes ou após o início da corrosão por carbonatação, na superfície de amostras de concreto com resistência característica de 30 MPa.

Também como parte de uma pesquisa realizada na Europa intitulada de Projeto SAMARIS – Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure (Materiais Avançados

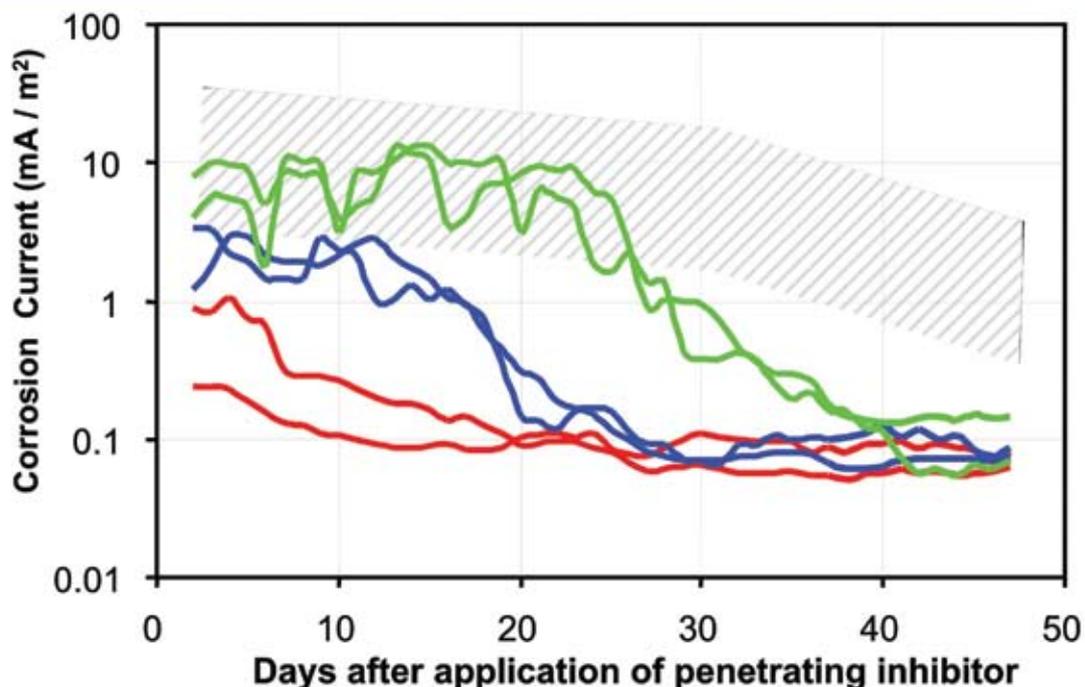
e Sustentáveis para Infra-Estrutura Rodoviária), o inibidor de corrosão de impregnação foi extensamente testado em campo. Os pontos principais de interesse da pesquisa foram: dentro de quais limites e sob quais condições, um bom efeito de inibição da corrosão poderia ser conseguido pela aplicação de inibidores de impregnação e quais as limitações e condições de aplicação sob as quais este produto poderia ou não ser recomendado. O estudo também verificou se a aplicação do inibidor afetaria ou não as propriedades do concreto. Como complemento aos ensaios de laboratório, diversas medições foram realizadas em campo durante longos períodos em várias pontes e edifícios tratados com o inibidor de corrosão.

5. Avaliação e discussão dos resultados

5.1 EFEITO DOS INIBIDORES NAS FASES FRESCA E ENDURECIDA DO CONCRETO

No âmbito das pesquisas realizadas, o uso de inibidores, com ou sem a adição, por

Figura 7 – Variação da corrente de corrosão ao longo do tempo após aplicação do inibidor de corrosão em concreto com $F_{c_{j_{28}}} = 75,4$ MPa



exemplo, de plastificantes para o concreto, não alterou os valores de resistência à compressão. Os tempos de pega e as resistências à compressão aos 7 e 28 dias não foram, de forma geral, afetados pela adição de quantidades em torno de 2% a 4% de inibidor (sobre o peso de cimento).

Da mesma forma, não se observou alteração na quantidade de ar incorporado pela adição de inibidores, podendo-se manter o uso de incorporadores de ar sem a necessidade de mudanças em sua dosagem. Finalmente, não se observou nenhuma alteração das propriedades ou da qualidade do concreto devido à adição de inibidores, seja na fase fresca ou endurecida do concreto.

5.2 MECANISMOS DE TRANSPORTE EM CONCRETOS E ARGAMASSAS

De acordo com os testes realizados, observou-se a penetração dos inibidores de corrosão à base de aminoálcoois na matriz do concreto, independentemente do plano de aplicação do produto (pisos, paredes ou face inferior de lajes), sendo a sucção capilar o principal mecanismo de transporte. A

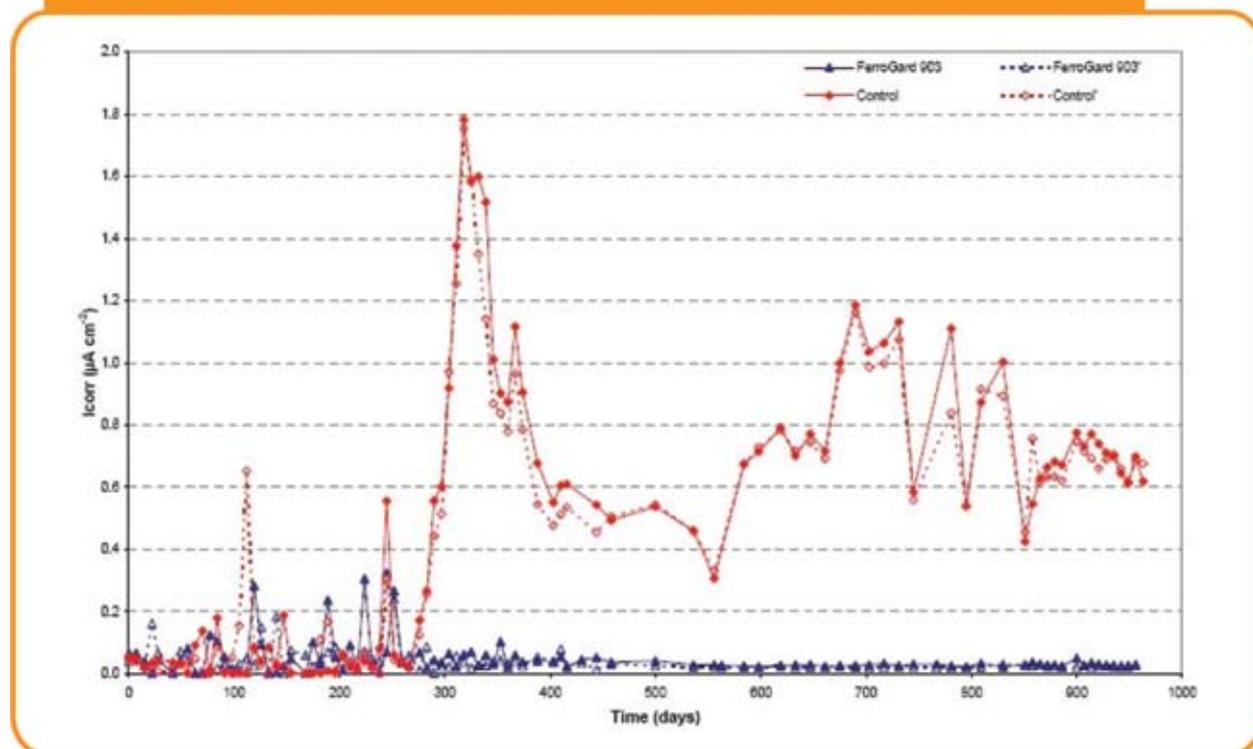
taxa de penetração do inibidor é tão mais lenta quanto maior for a umidade presente na camada de cobertura do concreto, tornando-se muito lenta em superfícies saturadas.

A velocidade de penetração depende principalmente da porosidade do concreto e, portanto, da densidade da matriz e dos teores de umidade presentes.

5.3 TESTES DE CORROSÃO EM ELEMENTOS FISSURADOS

Os resultados dos ensaios desenvolvidos demonstraram que as armaduras em todas as vigas testadas foram corroídas, durante o período da pesquisa quando expostas às condições severas de teste. Entretanto, ficou claro que as amostras que continham inibidores de corrosão apresentaram melhor desempenho que as amostras de referência. A aplicação dos inibidores de corrosão retardou o início da corrosão, reduzindo também as taxas de corrosão em mais da metade, quando comparadas com as amostras de referência, o que significa, na prática, que a vida útil das estruturas de

Figura 8 – Variação da densidade de corrente de corrosão (I_{corr}) ao longo do tempo em amostras tratadas com inibidor de corrosão e expostas a ciclos de névoa salina



concreto tratadas com os inibidores pode ser, no mínimo, duplicada.

Um dos resultados mais importantes obtidos pelo projeto SAMARIS em relação à aplicação do inibidor de impregnação refere-se à sua eficiência de acordo com a concentração de cloretos e a concentração de inibidor na região da armadura. Observou-se que para concentrações de cloreto em torno de 0,5% a 1% (cloretos livres sob o peso de cimento) na região da armadura, além de baixas taxas de corrosão, em torno de 0,5 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, representam o melhor cenário para aplicação do inibidor, sendo necessário o ajuste do consumo de produto em relação ao teor de cloreto. Para concentrações de cloretos livres entre 1% e 2%, deve-se avaliar a taxa de corrosão para se determinar a necessidade ou não de emprego de proteção adicional, por exemplo, com aplicação de pinturas que formem barreira à entrada de umidade, oxigênio e agentes agressivos. Tais limites e observações também são descritos por Nairn et. al (2003), da Monash Univer-

sity, Clayton – Austrália, em sua revisão da literatura referente a inibidores à base de aminoálcoois para concreto armado, como parte de sua pesquisa sobre sistemas de proteção contra corrosão.

6. Conclusões finais

O efeito de proteção contra a corrosão de inibidores mistos à base de aminoálcoois é demonstrado efetivamente através de ensaios de laboratório, com amostras em solução e também extraídas do campo, além de medidas de taxa de corrosão realizadas diretamente nas estruturas. O emprego dos inibidores, seja por adição em argamassas e concretos, seja por impregnação, se mostrou eficiente, desde que observadas as condições de aplicação como teor de cloretos, taxa de corrosão, etc, constituindo uma excelente opção para compor projetos de reabilitação e manutenção de estruturas de concreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (01) ANDRADE y Perdrix, Maria del Carmen. Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras. Tradução e adaptação : Antonio Carmona Filho e Paulo Roberto do Lago Helene. São Paulo : PINI, 1992.
- (02) BATIS, G., ROUTOULAS, Th., Steel rebars corrosion investigation with strain gages, Cement & Concrete Composites, 21 (1999) 163-171
- (03) BOLZONI, F., FUMAGALLI, G., LAZZARI, L., ORMELLESE, M., PEDEFERRI, M.P., Mixed-in inhibitors for concrete structures, Congress Proc. EUROCORR 2001, Riva del Garda, Italy, 30 Sep - 4 Oct 2001, CDROM AIM (Associazione Italiana di Metallurgia), 2001
- (04) CASCUDO, Oswaldo. O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto – Inspeção e Técnicas Eletroquímicas. PINI. São Paulo, 1997.
- (05) GAIDIS, James M. Chemistry of Corrosion Inhibitors. Cement & Concrete Composites, n.26, p. 181-189. Elsevier, 2004.
- (06) LIN, Luo. Influence of Corrosion Inhibitors on Concrete Properties: Microstructure, Transport Properties and Rebar Corrosion. Tese (Doutorado). Magnel Laboratory for Concrete Research, Department of Structural Engineering, Faculty of Engineering, Ghent University. Bélgica, 2006.
- (07) MIRANDA, J. M; GONZÁLEZ, J. A; COBO, A; OTERO, E. Several Questions About Electrochemical Rehabilitation Methods for Reinforced Concrete Structures. Corrosion Science, n. 48, p. 2172-2188. Elsevier, 2006.
- (08) MORLIDGE, J.R., The use of surface applied FerroGard 903 corrosion inhibitor to delay the onset of chloride induced corrosion in hardened concrete, BRE Client Report No. 224-346, 2005, 1-35
- (09) MULHERON, M., NWAUBANI, S.O, Corrosion inhibitors for high performance reinforced concrete structures, Proc. RILEM Int. Conf. on Role of Admixtures in High Performance Concrete, Monterrey, Mexico, 2000
- (10) NAIRN, K.M., HOLLOWAY, L., CHERRY, B., FORSYTH, M., A review of the performance of surface applied corrosion inhibitors, Proc. Corrosion Control and NDT, 2003, Paper 093, 1-8
- (11) NEVILLE, Adam Matthew. Propriedades do Concreto. Tradução: Salvador E. Giammusso. PINI, 2ª Ed. São Paulo, 1997.
- (12) R. HEIYANTUDUWA, M.C. Alexander, Assessing the performance of migrating corrosion inhibitors in reducing carbonation induced corrosion in reinforced concrete structures, Proc. Conf. Concrete for the 21st Century, Midrand, Gauteng, South Africa, 2002
- (13) SAMARIS (Sustainable and Advanced Materials for Road Infrastructure) - Final Report, CDROM Danish Road Institute, 1022 Copenhagen K (DK), 2006. Disponível em: <http://samaris.zag.si/documents.htm>
- (14) WELLE, A., LIAO, J.D., KAISER, K., GRUNZE, M., MAEDER, U., BLANK, N., Interactions of N,N-dimethylethanolamin with steel surfaces oin alkaline and chloride containing solutions, Applied Surface Science, 119 (1997) 185-198. ◆

Nível de emprego na construção civil registra a maior alta desde 1995

SindusCon-SP

O nível de emprego da indústria da Construção Civil fechou 2007 com alta de 13,3%, a maior desde 1995, segundo levantamento do SindusCon-SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo) e da FGV Projetos, com base nos dados do Ministério do Trabalho.

Apesar de praticamente todos os estados terem apresentado variação negativa em dezembro, devido a sazonalidade do setor – a maioria das obras são concluídas em dezembro e também é o início do período de chuvas, o que diminui o ritmo de contratações – o bom desempenho ao longo do ano foi suficiente para a construção civil liderar os índices de geração de empregos dentre todos os setores da economia brasileira. No mês, o nível de emprego caiu 1,5% no setor, comparado a novembro.

No entanto, no fechamento de 2007, o resultado é totalmente positivo. Em números absolutos, em todo o país, foram criados 206,6 mil empregos formais, formando um

estoque de 1,7 milhão de trabalhadores na construção civil. A maior parte da mão-de-obra continua em São Paulo, que detém 507,1 mil dos contratados.

O Estado que apresentou a maior alta foi Tocantins, que teve variação anual positiva de 61,7%, em relação a 2006.

“São números que mostram o aquecimento do setor, especialmente no Estado e no município de São Paulo, e confirmam nossa expectativa de um desempenho bastante acima do PIB”, comenta João Claudio Robusti, presidente do SindusCon-SP.

O Estado de São Paulo continua uma locomotiva. Fechou o ano com alta de 18,2%. Nem mesmo a variação negativa de dezembro (-0,5%) abalou o desempenho conquistado durante todo o ano. Foram mais de 78,3 mil contratações em 2007.

Na capital paulista, o desempenho também comprova o otimismo dos empresários

Tabela 1 – Emprego por regiões do Estado de São Paulo (Dezembro de 2007)

Região	Variação anual (%)	Número de vagas
São Paulo – Capital (sede)	23,05	44.974
Santo André	11,14	2.401
Campinas	12,30	6.428
Ribeirão Preto	20,30	4.697
Santos	5,91	1.146
Sorocaba	15,56	7.973
São José dos Campos	14,99	5.207
Bauru	32,69	4.809
São José do Rio Preto	6,73	752
Presidente Prudente	0,15	8

Fonte: Setor de Economia do SindusCon – SP

do setor. Em 2007, a cidade contratou 44,9 mil trabalhadores para atuar na construção civil, uma alta de 23% em relação ao ano anterior. Veja essa e outras regiões na tabela 1.

Regiões do Brasil

Em 2007, a região que obteve o maior aumento no nível de emprego da construção civil foi a região Norte, com alta de 21,2%,

desempenho acima da média nacional. Tocantins (+61,7%), Roraima (+41,3%) e Amazonas (+33,7%) foram os principais destaques.

No Sudeste, o índice foi puxado novamente pelos ótimos números registrados por São Paulo (+18,2%), seguido por Minas Gerais (+10,9%) e Rio de Janeiro (+9,4%). Na região Centro-Oeste, o aumento é de 13,4%, alavancado principalmente por Mato Grosso (+20,4%). No Sul a variação anual teve alta de 12,6% e no Nordeste de 10%.

Tabela 2 – Emprego por Regiões do Brasil (Dezembro/2007)

Região	Variação anual (%)	Número de vagas
Norte	21,2	87.675
Nordeste	10,0	301.157
Sudeste	13,8	997.748
Sul	12,6	242.136
Centro-Oeste	13,4	130.000
Brasil (Total)	13,31	1.758.716

Fonte: Setor de Economia do SindusCon – SP

4º CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS • CINPAR 2008



Aveiro, Portugal 25 a 28 Junho 2008

OBJETIVOS

- Divulgar e discutir os métodos de inspeção de estruturas e caracterização dos materiais;
- Apresentar e discutir as patologias mais frequentes nas construções;
- Conhecer e analisar as principais causas das patologias, considerando que este aspecto é fundamental para que a reabilitação tenha êxito;
- Divulgar os materiais mais utilizados nos trabalhos de reabilitação e reforço de estruturas das construções;
- Apresentar e discutir soluções para a reabilitação e reforço de estruturas;
- Promover a troca de experiências nos domínios do estudo das patologias e da reabilitação e reforço de estruturas entre os profissionais que actuam nesta área.

DATAS IMPORTANTES

15 Março 2008	Revisão de Artigos
31 Março 2008	Entrega de Artigos Finais
25-28 Julho 2008	Congresso

Contatos

Telefones	+351-234-370938 / 370049
Fax	+351-234-370094
E-mail	cinpar@civil.ua.pt

Mais informações: <http://cinpar.web.ua.pt>

Recuperação de Piso Industrial – Peculiaridades e Dificuldades

Rita Moura Fortes
Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM

Christian José Nogueira de Souza e Álvaro Sérgio Barbosa Júnior
LENC – Laboratório de Engenharia e Consultoria Ltda

1. Introdução

Os pisos industriais, também denominados pavimentos industriais, vêm sendo construídos segundo uma prática da engenharia em concreto simples; com armadura distribuída; estruturalmente armados, empregando armadura dupla; os reforçados com fibras; e os protendidos.

Historicamente, o primeiro manual para projeto e construção de pisos industriais data de 1970, tendo sido apresentado, nos países britânicos, pela Associação de Cimento e Concreto (The Cement and Concrete Association). Em 1988, a Sociedade do Concreto (The Concrete Society) publicou o Technical Report 34 (TR34), que considerou novas técnicas de execução e apresentou uma orientação para dimensionamento. Uma segunda edição foi apresentada em 1994, porém ambas as publicações se basearam na metodologia de projeto preconizada pelas publicações anteriores (THE CONCRETE SOCIETY, 2003).

Desde então, esta sociedade, com suas publicações, reportagens, artigos e suplementos da revista técnica denominada “Concreto” (Concrete Journal) lidera as especificações, orientações normativas e de aspectos-chave da execução do piso industrial. A última edição do TR34 data de 2002.

No Brasil, esta técnica ainda é bastante recente, sendo que, durante muito tempo, esses pavimentos foram dimensionados segundo os critérios do PCA (Portland Cement Association). Hoje, a tendência é dimensionar conforme preconizado pelos métodos europeus, pelo fato desses se focarem mais em pavimentos reforçados com telas soldadas, fibras de alto módulo ou protensão, enquanto os dimensionamentos norte-americanos se aplicam ao concreto simples (RODRIGUES, 2006).

Para o sucesso desse tipo de obra, recomenda-se que no projeto seja considerado um estudo criterioso da dosagem do concreto e que se especifique a tecnologia executiva mais apropriada (incluindo a forma de execução, tipo de cura e de acabamento superficial). Ainda deve ser especificado o sistema de drenagem adequado, das camadas subjacentes (incluindo a sub-base e a membrana impermeável, esta última muitas vezes negligenciada), o projeto geométrico e especificação das juntas e do respectivo selante elastomérico. Recomenda-se que toda obra possua o seu memorial descritivo, detalhando todas as etapas, incluindo, inclusive, todo o controle tecnológico e de qualidade que deve ser exercido.

2. Principais patologias

A melhor maneira de se obter sucesso em qualquer obra de engenharia é executá-la considerando-se o famoso tripé: materiais, execução e controle tecnológico e de qualidade. A falha em qualquer um desses apoios a condena ao insucesso.

Cabe sempre recordar o ditado popular que diz: “É melhor prevenir do que remediar”, ou seja, a boa prática de engenharia contempla desde o cuidado com o projeto, a execução e a utilização de materiais de qualidade adequada. Essa é a melhor sistemática para se minimizar a possibilidade de surgimento de patologias.

Hoje e cada vez mais, a responsabilidade social deve ser exercida por cada um de nós, evitando-se o desperdício de materiais mal aproveitados e o prejuízo advindo com a recuperação. Cabe alertar que a prevenção é fundamental para o melhor aproveitamento

dos recursos naturais, que estão escasseando no nosso planeta.

O piso industrial está geralmente sujeito à ação de substâncias químicas e a um tráfego intenso e pesado, assim, devem-se ressaltar os aspectos de durabilidade, dureza e resistência. O concreto utilizado em piso industrial não deve ser tratado como um concreto estrutural, pois existem outras propriedades, além da resistência, a serem analisadas que requerem atenção do tecnologista de concreto, seja ela a retração hidráulica e a resistência ao desgaste.

As patologias mais encontradas em pisos industriais são: perdas de suporte devido ao recalque da fundação, resultando no aparecimento de degraus e movimentação vertical das placas entre si; também são bastante comuns as trincas e fissuras, desgaste por abrasão, empenamento de placas e esborcinamento de juntas e, nos pisos externos, o bombeamento de finos. Pode-se também encontrar as referentes aos problemas de coloração e delaminação superficial. Rodrigues (2006) afirmou que são muito freqüentes as patologias ligadas à execução, causadas por atraso no corte das juntas, cura inadequada, armaduras mal posicionadas e problemas de acabamento.

O fato de o pavimento industrial ser formado pela sub-base e a placa de revestimento apoiadas sobre o subleito, alertam para a importância do controle tecnológico e de qualidade deste último, com o acompanhamento do grau de compactação e do desvio do teor de umidade. Este cuidado também deve ser exercido na camada de sub-base, uma vez que as falhas decorrentes favorecem a perda da capacidade de suporte evoluindo para o aparecimento de degraus, aparecimento de fissuras no revestimento que comprometem o desempenho do pavimento.

As fissuras causadas por retração hidráulica ou autógena acontecem geralmente em um período de 60 dias a um ano. A retração hidráulica que surge nas primeiras idades do concreto (a grande maioria, na primeira semana) acusa falhas no processo de cura. A retração autógena é decorrente das reações químicas entre o cimento e a água, pela redução de volume das moléculas. As fissuras de retração são as maiores vilãs e estão ligadas à execução.

O processo de cura possui papel relevante para se evitar várias patologias, principalmente considerando-se a peculiaridade desse tipo de obra, ou seja, que o pavimento possui uma grande superfície exposta e sujeita à ação das intempéries e do vento, sendo necessário redobrar os cuidados para se evitar esses proble-

mas, que vão desde fissuras e empenamentos até baixas resistências à abrasão. A metodologia mais usual no nosso país é a cura química (em geral, de PVA ou acrílica).

O desgaste superficial sempre indica que a qualidade do concreto não atende às solicitações do tráfego atuante sobre a superfície do pavimento. Assim, provavelmente ocorreu um erro na tecnologia do concreto, envolvendo desde a escolha dos materiais até sua dosagem, de maneira a proporcionar um concreto com as qualidades de durabilidade exigidas, geralmente ligadas à sua resistência mecânica. Recomenda-se a avaliação do desgaste através do ensaio preconizado pela NBR 12042:1992.

O empenamento é um fenômeno que é provocado pela variação de temperatura ou à presença de umidade, geralmente associado ao índice de esbeltez da placa. Esse problema resulta na quebra da placa por falta de apoio nas extremidades (ABREU; SILVA, 2007). A adição de fibras de polipropileno ou o controle adequado do concreto podem controlar o problema, que pode ser agravado quando a sub-base está mal compactada, pois, nesse caso, o movimento da placa promoverá a compactação, resultando no seu empenamento.

É possível evitar-se o defeito denominado esborcinamento, que é a quebra das bordas, estabelecendo a colocação de barras de transferência. Deve-se tomar o cuidado de adotá-las com diâmetro adequado e utilizando-se materiais de preenchimento devidamente especificados, lembrando que as juntas são um ponto fragilizado no pavimento, sensíveis aos impactos. O controle de qualidade da execução é fundamental.

A delaminação, que é caracterizada pelo destacamento da lâmina superficial do piso, está muito ligada à exsudação e afeta mais os pisos sujeitos às condições desfavoráveis durante a concretagem, sejam devido à localização, por causa da ação dos ventos, ou em áreas próximas às portas ou domos para iluminação natural, ou aqueles que recebem aspersão mineral (principalmente as coloridas). Esta patologia conduz à redução drástica da durabilidade. Isso ocorre pelo fato do acabamento deixar a superfície mais impermeável que a recomendável, sujeita a uma maior intensidade dos vapores de água que se deslocam das camadas inferiores do piso.

Cabe também salientar a patologia muito comum em pisos e pavimentos, devido à peculiaridade dos mesmos em possuírem uma grande área de exposição: a reação álcali-agregado (RAA), que tem como produto da reação a formação de um gel higroscópico expansivo,

que se manifesta com expansões, fissurações, movimentações diferenciais nas estruturas e até pipocamentos, exsudação de gel e redução das resistências à tração e a compressão.

3. Reabilitação do piso industrial

Para a manutenção ou reabilitação do piso industrial, deve-se realizar criteriosamente o seu diagnóstico, avaliando o pavimento tanto do ponto de vista estrutural como funcional, o estado de cada camada e, sempre que possível, considerar os dados estabelecidos em projetos e o histórico de execução deste.

Devem-se investigar as causas da patologia, realizando um diagnóstico preciso para que a recuperação seja efetiva. Cabe ressaltar que o tratamento de qualquer patologia requer um cuidado muito maior do que o adotado no processo executivo. Por essa razão, ressalta-se novamente que prevenir é melhor, e menos oneroso, que remediar, ou seja, o exercício correto da cidadania, com responsabilidade social, que conduz à boa prática da engenharia, coroada pelo controle tecnológico e de qualidade adequado, economiza tempo, dinheiro e respeita o ser humano.

É importante investigar cuidadosamente a patologia e suas possíveis causas, pois ao se falhar no seu diagnóstico, a correção não será eficiente. Uma patologia pode se apresentar como consequência de mais de uma deficiência. Assim, para que a medida corretiva seja eficiente devem-se sanar todas as suas causas.

Conforme a patologia, pode-se recomendar um determinado tratamento. No caso da perda de suporte, é necessário verificar a origem desse defeito, que pode residir em uma compactação deficiente, ou em uma drenagem inadequada, fazendo com que o solo permaneça com o teor de umidade próximo à saturação. É importante salientar que qualquer ação paliativa, que não trate a origem do problema, não será capaz de saná-lo e que o grau de compactação usualmente estipulado de 95% da energia do Proctor Normal, pode não ser suficiente. A curva de compactação deve ser obtida da parábola média de cinco pontos de teor de umidade, conforme preconizado na respectiva norma, e recomenda-se que seja avaliada a capacidade de suporte, tais como o CBR, ou até outros ensaios que avaliem parâmetros de resistência do solo, tais como resistência à compressão, à tração e ao cisalhamento.

Para resolver problemas de compactação e/ou drenagem ineficientes, será necessário que as mesmas sejam refeitas, verificando-se a sua correta

execução com o devido controle tecnológico.

No caso das fissuras, deve-se observar a sua causa, pois uma fissura estrutural, geralmente causada pela ausência de barras de transferência ou pela movimentação do solo, pode ser confundida com a oriunda da retração e, obviamente, a aplicação de selante, que seria recomendada nesse caso, não surtirá o efeito desejado.

Para os casos de problemas de desgaste por abrasão, pode-se aplicar um endurecedor químico ou uma camada de concreto sobreposta, denominada de overlay, tomando-se cuidado em se respeitar os gabaritos geométricos, de maneira a se respeitar as cotas de arquitetura. Na reabilitação do piso com empenamento de borda, pode ser utilizado o grauteamento do vazio causado pelo empenamento com calda de microcimento, de maneira simples e eficaz.

Para a ocorrência de esborcinamento, quando a transferência de carga nas juntas é eficiente, podem-se aplicar lábios poliméricos. No entanto, essa medida será ineficaz se a mesma não estiver estruturalmente adequada, sendo necessário corrigi-la, introduzindo-se barras de transferência, ou até aplicando-se uma injeção de pasta de cimento ou microcimento para garantir o perfeito calcamento da placa.

A correção da delaminação e microfissuras pode ser realizada com a aplicação de epóxi ou material cimentício estabilizado com resina.

Já, as terapias proposta para mitigarem os efeitos nocivos da RAA ainda são recentes, sendo que o uso de nitrato de lítio, que inibe o processo de fissuração, tem sido bastante investigado uma vez que a mesma não altera significativamente as propriedades do concreto fresco e endurecido.

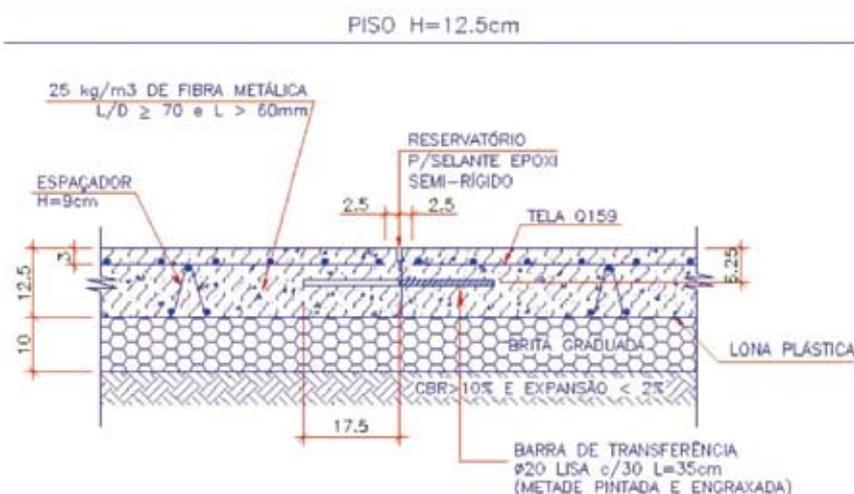
É importante salientar que, qualquer intervenção corretiva, requer cuidados rigorosos, morosos e que, qualquer reabilitação, além de ser significativamente onerosa, jamais estabelecerá perfeitamente o desempenho adequado que seria o produto esperado.

4. Diagnóstico e solução para correção de patologia: peculiaridades e dificuldades

A obra em questão tratava-se de um galpão O pavimento contava com a camada de sub-base de brita graduada simples e o revestimento, conforme apresentado na Figura 1.

Esta obra começou a apresentar patologias ainda na execução. Na visita de inspeção para levantamento do diagnóstico do piso industrial do

Figura 1 – Desenho típico das camadas do piso industrial



galpão, observou-se que o concreto em questão vinha apresentando patologias desde o início das concretagens. O traço do concreto não estava definido e estava mudando constantemente, desde o tipo de cimento de CP III para CP V até o tipo de agregado. Todas essas variações, sem um plano de concretagem adequado às condições específicas desta obra, agravaram ainda mais o surgimento de patologias no piso. É importante ressaltar que, até a visita de inspeção, não estava sendo realizado o controle tecnológico do concreto na usina. Foram observadas as seguintes patologias:

- ◆ fissuras por retração
- ◆ delaminação
- ◆ depressões

A retração do concreto pode ser dividida entre retração plástica, que ocorre no concreto ainda no estado plástico, nas primeiras horas; e a retração hidráulica (Figura 2). O tipo de agregado e tipo de cimento influenciam diretamente nas

variações volumétricas relativas à perda de água. Cabe ressaltar que a retração do concreto é muito sensível à exposição da superfície à incidência do sol e do vento. O piso industrial possui a peculiaridade de apresentar uma grande superfície exposta, o que leva a se redobrar os cuidados com a cura, principalmente nas primeiras idades, assim é essencial que seja protegido da incidência de ventos.

Para se manter as condições ideais de hidratação do cimento é necessário que a cura seja efetiva.

A delaminação (Figura 3) é geralmente atribuída ao cimento devida as suas adições de elevado teor de escória de alto-forno. Alguns pontos negativos das adições são o maior tempo de pega, maior tempo de intervalo de exsudação e maior retração plástica.

Observou-se nesta obra que uma das grandes causas para a ocorrência de patologias era o fato de o piso estar sendo construído

Figura 2 – Presença de fissuras por retração



Figura 3 – Delaminação do piso



Figura 4 – Depressão do piso



antes da execução da cobertura ou mesmo do fechamento lateral, fazendo com que o mesmo sofresse uma severa exposição à incidência do sol e dos ventos. Para minimizar este efeito, foram executados tapumes nas laterais, de maneira a proteger o piso da ação dos ventos. Como medida para reduzir o efeito da insolação e evitar a evaporação da água de amassamento, aplicou-se uma aspersão tipo fog, logo após o adensamento do concreto; e, após duas horas, a cura convencional, com cobertura da superfície com tecidos de algodão (não tingidos), que foram mantidos permanentemente úmidos até que o concreto tivesse atingido 75% de sua resistência final.

Há de se considerar que o controle da evaporação da água de amassamento se torna mais difícil de ser exercido em países de clima tropical. Com a execução da cobertura e dos fechamentos laterais, observou-se que essas patologias praticamente se reduziram a zero.

A presença de depressões (vide Figura 4) foi devido ao grau de compactação encontrar-se abaixo do especificado, conforme constatado nos diários de obra do técnico de solos. O estudo do solo ganha maior importância, principalmente, no caso dos pisos industriais, que, por possuírem espessura delgada, acabam solicitando mais o subleito.

Observou-se que essa patologia foi também gerada pelo fato da concretagem ter ocorrido após um período de chuva, ocasionando o aparecimento de água ao lado do piso, devido à deficiência de drenagem, conforme pode ser

Figura 5 – Deficiência de drenagem



observada na Figura 5, levando o subleito a valores elevados de umidade e, conseqüentemente, à perda da capacidade de suporte.

5. Considerações finais

A lição que fica é que toda obra deve desenvolver um plano de qualidade, que contemple as peculiaridades da mesma, traçando-se um plano efetivo de gerenciamento da execução, de maneira a atender os critérios do projeto, detalhando-se todas as etapas e os controles tecnológicos e de qualidade cabíveis.

Cabe ressaltar que as patologias residiram, principalmente, na deficiência do controle tecnológico e de qualidade que deveriam ter norteado os trabalhos, conduzindo com segurança ao sucesso da obra, somado ao desconhecimento da importância das boas práticas de execução do piso industrial, que, por possuir uma grande área de exposição, fica muito susceptível à insolação e à incidência de ventos e onde a cura possui um papel relevante.

O concreto para piso industrial deve ser tratado com diferenciais que possibilitem um controle entre exsudação e evaporação, sendo a evaporação maior que a exsudação, as patologias relatadas aparecem; quando ocorre o contrário, a possibilidade de ocorrência fica muito reduzida, fato que se evidenciou com a finalização do aparecimento dos defeitos com a execução da cobertura e dos fechamentos laterais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (01) THE CONCRETE SOCIETY. Technical Report 34: Concrete industrial ground floors - a guide to design and construction, The Society, Crowthorne, 2003, 138pp.
- (01) ABREU, J. V. de.; SILVA, P.F.A. A Utilização de micro cimentos em reparos de pavimentos. CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. ANDIT - Associação Nacional de Infra-estrutura de Transportes. São Paulo, São Paulo, Brasil, 19 a 22 de junho de 2007.
- (01) RODRIGUES, Públis Penna Firme. Manual Gerdaul de pisos industriais. São Paulo. Pini, 2006. ISBN 85-7266-165-4. 1ª Edição. 109pp. ◆

Ensino das técnicas de recuperação

Ragueb Chauki Banduk
Universidade Presbiteriana Mackenzie

A necessidade do ensino das técnicas de recuperação teve início quando as construções executadas em concreto armado começaram a apresentar perda de desempenho, necessitando, portanto, de procedimentos de reabilitação para a extensão da sua vida útil.

O homem sempre se preocupou com a construção de estruturas que atendessem a suas necessidades e para isso, ao longo do tempo, acumulou conhecimentos que lhe permitiram desenvolver tecnologia e procedimento construtivo que objetivassem o fim proposto, com menor incidência de riscos.

Com a revolução industrial, o uso do concreto armado, ou cimento armado, se difundiu amplamente. Porém, a idéia da durabilidade eterna do concreto, no decorrer do tempo, começou a ser contestada, pois foram observados casos de estruturas "doentes" que necessitavam serem reabilitadas, mas faltava o conhecimento das técnicas e materiais adequados para a execução destes trabalhos.

Para que possamos estabelecer quando ocorreu a necessidade de introduzir o ensino das técnicas de recuperação e reforço nos cursos de engenharia civil, vale a pena relatar de



Reforço em viga-parede de concreto

forma sucinta a cronologia da utilização do concreto armado no Brasil.

Desenvolvimento do uso do concreto no Brasil

Segundo o professor Augusto Carlos de Vasconcelos, não há registros precisos das primeiras construções em concreto armado no Brasil, sendo que o mais antigo documento, publicado pelo professor Antonio de Paula Freitas em 1904, menciona a construção de casas em Copacabana, utilizando a técnica em concreto armado.¹

A primeira partida de cimento portland comum fabricado no Brasil ocorreu em 1926. No entanto, de acordo com a publicação da Associação Brasileira de Cimento Portland, "ABCP – Uma história de sucesso – 70 anos", foi no início da década de 40, com a elaboração e adoção da primeira norma técnica brasileira reconhecida e aplicada, a "NB-1 Cálculo e execução de obras em concreto armado", que as discrepâncias de cálculo e execução de concreto entre as várias regiões do Brasil diminuíram e a execução de obras em concreto estrutural alcançou maior escala.²

Assim, a partir do início da década de 70, constatou-se que:

- ◆ estruturas semelhantes apresentavam desempenhos diferentes de durabilidade quando submetidas a agressividades ambientais diferentes;
- ◆ algumas estruturas de concreto, em um prazo de vida muito curto, apresentavam perda de desempenho estrutural em face dos quadros de anomalias ocorridos;
- ◆ não era mais possível se dimensionar as estruturas levando em conta apenas a capacidade resistente dos elementos estruturais, sem considerar dentre outros os parâmetros como durabilidade, vida útil, agressividade ambiental, reabilitação e manutenção;
- ◆ tornou-se imprescindível a formação de profissionais e técnicos habilitados em recuperação das estruturas, bem como o desenvolvimento de materiais e técnicas executivas para facilitar e atender a variedade das terapias necessárias para a reabilitação estrutural.



Reforço por cintamento em pilar de altura elevada

Desta forma, a necessidade de se introduzir novos ensinamentos sobre a reabilitação das estruturas foi levada às escolas de engenharia. Em âmbito nacional, os primeiros cursos oferecidos ao mercado da construção civil foram a título de complementação e extensão de conhecimentos e ocorreram no início da década de 80, ministrados pelo professor Paulo Helene.

Em São Paulo, no ano de 1989, a faculdade de engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP) criou no seu curso de graduação a disciplina de Patologia das Construções, que foi ministrada pelos professores Antônio Carmona Filho e Arthur Marega. Na escola de engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, esta disciplina começou a ser ministrada no curso de engenharia civil em 1998, pelo professor Ragueb C. Banduk.

Diretrizes básicas para o ensino das técnicas de recuperação

O ensino sobre as técnicas de recuperação das estruturas tem o objetivo de fornecer

ao aluno instrumentos para a elaboração de um diagnóstico das anomalias que podem ocorrer nas edificações. Neste caminho, torna-se importante analisar, de forma consistente, quais são as causas geradoras e em que fase do processo de construção da obra ela foi gerada se:

- ♦ durante a fase de concepção da obra (projeto);
- ♦ durante a fase de execução e aquisição dos materiais;
- ♦ durante a fase de utilização.

Devem ser abordados também os recursos tecnológicos disponíveis que podem oferecer informações que irão contribuir na definição das causas geradoras das anomalias e dos procedimentos mais adequados para a recuperação.

Nesta fase de aprendizado, em que devem ser detalhadas as causas e origens das anomalias e a fase, ou fases, em que foram geradas, devem ser ressaltados os cuidados e providências que deveriam ter sido tomados para que as anomalias não tivessem ocorrido. Desta forma, será possível divulgar e transmitir uma série de informações técnicas que visam a *excelência construtiva*, que é um objetivo maior

do que o simples ensinamento tendo em vista apenas a recuperação das estruturas.

Neste mesmo caminho, é importante transmitir e divulgar os parâmetros normativos (atuais e antigos) e a conseqüente evolução dos procedimentos de projeto, execução e utilização, que tornam as estruturas e edificações mais duráveis. Também se torna importante conceituar:

- ♦ longevidade, vida útil e durabilidade;
- ♦ desempenho e deterioração;
- ♦ manutenções preventivas e corretivas;
- ♦ recuperação e reabilitação;
- ♦ e reforços.

Os cuidados na fase de projeto, para que não ocorram anomalias nos outros elementos da construção, devem ser ressaltados, ou seja, um projeto de arquitetura arrojado quase sempre leva a um projeto de estrutura também arrojado e, desta forma, os coeficientes de segurança devem ser conservadores, pois as deformações da estrutura podem provocar quadros de fissuração e, posteriormente, degradação nas alvenarias, bem como, nos revestimentos e acabamentos de paredes e pisos. Durante o curso é importante esclarecer a visão na qual, por exemplo, não cabem alvenarias rígidas, ligadas a estruturas mais deformáveis.

Portanto, o ensinamento das causas geradoras das anomalias e das técnicas de recuperação deve ser estendido para os outros elementos da construção que podem ser afetados em face das movimentações estruturais.

Relação do ensino com o mercado construtivo e as novas tecnologias

Todo curso que pretende apresentar as técnicas de recuperação e reabilitação das estruturas de concreto não pode estar distante das patologias mais freqüentes que ocorrem nas estruturas da obras executadas ou em execução.

A apresentação de estudos de caso, em que são abordadas e comentadas as falhas ocorridas, suas causas geradoras e as terapias recomendadas, dá a visão aos estudantes sobre os cuidados que deverão tomar na execução das obras novas e as dificuldades técnicas e financeiras que as recuperações e reforços podem acarretar.



Reforço por cintamento em pilares – início da grauteamento

Portanto, esta metodologia traz benefícios e ensinamentos que motivam o futuro profissional a buscar sempre a excelência construtiva, bem como faz uma ligação dos ensinamentos acadêmicos com o que futuramente encontrará na sua vida profissional.

Durante a apresentação dos estudos de caso, com certeza será necessária a abordagem de tecnologias novas ou antigas que têm por objetivo diminuir a incidência de deficiências nas várias etapas que constituem o processo de construção civil (projeto, execução e utilização).

Importância dos cursos de atualização profissional como complemento à formação universitária

Hoje, existem profissionais (engenheiros, arquitetos e técnicos) atuando no mercado com pouca informação sobre os aspectos de excelência executiva e sobre os procedimentos de recuperação e reparo das estruturas.

Os cursos de educação continuada, também conhecidos como cursos de atualiza-

ção profissional, têm por objetivo transmitir conhecimentos que complementem a formação universitária adquirida, capacitando esses profissionais a terem uma visão crítica sobre os projetos e obras que estão executando.

Simultaneamente, estes cursos devem também objetivar a preparação dos profissionais para a execução de análise e, se necessário, contratar serviços de recuperação e reforço de estruturas, oferecendo segurança aos departamentos de manutenção, para que os serviços de correção executados atinjam os objetivos de qualidade e durabilidade necessários.

Esses profissionais, assim capacitados, podem participar do departamento de qualidade de obras novas, transmitindo suas experiências na área de manutenção e recuperação às equipes técnicas das obras que estão no início ou em projeto.

Para os profissionais da área de projeto (estrutura, fundações, arquitetura e outros), os conhecimentos adquiridos nestes cursos beneficiam a qualidade do projeto que está sendo executado, evitando detalhamentos inexecutáveis ou que proporcionem obras com durabilidade e vida útil inadequadas, ou mesmo obras com custos elevados de manutenção. ♦



BRAZILIAN INTERNATIONAL ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) SYMPOSIUM

**7-8th September | 2008
Salvador | Brazil**

Brazil is one of the major countries in terms of works carried out using RCC. More than 50 dams for hydro generation and water supply were built and new RCC dams are on their way. This is an excellent opportunity to get acquainted with the technical news and to know the all about the new developments in design, constructions and quality control, as well as to interact with international experts on this theme.

Official languages will be Portuguese and English.

Deadline for submission of abstracts: March 15th 2008.

**THEME 1: RCC DAMS – PLANNING AND DESIGN • THEME 2: RCC PAVEMENT
THEME 3: RCC PRACTICES IN DIFFERENT COUNTRIES • THEME 4: RCC MATERIALS AND QUALITY CONTROL**

Sistemas de injeção de resinas elastoméricas de poliuretano e resinas hidroestruturadas de gel de acrílico polimérico para a recuperação da estanqueidade em obras metroviárias

Jaques Pinto, Emilio Minoru Takagi, José Roberto Saleme Jr,
MC-Bauchemie Brasil

1. Introdução

Este trabalho visa divulgar as soluções adotadas com sistemas de injeção de resinas elastoméricas de poliuretano e resinas hidroestruturadas de gel de acrílico para recuperação da estanqueidade em obras metroviárias. As soluções foram adotadas entre 2001 e 2006 no túnel de estacionamento da estação Vila Madalena do Metrô de São Paulo e na galeria subterrânea que interliga as estações Luz da CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos e do Metrô de São Paulo.

O túnel de estacionamento da estação Vila Madalena foi executado pelo processo de escavação NATM em profundidades de 40 metros. Para impermeabilização foi aplicada uma camada de argamassa polimérica entre os revestimentos de concreto projetado primário e o secundário. Porém, ao final da obra, apareceram pontos de infiltração, mostrando que o conjunto não atingiu plena estanqueidade. Em 2001 foram contratados serviços de recuperação da estanqueidade em uma área de aproximadamente 10.000 m² entre a estação Sumaré e o Poço de Ventilação Juatuba. Os serviços de injeções com resinas elastoméricas de poliuretano foram executados entre 01:00 e 04:00 da manhã, intervalo de operação comercial do Metrô.

A galeria de interligação entre a estação Luz da CPTM e do Metrô foi escavada

no sistema “cut-and-cover” até uma profundidade de aproximadamente 20 metros e suportada por estacas cravadas no solo. Para impermeabilização foi instalada uma geomembrana de PVC com 3 milímetros de espessura envolvendo a estrutura de galeria, que possuía uma parede de concreto armado com cerca de 60 centímetros de espessura. As principais patologias encontradas foram ocasionadas por infiltrações de água ocorridas pela descontinuidade do sistema impermeabilizante que se manifestaram em trincas, furos de tirantes de forma, juntas de concretagem e áreas com segregações no concreto. A inovadora tecnologia de injeção de resinas hidroestruturadas de gel acrílico polimérico foi utilizada para criar uma impermeabilização pelo lado externo da estrutura, na interface entre a parede de concreto e a geomembrana de PVC existentes. A baixa viscosidade destas resinas permite um eficiente preenchimento da região, mesmo na presença de água.

O tratamento de infiltrações em obras subterrâneas evoluiu bastante e atualmente predomina o uso dos sistemas de injeções flexíveis de poliuretano e de gel de acrílico polimérico. As chamadas injeções químicas de selamento, também estabeleceram novos padrões de desempenho e confiabilidade, estancando infiltrações, prevenindo o ingresso de agentes agressivos e protegendo as estruturas de concreto. Assim os padrões de



Figura 1 – Infiltrações através de fissuras no revestimento secundário de concreto projetado.

funcionalidade e durabilidade das estruturas de concreto estão garantidos.

2. Túnel de estacionamento da estação Vila Madalena

O túnel de estacionamento de trens, junto da estação Vila Madalena, foi executado pelo processo de escavação NATM – New Austrian Tunneling Method, com impermeabilização através de camada de argamassa polimérica entre os revestimentos de concreto projetado primário e secundário. Apesar de todos os cuidados tomados durante a execução da obra alguns pontos de infiltração apareceram ao longo do túnel. As patologias encontradas foram as seguintes:

- ◆ Concreto projetado de revestimento – Áreas com umidade intensa e infiltrações (Figura 1);

- ◆ Passarela de Emergência – Infiltrações na junta de concretagem entre o concreto moldado e projetado (Figura 2).

A garantia da estanqueidade é um grande desafio, que se inicia na elaboração dos projetos e passa pelas diversas fases de construção. Um bom planejamento de manutenção também deve ser considerado.

Para a recuperação da estanqueidade foram executados serviços de injeção de poliuretano, tratamento com sistema cristalizante e aplicação de um revestimento de argamassa polimérica industrializada.

O sistema de injeção de resinas elastoméricas de poliuretano adotado nesta obra, constitui-se em tecnologias consagradas e já utilizadas com sucesso em inúmeras obras metroviárias no Brasil e ao redor do mundo. O primeiro sistema de injeção flexível (gel de poliuretano) de resinas de poliuretano



Figura 2 – Infiltrações na junta de concretagem na interface de concreto projetado e o moldado “in loco”

à base de Metil-Di-Isocianatos (MDI) e polioli foi introduzido nos anos 70. As resinas de poliuretano MDI permanecem impermeáveis, sendo que sua durabilidade vem sendo testada em condições únicas. Testes comprovam que a elasticidade do produto em ambiente alcalino se mantém mesmo 40 anos após sua aplicação. Devido à alta resistência a produtos químicos, também é muito utilizado em áreas de efluentes para proteger a estrutura e o meio ambiente do ataque de substâncias agressivas. Esta resistência química vai além da oferecida pelos atuais selantes. Apesar de extremamente resistentes quimicamente, estas resinas são extremamente amigáveis ao meio ambiente. Nos casos onde haverá contato com água potável ou do lençol freático a norma europeia determina que somente resinas classificadas na categoria D1 ou D2 podem ser utilizadas.

Para condições de serviços com fluxo de água ou água sob pressão hidrostática, é necessária



Figura 3 – Tamponamento provisório da infiltração com espuma hidroativada expansiva

uma pré-injeção de tamponamento com resina hidroativada expansiva (espuma de poliuretano), seguida da injeção da resina elastomérica de poliuretano (gel de poliuretano). A espuma de poliuretano é uma resina bicomponente à base de metil-diisocianato (MDI), catalisadores à base de aminas e metálicos que, quando misturados, reagem rapidamente em contato com a água, provocando uma expansão entre 10 a 40 vezes o seu volume original. Como forma uma estrutura de poros abertos interligados a espuma de poliuretano deve ser considerada apenas como tamponamento provisório (Figura 3).

O selamento definitivo é conseguido através de posterior injeção da resina elastomérica de poliuretano (gel de poliuretano). Para o tratamento de fissuras secas ou com apenas um merejamento de água não é necessária a pré-injeção da espuma de poliuretano. A base da segurança e confiabilidade do selamento com resinas elastoméricas de poliuretano MDI é a formação de uma estrutura uniforme e



Figura 4 – Selamento definitivo da infiltração com resina elastomérica de poliuretano ("gel de poliuretano")



Figura 5 – Vista da parede diafragma com infiltração por junta de concretagem

regular, com excelente aderência tanto em fissuras secas, como com presença de água. As resinas elastoméricas de poliuretano atuais apresentam viscosidades entre 85 mPa's e 100 mPa's e alongamentos entre 100% e 150%. A injeção de resinas de poliuretano deve ser executada utilizando-se bombas de injeção de alta pressão e através de injetores metálicos (Figura 4).

METODOLOGIA PARA TRATAMENTO DAS JUNTAS DE CONCRETAGEM

1ª etapa: Execução de furos inclinados a 45°.

2ª etapa: Instalação de bicos de perfuração de alumínio.

3ª etapa: Injeção de resina de poliuretano hidroativada (MC-Injekt 2033).

4ª etapa: Injeção de resina flexível de poliuretano (MC-Injekt 2300NV).

METODOLOGIA DE RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DO CONCRETO

1ª etapa: Remoção de concreto deteriorado

2ª etapa: Preparação da superfície com

hidrojateamento de alta pressão (4.000/7.000 lbs)

3ª etapa: Tratamento de trincas e defeitos com sistema de cristalização (Xypex).

4ª etapa: Aplicação de argamassa polimérica com fibras (Zentrifix KM250), com 3 cm de espessura, projetada em duas camadas.

5ª etapa: Cura química com produto de alta eficiência (Emcoril) – ASTM C 309

3. Revitalização da Estação da Luz

A estação da Luz é um importante terminal ferroviário bem como um marco da cidade de São Paulo. Nos últimos anos, vem passando por obras de revitalização para se tornar um terminal multimodal, com conexões para linhas de ônibus e para a futura linha 4 do Metrô. Uma das obras executadas recentemente foi a galeria subterrânea de interligação da estação de trem com a nova estação da linha 4 do Metrô. Essa estrutura foi impermeabilizada, com um sistema de geomembrana de PVC, instalada entre o revestimento primário e



Figura 6 – Injeção de resina hidroestruturada de gel acrílico polimérico

o secundário. Após a obra concluída, pontos de infiltração surgiram através de juntas e fissuras no revestimento secundário.

A tecnologia utilizada foi um novo método de selamento de infiltrações com injeção de resinas hidroestruturadas de gel acrílico polimérico. Através de furos que passam completamente a estrutura se injeta o produto formando uma membrana impermeável flexível por detrás da estrutura de concreto. Com esta solução se torna possível executar a impermeabilização em estruturas subterrâneas pelo lado do solo. O sistema consiste na injeção do gel acrílico polimérico na interface entre a parede diafragma e o solo. A baixa viscosidade da resina permite um eficiente preenchimento dessa região, mesmo na presença de água.

No caso da Estação da Luz, devido ao sistema de impermeabilização com geomembrana de PVC, essa tecnologia de injeção foi aplicada na interface concreto/manta de PVC com o intuito de corrigir a descontinuidade do sistema impermeabilizante e impedir infiltrações no revestimento secundário, evitando sua deterioração. As principais patologias encontradas após a conclusão da galeria foram infiltrações de água através de:

- ◆ Trincas e furos de tirantes de forma;
- ◆ Juntas de concretagem (Figura 5).

As trincas e a junta de concretagem da parede foram tratadas com o sistema de injeção de gel de acrílico polimérico que consiste de produtos à base de metacrilatos hidroestruturados, com alta elasticidade mecânica e resistência química, formando uma membrana elástica protetora entre a estrutura de concreto e a manta de PVC. O gel de acrílico polimérico é formado por 2 componentes: A – resina: metacrilato (A1), estabilizador (A2), catalisador (A3) e B – iniciador (B) e emulsão acrílica (B1). Quando misturados reagem entre si polimerizando em segundos. O sistema possui aderência em quaisquer superfícies, mesmo concreto saturado de água e manta de PVC. Caracteriza-se também por ser altamente elástico, com 200% de alongamento, podendo

sofrer grandes deformações sem qualquer dano. Sua viscosidade é extremamente baixa (entre 5 e 30 mPa's), comparável à água, sendo capaz de penetrar em fissuras menores do que 0,05mm, ou mesmo através de solos siltosos e arenosos (Figura 6).

As aplicações do gel acrílico são executadas através de técnicas de cortina de injeção, formando uma barreira pelo lado externo da estrutura com o próprio material ou com o material incorporando o solo. O gel acrílico polimérico deve ser aplicado com uma bomba de injeção bicomponente, adequada para injeção de resinas de curto tempo de reação. O tempo de reação do gel acrílico polimérico pode ser variado conforme a necessidade (Figura 7).

4. Conclusão

A busca de uma solução adequada para viabilizar uma operação com segurança e uma de durabilidade cada vez maior das estruturas, tornam as tecnologias de injeção uma excelente ferramenta de suporte em obras metroviárias, enterradas e estruturas hidráulicas. Os sistemas de injeção vêm sendo aplicados e desenvolvidos mundialmente à mais de 30 anos. Sua eficiência vem sendo comprovada em centenas de aplicações ao redor do mundo.

Antes da escolha do produto para injeção, recomenda-se uma análise criteriosa de



Figura 7 – Bomba de injeção bicomponente utilizada na injeção de gel acrílico polimérico

cada caso, a fim de se estabelecer o que deve ser feito. Para o caso de selamento flexível com ou sem a presença de água, as resinas elastoméricas de poliuretano composto por espuma e gel de poliuretano e a resina hidroestruturada de gel de acrílico polimérico, são comprovadamente as melhores soluções para garantir a estanqueidade das estruturas de obras metroviárias (Figura 8).

Deve-se saber fundamentalmente que todos os serviços de injeção requerem uma equipe técnica bem treinada e familiarizada com os produtos, a fim de se obter bons resultados e principalmente solucionar os problemas técnicos das estruturas de concreto. É importante destacar que os custos de manutenção periódica das estruturas de concreto são significamente



Figura 8 – Vista atual do túnel de estacionamento da estação Vila Madalena

inferiores quando comparados àqueles destinados a uma recuperação em caráter emergencial, na qual a estrutura apresenta situação de pré-colapso estrutural, devido à falta de ou à manutenção deficiente. ♦

II WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE PAVIMENTOS DE CONCRETO



Evento paralelo ao 50º Congresso Brasileiro do Concreto

7-8 de setembro de 2008
Salvador, Bahia

Data-limite para envio de resumos:
15 de Março de 2008

Temas

- PROJETO E ANÁLISE ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS DE CONCRETO
- MATERIAIS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO
- GERÊNCIA E MANUTENÇÃO
- CONTROLE DE QUALIDADE DE CONSTRUÇÃO DOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Mais informações – www.ibracon.org.br

Ciclo de palestras sobre reparo, proteção e reforço de estruturas na Regional Paraná



Eng. José Roberto Saleme Jr (MC-Bauchemie), Eng. César Daher, Eng. Luis César de Luca (organizadores do curso) e Eng. Emilio Takagi (MC-Bauchemie)

A convite dos organizadores do Curso de Pós-Graduação de Patologia nas Obras Cíveis da Universidade Federal do Paraná, professores Luis César de Luca e César Henrique Daher, a MC-Bauchemie realizou, nos dias 30 de novembro e 1º de dezembro de 2007, ciclo de palestras abrangendo os seguintes temas: *Reparo, Proteção, Impermeabilização e Reforço de Estruturas e Novas Tecnologias para Injeção de Estruturas de Concreto*. O curso integra a programação da Regional IBRACON no Paraná.

O eng. Luiz Fernando Trilha Ribeiro, aluno do curso, esteve presente nas palestras e fez o seguinte comentário. "As palestras não objetivaram apenas a divulgação dos produtos da empresa promotora. Através dos engenheiros Emilio Takagi e José Roberto Saleme Jr.,

aprendemos muito sobre química e como a química pode resolver os problemas patológicos. Foi um final de semana que nem notamos passar, onde pudemos verificar a aplicação de vários produtos da MC-Bauchemie na prática".

IE homenageia secretária do IBRACON

No Dia do Engenheiro, 11 de dezembro, o Instituto de Engenharia realizou sua tradicional cerimônia em que homenageia o Eminent Engenheiro do Ano que, em 2007, foi Gilberto Kassab, Prefeito de São Paulo.

Na mesma ocasião foi premiada a Divisão Técnica de Estruturas, como a que mais se destacou durante o ano. A Diretora 2ª Secretária do IBRACON, engenheira Sonia Regina Freitas, recebeu o prêmio das mãos do engenheiro Paulo Ferreira, vice-presidente de Atividades Técnicas do Instituto de Engenharia.



Da esq. para dir., os engenheiros Lucio Laginha e Natan Levental, também coordenadores da Divisão de Estruturas do IE, e o engenheiro Roberto Kochen, Diretor do Departamento de Engenharia Civil

Regional Ceará realizará 4ª edição do SINCO

A Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA, o Instituto de Estudo dos Materiais de Construção - IEMAC, e o Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, realizarão nos dias 22, 23 e 24 de maio de 2008, em Fortaleza-CE, O IV Simpósio Internacional Sobre Concretos Especiais - Sinco 2008.

O evento tem caráter internacional e dele participarão, como palestrantes, professores e pesquisadores de universidades nacionais e estrangeiras.

O IV Simpósio Internacional sobre



Concretos Especiais está dirigido especialmente a professores, pesquisadores, estudantes e profissionais que atuam no âmbito da Engenharia e Arquitetura.

**SECRETARIA
Laboratório
de Materiais
de Construção -
Uva-CE**

Campus da Cidao -
Av. Dr. Guarani, 317
Sobral - CE

Fone/Fax: (88) 3611-6796

E-mail: sinco2008@yahoo.com.br

Site: www.sobral.org/sinco2006

IBRACON apóia o 2º Congresso Brasileiro de Túneis

O Comitê Brasileiro de Túneis da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos - ABMS vai realizar o "2º Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas" e o "Seminário Internacional "Soth American Tunnelling" - 2008, no período de 23 a 25 de junho de 2008 no Centro Fecomercio de Eventos.

O Congresso irá abranger 17 temas de suma importância para os profissionais que atuam na área de construção de estruturas subterrâneas.

Este acontecimento único proporcionará uma rica oportunidade de atualização, intercâmbio de experiências oriundas de pesquisas

e projetos que promovem avanços tecnológicos e científicos no tocante ao uso do espaço subterrâneo, além da apresentação de novas tecnologias e tendências na área de projetos e construções.

MAIS INFORMAÇÕES

SECRETARIA EXECUTIVA

**2º Congresso Brasileiro de
Túneis e Estruturas Subterrâneas**

Rua Candido
Espinheira, 560
conj. 32 - 05004-000
São Paulo - SP - Brasil
Fone/Fax: +55 (11)
3871-3626

E-mail: 2cbt@acquacon.com.br

Site: www.acquacon.com.br/2cbt





Congresso Internacional de Grandes Barragens tem apoio do IBRACON

O 23º Congresso Internacional de Grandes Barragens será realizado em maio de 2009, em Brasília, pelo Comitê Brasileiro de Grandes Barragens (CBDB). Os interessados em enviar trabalhos técnicos, devem fazê-lo até o dia 1º de junho. Os temas são:

- ◆ Dams and Hydropower
- ◆ Management of Siltation in Existing and New Reservoirs
- ◆ Upgrading of Existing Dams
- ◆ Dam Safety Management

Informações: www.cbdb.org.br ◆



SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO (CCR) Evento paralelo ao 50º Congresso Brasileiro do Concreto 7 E 8 DE SETEMBRO DE 2008

O **Brasil** é um dos países que possuem maior quantidade de obras construídas com **CCR** no mundo. Já são mais de **50 barragens** para **abastecimento de água** e **geração de energia**.

O **simpósio** é uma excelente oportunidade para **conhecer** este **desenvolvimento**, para saber das **últimas novidades** em termos de **projetos, construções** e **controle da qualidade**, bem como para interagir com **especialistas internacionais** sobre o assunto.

LÍNGUAS OFICIAIS DO EVENTO

Português e inglês

DATA-LIMITE PARA ENVIO DE RESUMOS

15 de março de 2008

TEMAS

- Barragens de CCR – Planejamento e Projeto
- CCR para Pavimentação
- Práticas em CCR em Diferentes Países
- Materiais para CCR e Controle de Qualidade

Recuperação de estrutura em condições de altas temperaturas – canal de gusa e escória na Arcelor Mittal Tubarão

Fabio Giannini
Falcão Bauer

Geraldo Magela Giacomini
Arcelor Mittal Tubarão

SINOPSE

A RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS INDUSTRIAIS ESTÁ FREQUENTEMENTE RELACIONADA A CONDIÇÕES ESPECIAIS DE EXECUÇÃO. NESTE CASO DESCREVE-SE A RECUPERAÇÃO DE CANAIS DE GUSA, ESCÓRIA E DRENO, CUJAS CONDIÇÕES DE TRABALHO SÃO EXTREMAS DEVIDO ÀS ALTAS TEMPERATURAS E PRAZO REDUZIDO, POIS É NECESSÁRIA A EXECUÇÃO DA OBRA SEM PREJUÍZO DA PRODUÇÃO.

1. Objeto dos serviços

Consistiu na recuperação e reforço dos canais de corrida de gusa, escória e dreno do Alto-Forno 2 da Arcelor-Mittal Tubarão, no município de Serra, estado do Espírito Santo, face às ocorrências de deterioração dos elementos de concreto expostos a altas temperaturas, apresentado desintegração do concreto e corrosão das armaduras.

O Alto-forno 2 da ArcelorMittal Tubarão é responsável pela produção de 1.180.000 t de gusa/ano, o equivalente a 16% da produção da Usina e teve seu start-up em 1998.

Os serviços foram executados com parada parcial do sistema do Alto-Forno 2,



Foto 1 – Demolição do revestimento do canal em tijolos refratários

interditando-se primeiramente metade dos canais e numa segunda etapa a outra metade, com projeção de concreto de alta resistência sobre armadura complementar.



Foto 2 – Projecção de concreto nas paredes internas do canal

Nos locais de maior incidência de patologias, a solução adotada foi demolição completa da seção e instalação de peças pré-moldadas de dimensões similares.

2. Consultoria

Os trabalhos desenvolvidos tiveram por base relatório técnico do Eng. Robson Gaiofatto, da Encopetro, consultoria contratada pela ArcelorMittal Tubarão para levantamento dos danos existentes e posterior projeto de recuperação e reforço.

O relatório cita expressamente a ne-

cessidade emergencial de intervenção nas estruturas que integram o Alto-Forno 2, sob risco de interrupção de seu funcionamento e, conseqüentemente, de toda a produção.

A diretriz adotada no projeto de recuperação e reforço foi a reconstituição das condições de integridade e segurança originalmente projetados, com o objetivo de uma sobrevida adicional de 20 anos para a estrutura.

Uma das soluções técnicas adotadas foi o sistema de concreto projetado, aplicado em camada de, no mínimo, 5 cm em ambas as faces das calhas (internas e externas). O concreto utilizado foi dosado com cimento de características especiais, tais como: alta resistência a sulfatos (com C3A < 3%); capacidade de mitigação da reação álcalis-agregado; resistência a meios semi-ácidos; granulometria controlada melhorando a coesão e reduzindo a reflexão do concreto projetado; baixo calor de hidratação e baixa retração, resultando num traço de concreto de elevada resistência mecânica, baixa porosidade e permeabilidade [ver item “Ensaio realizados”].

3. Planejamento e execução dos serviços

A premissa básica para o atendimento deste projeto foi o prazo de 14 dias para execu-

ção dos serviços de recuperação e reforço estrutural dos Canais de Escória 2, Gusa 2 e Dreno 2 (delimitação amarela na Fig. 1), ou seja, prazo total de 28 dias para todo o trabalho nos seis canais - além dos já citados, também sofreram intervenção os Canais de Escória 1, Gusa 1 e Dreno 1 (delimitação azul na Fig. 1).

Esta condição foi estabelecida pela equipe operacional

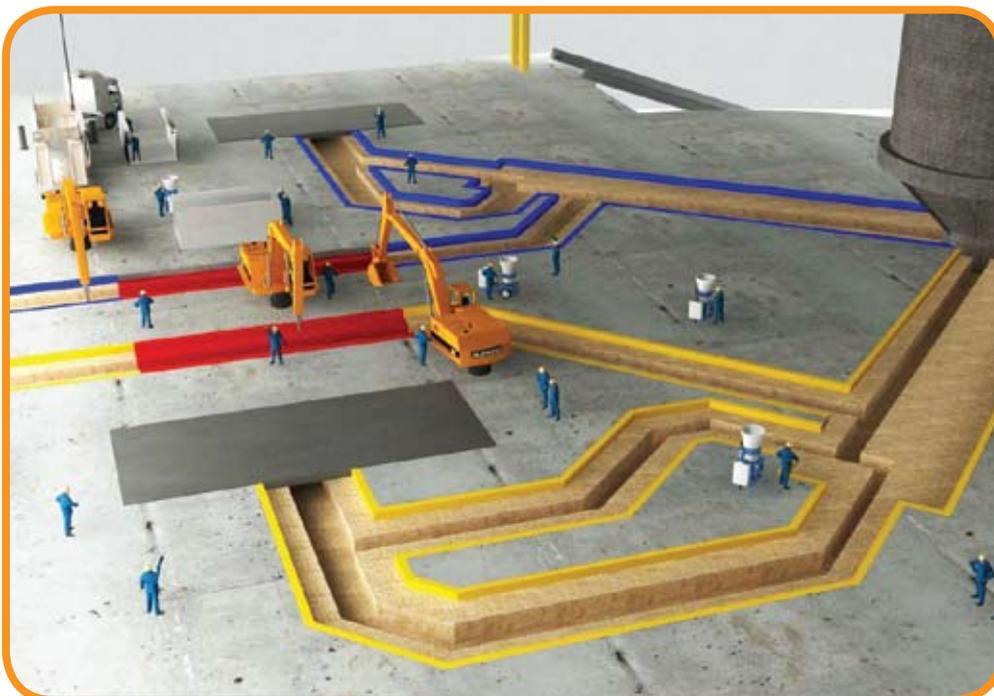


Figura 1 – Esquemático mostrando a disposição dos Canais de escória 1, Gusa 1 e Dreno 1 (em azul) e Canais de escória 2, Gusa 2 e Dreno 2 (em amarelo)

da ArcelorMittal Tubarão, que definiu como 14 dias o tempo limite ao qual um canal era capaz de receber a contribuição do fluxo do outro (devido à parada) sem ter as características da estrutura afetadas pela carga térmica adicional.

O planejamento foi então realizado por uma equipe de engenheiros e técnicos da Falcão Bauer, juntamente com os responsáveis por este projeto na ArcelorMittal Tubarão, em um prazo de noventa dias anterior ao início dos serviços.

Neste planejamento, foram consideradas todas as etapas dos serviços e dificuldades de execução, visto que a operação do Alto-Forno 2 não seria paralisada totalmente. O envolvimento da equipe de Segurança do Trabalho foi fundamental neste planejamento.

Para cumprimento dos prazos, após elaboração do planejamento detalhado, foi verificada a necessidade dos trabalhos ocorrerem durante 24h ininterruptas ao longo de toda a parada. As equipes foram divididas em duas, uma para o trabalho diurno e a outra para trabalho noturno. As contratações de fornecedores de materiais e equipamentos foram avaliadas visando garantir o cumprimento do prazo proposto, ou seja, todos os envolvidos foram incluídos no planejamento, de forma que foi possível não só atender o prazo como reduzi-lo.

Os serviços foram realizados em duas etapas, conforme demonstra figura esquemática 1.

Na 1ª Etapa foram recuperados e reforçados os Canais de Gusa 2, Escória 2 e Dreno 2 (delimitado em amarelo) interna e externamente em 14 dias, consistindo em: a) demolição de refratários; b) corte de concreto em 10 cm; c) substituição da armadura e pro-

jeção de concreto, sendo que, em um trecho de aproximadamente 11 m, o canal (delimitado em vermelho) foi inteiramente substituído por outra peça de concreto pré-moldado.

As maiores dificuldades encontradas, no caso da face interna, eram o acesso dos materiais aos locais de trabalho e a retirada de entulho, sendo que a única opção de acesso era uma rampa situada próxima ao Canal 1. Estas situações de logística foram superadas com a utilização da ponte rolante como principal meio de transporte, já planejada com a equipe de produção da ArcelorMittal Tubarão, pois a ponte também era necessária para o trabalho principal do Canal 1, que se manteve em operação.

Sob os canais existem duas linhas de carros-torpedo, sendo que uma manteve-se em operação durante todo o tempo. Assim, para que o pessoal pudesse acessar com segurança a face inferior dos canais (Figura 2), foram montados andaimes com esquema especial de proteção.

Nos trechos dos canais onde a recuperação não era viável, optou-se pela demolição e instalação de peças pré-moldadas de concreto atendendo as especificações técnicas de projeto, sendo que tais peças foram posteriormente içadas com a própria ponte rolante. Tomou-se o cuidado de fabricar as peças com peso compatível com a capacidade da ponte rolante.



Figura 2 – Esquemático mostrando trabalhos internos e externos nos canais - demolição do concreto existente e reconstituição e reforço com concreto projetado



Foto 3 – Instalação dos elementos pré-moldados com a utilização de ponte rolante

A fase de planejamento através do modelo MS Project e posterior controle diário, foram fundamentais para a equalização de equipes e equipamentos *in tempo*, propiciando maior segurança para a ArcelorMittal Tubarão do cumprimento de prazos.

Os prazos dos serviços foram atendidos integralmente, sendo que nos Canais de Escória e Gusa 1 foi adotada a mesma metodologia descrita.

Após a conclusão dos serviços na estrutura, deu-se a implantação do sistema refratário nos canais, de forma a garantir temperaturas de no máximo 100°C nas faces internas dos elementos de concreto armado.

4. Ensaios realizados

Devido às particularidades da obra, optou-se por um estudo de dosagem experimental

de concreto especial que atendesse as condições encontradas. Tal estudo foi realizado nos laboratórios da Falcão Bauer em São Paulo, com prévia caracterização de materiais oriundos da região da obra.

Os materiais foram fornecidos por parceiros locais em regime *just in time*. Posteriormente, durante a execução, fez-se também controle tecnológico do concreto projetado e do grout, já a partir das primeiras horas da aplicação, garantindo assim a qualidade na obra.

Ficha técnica – Fornecedores

- ◆ Consultoria (contratada pela ArcelorMittal Tubarão): Eng. Robson Gaiofatto (Encopetro Engenharia Estrutural Ltda)
- ◆ Cimento especial: Duracem AD300 (Holcim)
- ◆ Aço: CA 50 (Gerdau)
- ◆ Grout argamassas poliméricas: Masterflow 320, Emaco S88TB, Emaco S168, (BASF).
- ◆ Resina de ancoragem: Denver Ancor (Denver)
- ◆ Pré-moldados: Precol Pré-Moldados
- ◆ Andaimes e Escoramento: Espiral
- ◆ Demolição: Detronic

5. Considerações finais

Para obter sucesso em obras com este nível de particularidades, é imprescindível o planejamento minucioso, contando com o uso racional e planejado dos meios disponíveis na própria indústria, com as medidas de segurança adequadas para cada serviço e estudo detalhado das interferências. ◆

Tabela 1 – Índices de Produtividade

Demolição de refratários	m ³	400,00
Demolição de concreto armado (com preservação da armação, até 10 cm)	m ²	1.184,00
Fornecimento e montagem de peças pré-moldadas	m ³	53,6
Fornecimento e lançamento de graute cimentício adicionado de pedrisco	m ³	31,90
Execução de furos em concreto nos diâmetros de 12,5mm até 20,0mm, com 10 cm de profundidade.	un	5.504,00
Fornecimento de armadura – Aço CA 50	kg	11.500,00
Fornecimento e aplicação de resina poliéster para ancoragem da armação	kg	515,00
Jateamento da estrutura de concreto e armação	m ²	1.307,00
Concreto projetado fck = 30 MPa, espessura 50 mm, com utilização do cimento Duracem AD 300 (Holcim).	m ³	104,00

As 10 dicas básicas para aplicar impermeabilizantes com excelentes resultados



Evite erros na construção de seu imóvel, ou transtornos de reformas inesperadas, desperdícios de material e prejuízos ao seu orçamento. Utilize os sistemas de impermeabilização corretos para o tipo de obra que

está executando. Na dúvida, siga estas 10 dicas básicas e fundamentais para criar um bom projeto de impermeabilização e de acordo com as normas técnicas estabelecidas pela ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Quais os impermeabilizantes mais indicados para construção e reforma?

Cada área requer um tipo de impermeabilização, de acordo com as suas características. Nunca use o mesmo material como remédio para todos os males. Também não acredite em milagres, e consulte um especialista.

Porque impermeabilizante é um produto

essencial para garantir a segurança, o futuro e o conforto de uma obra?

Porque a impermeabilização protegerá sua obra contra todo e qualquer tipo de umidade e infiltração.

Qual a norma técnica determinada pela ABNT? Por que é importante escolher impermeabilizantes que atendem às normas técnicas?

A NBR 9575: Impermeabilização – Projeto e Seleção é uma norma que estabelece as exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, para que sejam atendidas as condições mínimas de proteção da estrutura em relação à proteção contra infiltração de água nas partes construtivas, além de preservar a saúde, segurança e conforto do usuário.

O que acontece com a obra, se não for aplicado um impermeabilizante nas áreas de maior umidade ou sujeitas a infiltrações?

A água penetra em todos os locais, sem exceção. E sua presença gera umidade e problemas nos materiais usados na construção, causando sérios prejuízos aos usuários. Esses prejuízos podem ser estéticos, como manchas na pintura, revestimentos descascados, pisos soltos; financeiros, como a desvalorização do patrimônio; problemas de saúde ao usuário, provocados pelo mofo, bolor etc.; e até de segurança, como oxidação das estruturas de proteção, batentes de janelas e portas.

Há diferenças entre uma construção de residência, de escritório, indústria ou uma reforma. Em cada projeto, que impermeabilizante devo usar?

O tipo de edificação pode interferir no tipo de impermeabilização selecionada, principalmente no que se refere ao uso e às características específicas da estrutura do imóvel. Uma laje de estacionamento de um shopping center, ou uma laje de um edifício residencial exigem impermeabilização com mantas asfálticas. No entanto, a laje do shopping exige uma manta asfáltica com maior espessura e maior quantidade de camadas. Exige uma proteção ainda maior, porque sua manutenção é mais difícil, exige a paralisação da rotina do estabelecimento, seu tráfego é mais intenso e qualquer problema acarreta em altos prejuízos. Entretanto, todas as áreas merecem ser tratadas com a mesma responsabilidade e com a mesma qualidade de produtos e sistemas impermeabilizantes, independente de sua importância ou magnitude.

Como posso identificar um impermeabilizante de boa qualidade?

Primeiro esteja seguro que o impermeabilizante escolhido atende os requisitos das normas técnicas da ABNT. Na dúvida, busque mais informações e referências de obras já realizadas. Não confie somente na aparência da embalagem ou no fabricante, tenha sempre referências de um especialista ou de quem já utilizou o produto.

O que devo observar na loja, quanto à

exposição do produto, embalagem, informações do vendedor e preço?

Os produtos devem ser acondicionados em embalagens práticas, que facilitem a estocagem, transporte e manuseio. Devem conter todas as informações referentes à finalidade do produto, composição química, forma de aplicação, incluindo preparo da superfície, consumos ou rendimento, e informações sobre segurança.

Em que situações o impermeabilizante é prioritário e deve ser usado, antes de concluir o acabamento?

O impermeabilizante sempre deverá ser aplicado, antes do acabamento final, em todas as áreas que necessitam de proteção, salvo quando o sistema impermeabilizante for projetado para ficar exposto, constituindo o acabamento final. Como por exemplo as mantas autoprotetidas (ardosiada e aluminizada), os revestimentos epóxis, os impermeabilizantes acrílicos etc.

O que pode acontecer, em minha construção, se eu não usar o impermeabilizante correto?

Num primeiro momento, as infiltrações e a umidade causarão um sério desconforto com goteiras, manchas na pintura etc. Na evolução do processo, as infiltrações se alastram e passam a danificar tudo o que estiver em seu caminho, como a pintura, argamassa, revestimentos, móveis, entre tantos outros elementos usados na decoração e construção do imóvel. Nos casos mais críticos, a falta da impermeabilização pode até comprometer a segurança e a estabilidade das edificações.

Quais os problemas mais comuns que um bom impermeabilizante é capaz de evitar?

Infiltrações, causadas pela atuação da água empossada em lajes; ou causadas pela água que cria pressão positiva, ou seja, aquela que permanece parada em tanques, reservatórios, caixas d'água, piscinas etc; umidade de solo que transmite esta umidade para muros, paredes e pisos em contato direto com a terra; e os problemas causados pela água sob pressão negativa, aquela que cria infiltrações e inundações, provocadas pela presença de lençol freático. Na construção, os prejuízos serão sempre os mesmos: danos nas paredes, manchas na pintura, mofo, bolor, umidade, prejuízos entre os materiais de acabamento e móveis destruídos.

Consultoria
Denver Impermeabilizantes
www.denverimper.com.br
SAC 0800-770-1604 ◆

Ponte sobre o Rio Turvo

José Eduardo V. Zúñiga e Rosana Cristina Tiba
Concremat Engenharia e Tecnologia S.A.

1. Preâmbulo

Em 1996, o DER/MG preocupado com o estado de deterioração que apresentava a Ponte sobre o Rio Turvo, localizada na Rodovia MG 050, solicitou vistoria para elaborar o diagnóstico relativo aos problemas de durabilidade

implantados na estrutura. Desde essa época, a Concremat vem desenvolvendo diversos trabalhos que iniciaram pelo diagnóstico dos problemas e recomendações para recuperação e, nos últimos anos, na elaboração de projetos de reforço para aumentar a capacidade portante da Ponte de modo a atender o TB 45 e, durante a execução, inclusive a fiscalização das obras. Neste artigo é apresentada de maneira sucinta esta história de sucesso que foi possível ser realizada pelo conhecimento técnico e criatividade da equipe, a disponibilidade de equipamentos para ensaios não destrutivos e laboratórios da Concremat.

Não podemos deixar de mencionar o corpo de engenheiros do DER/MG, que confiou que teríamos a competência para elaborar as soluções de engenharia necessárias.



Foto 1 – Vista geral da ponte sobre o Rio Turvo

de trincas verticais em pilares e também nas sapatas, concreto segregado nas juntas e cobrimento reduzido com exposição de armadura em vigas e pilares.

A revisão de documentos, produto de vistoria subaquática encomendada pelo DER, permitiu constatar

problemas também preocupantes já que, de forma sistemática, o concreto das juntas se apresentava segregado e não oferecia resistência ao impacto imposto por martelo leve.

O desenvolvimento dos estudos esteve orientado inicialmente para a análise da agressividade da água e, posteriormente, para o estudo da reatividade dos agregados. Esta mudança foi em função dos sintomas característicos observados – fissuras e trincas de grande abertura e distribuídas em forma de mapa – e reforçado pelos antecedentes em relação às reações expansivas existentes na Barragem da UHE de Furnas, construída na mesma época.

A necessidade de restituir a segurança estrutural da Ponte levou a elaborar projeto de reforço embasado pelo diagnóstico elaborado.

2. Introdução

A vistoria realizada pela Concremat permitiu caracterizar o estado de deterioração da estrutura através dos problemas típicos: desgaste das superfícies do concreto, existência

3. Investigações desenvolvidas

A Ponte do Rio Turvo, construída há mais de 30 anos, antes do enchimento do reservatório da represa de Furnas, possui comprimento de 290m e largura de 8,30m, tem seu corpo

central formado por uma estrutura modulada em torres altas, com altura máxima $h_{m\acute{a}x} = 37,30$ m, contraventadas nas duas direções com pilares de seção retangular de 60 x 60 cm nos módulos superiores e 60 x 75 cm no trecho de engastamento nos blocos rasos de fundação em concreto ciclópico, por sua vez, assentes em rocha fragmentada.

O tabuleiro, composto de três vigas de concreto armado convencional, vence o vão de 8 m no topo da torre. Os balanços de 2.5 m para cada lado das torres, suportam com dentes gerber o complemento do tabuleiro em grelha, compostos por três vigas protendidas de 20 m de vão, travadas pelas lajes e a transversina central.

Complementam este corpo central, os viadutos de acesso no sistema usual de duas vigas principais de concreto armado e vigas transversinas como suporte de uma laje central.

A inspeção visual realizada, abrangente às partes submersas da estrutura, utilizou os desenhos resultantes do cadastramento geométrico e visou caracterizar o quadro de anomalias que serviria para orientar as investigações posteriores. A diversidade e frequência de anomalias encontradas e o aspecto superficial do concreto levantaram dúvidas em relação à homogeneidade do material.



Foto 2 – Exemplo de exposição e corrosão de armaduras na face inferior da viga do tabuleiro

Uma ampla pesquisa utilizando-se ultra-som, inclusive nas regiões submersas, associando os valores a resistência mecânica obtida em corpos de provas extraídos, permitiu inferir por extrapolação que a resistência mecânica na estrutura era superior a $f_r = 170$ kg/cm² estabelecida no projeto, informação obtida em vestígios recuperados da memória de cálculo.

Cabe ressaltar que os valores a compressão axial foram obtidos em testemunhos retirados de regiões integras do concreto.

Parâmetros	Expressões	Procedência		
		Cota-18,0 (mg/l)	Cota-14,00 (mg/l)	Cota-9,00 (mg/l)
Alcalinidade de Bicarbonato	CaCO ₃	50,40	37,8	44,1
Alcalinidade Carbonato	CaCO ₃	0,0	0,0	0,0
Alcalinidade Hidróxido	CaCO ₃	0,0	0,0	0,0
Cloretos	Cl	5,96	5,96	4,36
Dureza Total	CaCO ₃	36	38	36
Dureza Cálcica	CaCO ₃	8	12	30
Dureza de Magnésio	CaMgO ₃	28	26	26
Oxigênio Consumido	O ₂	4,0	2,7	2,7
Óxido Cálcio	CaO	3,86	3,86	3,86
Óxido de Magnésio	MgO	2,17	3,19	8,4
Sólidos Dissolvidos	-	23,20	23,20	23,0
Sulfatos	SO ₄	2,26	2,47	1,65
Anidrido Carbônico Agressivo	CO ₂	0	0	0
pH	-	7,62	7,60	7,74

Tabela 2 – Síntese das características petrográficas dos agregados graúdos

Mineralogia	Principal Subordinada Reativa/Deletéria	Quartzo Mica (muscovita/sericita) Quartzo cisalhado, fino e com extinção ondulante
Estrutura		Anisótropa, orientada
Textura		Definida por grãos com contornos recortados, e contatos imbricados, fortemente alinhados, em função de um processo de úsalhamento
Granulação		fina a média
Alteração		Incipiente
Deformação do Agregado		muito deformado, com deformação visível através extinção ondulante do quartzo e estiramento dos minerais em decorrência de cisalhamento
Bordas de Reação		são esporadicamente observadas em torno dos agregados graúdos
Tipo de Rocha		Metamórfica
Classificação Petrográfica		Quartzito micáceo a quartzo xisto cataclástico
Reatividade Potencial		Agregado reativo

A análise visual dos testemunhos extraídos possibilitou tirar informações preliminares que, posteriormente, seriam confirmadas, como segue:

- ◆ a rugosidade observada na superfície não ultrapassa 5 mm;
- ◆ o corpo de prova extraído em fissura mostrou que a profundidade foi de proximadamente de 5 cm;
- ◆ formação de material branco nas bordas em torno dos agregados, sugestivo de reação álcali-agregado;
- ◆ as amostras de concreto retiradas em geral se mostraram sem vazios, o que mostra um adensamento adequado, com distribuição regular dos agregados graúdos em meio da massa, o que é indicativo da boa homogeneização da mistura.

A – AÇÃO AGRESSIVA DAS ÁGUAS DE CONTATO

O mapeamento de anomalias deixou em evidência os vícios executivos existentes, que contribuíram de forma direta para acelerar a deterioração das regiões segregadas do concreto.

A necessidade de verificar a influência exercida nesse sentido pela agressividade da

água levou a analisar os compostos químicos contidos. Amostras de água coletada a diferentes profundidades analisadas, segundo o método da CETESB L007, que trata da agressividade da água de contato em concretos e argamassas, indicaram que o teor de sólidos dissolvidos e a dureza em CaCO_3 , obtidos foram inferiores aos limites mínimos estabelecidos de 50 mg/l e 35 mg/l, respectivamente (ver tabela 1), classificando a água de contato como agressiva. Esta característica da água influenciou a deterioração da estrutura por lixiviação do concreto, não sendo este o principal motivo como veremos adiante. A falta de compacidade do concreto nas juntas também favoreceu a progressão da desagregação por dissolução.

B. AVALIAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE REAÇÃO ALCALI-AGREGADO

A formação de fissuras em algumas peças estruturais, especificamente as sapatas, e as feições de reação verificadas visualmente nos testemunhos extraídos, foram indícios fortes da existência de reações expansivas no concreto. Em vista disso, as investigações foram orientadas para confirmar através de Análise Petrográfica os indícios de reatividade potencial dos agregados.

Os resultados apresentados na tabela 2 classificaram o agregado como reativo, originários de quartzito micáceo a quartzito cataclástico.

Em relação ao agregado miúdo, de origem mineralógica também de quartzito, não apresentou características de reatividade (tabela 3).

Como ensaio complementar foi realizada a avaliação da durabilidade do concreto com ênfases na reação álcali-agregado, seguindo as prescrições da ASTM C 856/83 – Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete. O exame das amostras foi macroscópico e microscópico, com auxílio de microscópio estereoscópico e óptico de luz transmitida.

As observações ratificaram a existência de fissuras e microfissuras preenchidas com “material branco”, gel característico da reação.

C. A AVALIAÇÃO DA REATIVIDADE REMANESCENTE

Para elaborar o projeto de recuperação que iria restituir a estabilidade da estrutura, era fundamental determinar o efeito remanescente da reatividade nos agregados para, desta forma, conseguir extrapolar os resultados obtidos em laboratório para o comportamento futuro da estrutura e, assim, dimensionar o reforço.

Desta maneira, foi utilizado o método experimental recomendado na norma da ASTM C 1260, sendo reproduzida a argamassa necessária para a confecção de provetas prismáticas, com pedrisco e areia obtida da britagem de agregados retirados do concreto e cimento CII E-32. Após o endurecimento inicial, as provetas foram depositadas em

solução de hidróxido de sódio a 80°C durante 16 dias. As medições diárias da expansão foram pouco significativas (< que 0,10%), o que pressupõe que as reações já consumiram a quantidade de reagente disponível.

Na época, o acompanhamento da expansibilidade realizado por Furnas na barragem da UHE com o mesmo nome mostrava “taxas de expansão do concreto em decréscimo contínuo”.

3. Projeto de recuperação

As especificações e o projeto de recuperação recomendado partiu do princípio que a reação álcali-agregado para se processar necessita:

- ◆ de água;
- ◆ espaço físico originado por vazios, descontinuidades, juntas de concretagens, fissuras, etc.;
- ◆ locais onde não existe tensão confinante.

Isto último foi verificado em blocos de fundação executados com concreto ciclópico não armado.

Desta maneira, o projeto de reforço esteve orientado para:

- ◆ Reforço dos blocos de fundação e pilares que apresentam trincas provocadas pela R.A.A., para aumentar a tensão confinante;
- ◆ Demolição parcial e recomposição dos pilares, vigas principais e de travamento – estrutura emersa e submersa;
- ◆ Injeção nas fissuras das lajes, pilares e das vigas principais e de travamento;
- ◆ Execução de proteção dos pilares e vigas de travamento na região de variação do nível d’água. ◆

Tabela 3 – Síntese das características microscópicas do agregado miúdo

Grau de Arredondamento	Ângulo a subarredondamento
Impregnações	Não observadas
Minerologia	Principal Subordinada
	Quartzo –
Tipo / Origem	Provavelmente areia de rio
Deformação	Deformado, com extinção ondulante
Alteração	Não alterado
Bordas de Reação	Não observadas



**SE VOCÊ ANUNCIA EM VEÍCULOS
NÃO-FILIADOS AO IVC É ASSIM:
VOCÊ NUNCA SABE EXATAMENTE
PELO QUE ESTÁ PAGANDO.**

O IVC é o responsável pela auditoria de circulação nos principais jornais e revistas do país. É ele quem oferece informações de circulação confiáveis para seu planejamento de mídia. Não corra o risco de ter seu anúncio publicado em menos exemplares do que foi comprado. Anuncie em veículos filiados ao IVC.



INSTITUTO VERIFICADOR DE CIRCULAÇÃO
www.ivc.org.br | Tel.: (21) 2263-7791

Argamassas com incorporação de agregados reciclados cerâmicos – avaliação do seu desempenho mecânico

J. Silva, J. de Brito
Instituto Superior Técnico, Lisboa – Portugal

Maria do Rosário Veiga
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa – Portugal

Resumo

A aplicação de materiais reciclados é uma aposta a implementar com alguma urgência no quotidiano da construção. O material aqui apresentado como reciclável é o resíduo de tijolo da indústria cerâmica e da indústria da construção, para aplicação em argamassas de reboco. O desempenho a nível mecânico de argamassas de reboco incorporando resíduo de tijolo como agregado foi testado experimentalmente e é analisado em pormenor no presente artigo.

Palavras-chave: Construção Sustentável; reciclagem; argamassas; resíduos cerâmicos; desempenho mecânico.

Abstract

The application of recycled materials is an urgent measure to be applied in day-to-day construction procedures. The material presented in this paper as recyclable is brick waste from the ceramics and construction industries in order to be applied in mortars production. The mechanical performance of rendering mortars incorporating brick waste as aggregate has been experimentally tested and is analyzed in detail in the present paper.

Keywords: Sustainable construction; recycling; mortars; ceramic waste; mechanical performance

1. Introdução

A reciclagem e reutilização dos RCD (Figura 1) são consideradas como uma alternativa positiva à redução da actual política de deposição em aterro, contribuindo para a melhoria das condições do meio ambiente, para a diminuição da exploração de recursos naturais e energéticos e para a redução dos custos da construção. A avaliação da utilização de RCD no sector da construção tem sido estimulada em várias partes do mundo e muitos estudos têm sido desenvolvidos no sentido de ampliar o conhecimento sobre o comportamento destes resíduos para a produção de novos materiais (Leite, 2001).

Tendo em conta os elevados teores de materiais cerâmicos existentes na indústria da

Figura 1 – Reciclagem de RCD após trituração



Figura 2 – Trituração de resíduos cerâmicos, de modo a reduzir a sua granulometria



construção e na indústria cerâmica, resolveu-se estudar de que forma estes materiais contribuem para o desempenho de novos produtos com eles produzidos e, em particular, a influência da sua incorporação em argamassas.

O entulho resultante da execução da alvenaria ou de argamassa na fase de revestimentos contém um teor variável de material cerâmico. Porém, deve observar-se que, até ao momento, não estão quantificados os limites para os quais essa variação deve ser tida em consideração, tanto em termos de variação mineralógica quanto granulométrica, para o seu emprego em argamassas da construção.

Há também o problema da contaminação do entulho que pode inviabilizar a sua reci-

clagem mas pode ser evitado através de técnicas racionais de construção e demolição.

As vantagens da reciclagem do entulho como agregado na confecção de argamassas, no contexto do controlo tecnológico da sua produção, são:

- ◆ utilização do resíduo no próprio local;
- ◆ economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais pelo entulho;
- ◆ diminuição da poluição originada pelo entulho;
- ◆ preservação das reservas naturais de matéria-prima.

Após processado por equipamento de trituração (caso não tenha já uma granulometria adequada às necessidades – Figura 2), o entulho pode ser utilizado como agregado em argamassas de assentamento ou de revestimento.

Para uma melhor compreensão do real efeito da adição de resíduos de barro vermelho adicionados em argamassas, procedeu-se a uma análise experimental da variabilidade das características mecânicas de argamassas com distintas quantidades e granulometrias de desperdícios de barro vermelho.

2. Argamassas ensaiadas

Neste trabalho, a análise experimental nas argamassas foi dividida em 3 etapas, que

Quadro 1 – Resumo das argamassas utilizadas na primeira fase

1ª fase	Nomenclatura	Tipo de substituição	% de substituição	Traço
Etapa I	I (0)	só finos	0	1:4
	I (5)	só finos	5	1:4
	I (10)	só finos	10	1:4
Etapa II	II (1:4)	só finos	0	1:4
	II (1:5)	só finos	10	1:5
	II (1:6)	só finos	10	1:6
Etapa III	III (0)	curva granulométrica total	0	1:4
	III (20)	curva granulométrica total	20	1:4
	III (50)	curva granulométrica total	50	1:4
	III (100)	curva granulométrica total	100	1:4
Etapa I		Etapa II		Etapa III
<ul style="list-style-type: none"> • 0% de substituição – traço 1:4 – I (0)¹; • 5% de substituição – traço 1:4 – I (5); • 10% de substituição – traço 1:4 – I (10). 		<ul style="list-style-type: none"> • 0% de substituição – traço 1:4 – II (1:4)¹; • 10% de substituição – traço 1:5 – II (1:5); • 10% de substituição – traço 1:6 – II (1:6). 		<ul style="list-style-type: none"> • 0% de substituição – traço 1:4 – III (0)¹; • 20% de substituição – traço 1:4 – III (20); • 50% de substituição – traço 1:4 – III (50); • 100% de substituição – traço 1:4 – III(100).

corresponderam, respectivamente, a 3 vectores de investigação diferentes:

- ◆ etapa I – incorporação de finos – efeito de filler (argamassa mais compacta), através do preenchimento dos vazios existentes na argamassa convencional por falta de finos;
- ◆ etapa II – redução do teor de cimento – efeito pozolânico dos finos cerâmicos, possibilitando diminuição do teor do ligante (cimento);
- ◆ etapa III – integração de resíduos de construção e demolição (RCD) – reciclagem como prioridade, desde que se mantenham características aceitáveis na argamassa com adição de agregados reciclados cerâmicos.

Paralelamente, fizeram-se também ensaios sobre uma argamassa considerada de referência para qualquer uma das etapas, que consistiu numa argamassa corrente, ao traço 1:4 (cimento: areia), sem qualquer adição.

A denominação desta argamassa de referência é variável em função da fase/etapa da campanha experimental, o que facilita a comparação directa com a argamassa de referência das propriedades de cada argamassa de cada fase/etapa, apenas pela referência à sua nomenclatura (Quadro 1).

Figura 3 – Ensaio de flexão



Figura 4 – Ensaio de compressão



3. Resistência à flexão e à compressão

Este ensaio (Figuras 3 e 4) seguiu a norma EN 1015-11 (1999). Para cada tipo de argamassa, usou-se uma amostra de 3 provetes (prismas) previamente submetidos a uma cura de 28 dias. Testaram-se todas as argamassas referidas.

3.1 RESULTADOS OBTIDOS

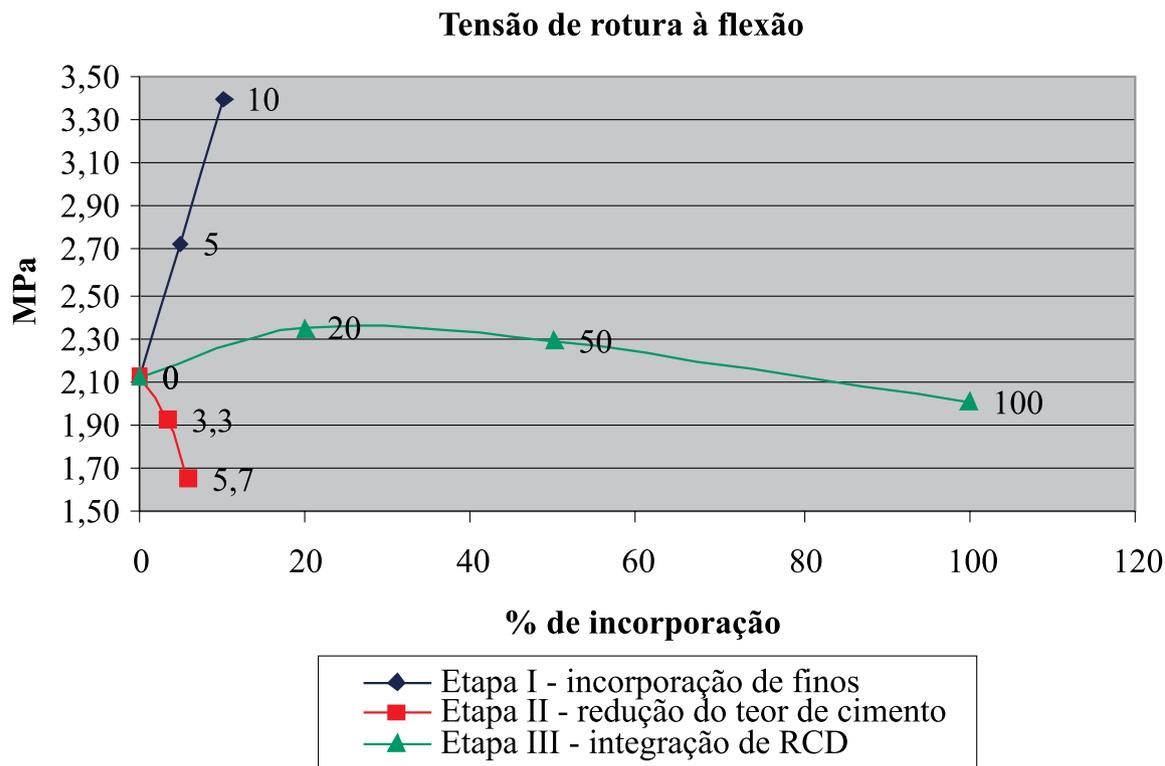
Os resultados das três etapas são apresentados nas Figuras 5 e 6, respectivamente para a flexão e a compressão.

a) Etapa I

A adição de finos origina argamassas com resistências à flexão e à compressão bastante superiores, com uma relação de crescimento quase linear com a taxa de incorporação dos finos.

Estes resultados podem ser justificados, segundo Angelim et al (2003), pelas menores relações água / cimento (face à argamassa de referência), pela alta compactidade das argamassas endurecidas (efeito de filler) e pela possível integração dos finos de tijolo à pasta de cimento hidratada por ligações químicas (efeito pozolânico).

Figura 5 – Resultados do ensaio de resistência à flexão para as diferentes percentagens de incorporação estudadas e respectivas interpolações



Assim, estes resultados significam um melhor comportamento das argamassas com adições de finos (5 e 10% do total), tanto à tracção por flexão como à compressão.

b) Etapa II

Por seu lado, observando os resultados da etapa II, verifica-se que, na generalidade, as resistências diminuem pela redução do traço, ainda que sejam adicionados finos. Este facto está de acordo com o estudo efectuado por Gonçalves et al (2003), no qual se demonstrou que a substituição de cimento portland por resíduo cerâmico moído resultou na diminuição da resistência para todos os teores estudados. Segundo os autores, esta redução está relacionada, essencialmente, com o facto de o resíduo cerâmico não ter muita reactividade pozolânica, tal como acontece com o pó de tijolo em causa, como demonstrado num teste de pozolanicidade.

Existe, no entanto, uma excepção nestes resultados: a argamassa com traço 1:5 tem ligeiramente mais resistência à compressão do que a argamassa de referência, sem qualquer adição. Tal pode ser explicado, segundo Gonçalves et al (2003), pela influência dos finos de tijolo no

aumento da compacidade da argamassa, já que a adição de pó de tijolo é maior do que a quantidade de cimento reduzida, pelo que a argamassa II(1:5) apresenta mais finos do que a II(1:4).

c) Etapa III

Por fim, em relação à etapa III, verifica-se que as resistências à flexão e compressão crescem com a substituição da areia por resíduos de tijolo até cerca de 20 e 40% de substituição, respectivamente. Para valores superiores, ambas as resistências decrescem.

Este último decréscimo está de acordo com Dillman (1998), que refere que estas adições de reciclados podem influenciar negativamente a resistência, nomeadamente à compressão.

Em contrapartida, o acréscimo inicial pode dever-se à combinação do (ainda que reduzido) efeito pozolânico destes finos cerâmicos com o próprio efeito de filler, ainda que a quantidade de muito finos cerâmicos introduzidos seja apenas muito ligeiramente superior à existente na areia substituída.

Outra possibilidade é a pozolanicidade poder dar-se também para partículas menos finas, se

o material tiver essa capacidade reactiva. A maior finura por si só e a consequente maior superfície específica aumentam o potencial reactivo.

Assim, para o mesmo material, a reactividade pozolânica aumenta com a maior finura. Para materiais diferentes, essa relação já não é válida, ou seja, há materiais mais "grossos" com maior reactividade pozolânica do que outros até aparentemente semelhantes (mas não iguais) mais finos. Existe, deste modo, uma hipotética reacção de pozolanicidade por parte dos agregados não denominados, neste trabalho, como finos, isto é, para agregados cerâmicos com granulometria superior a 0,150 mm. Argamassas romanas, por exemplo, tinham agregados bastante grossos com reacções pozolânicas.

Por outro lado, é possível que haja ainda outras ligações químicas (além da pozolanicidade) e físicas (adsorção, forma, rugosidade, etc.) entre os materiais a contribuir para este melhoramento das resistências.

No caso da resistência à flexão, por exemplo, algum efeito de pregagem da pasta de cimento nos agregados (devido à sua maior porosidade e angulosidade) é uma justificação plausível. No entanto, esta hipótese não explica o melhor comportamento à compressão.

Conclui-se que apenas a argamassa III(100) apresenta valores de resistência menos aceitáveis, uma vez que são inferiores aos apresentados pela argamassa de referência, sem qualquer substituição, (III(0)).

3.2 COMPARAÇÃO COM RESULTADOS OBTIDOS POR OUTROS AUTORES

a) Etapa I

Face aos resultados apresentados na Figura 7, verifica-se que os finos adicionados na presente campanha permitiram obter muito melhores resultados na resistência à flexão do que qualquer um dos tipos de finos adicionados por Angelim et al (2003).

De entre os resultados apresentados por este autor, apenas os finos de calcário induzem alguma melhoria nas argamassas face às argamassas convencionais (sem adições de finos). Por outro lado, mesmo em relação à adição de pó de calcário, os resultados agora obtidos, com introdução de finos cerâmicos de barro vermelho (cerâmico), apresentaram incrementos bastante mais significativos na resistência à tracção (por flexão) das argamassas.

Em relação à resistência à compressão (Figura 8), também os resultados da adição de

Figura 6 – Resultados do ensaio de resistência à compressão para as diferentes percentagens de incorporação estudadas e respectivas interpolações

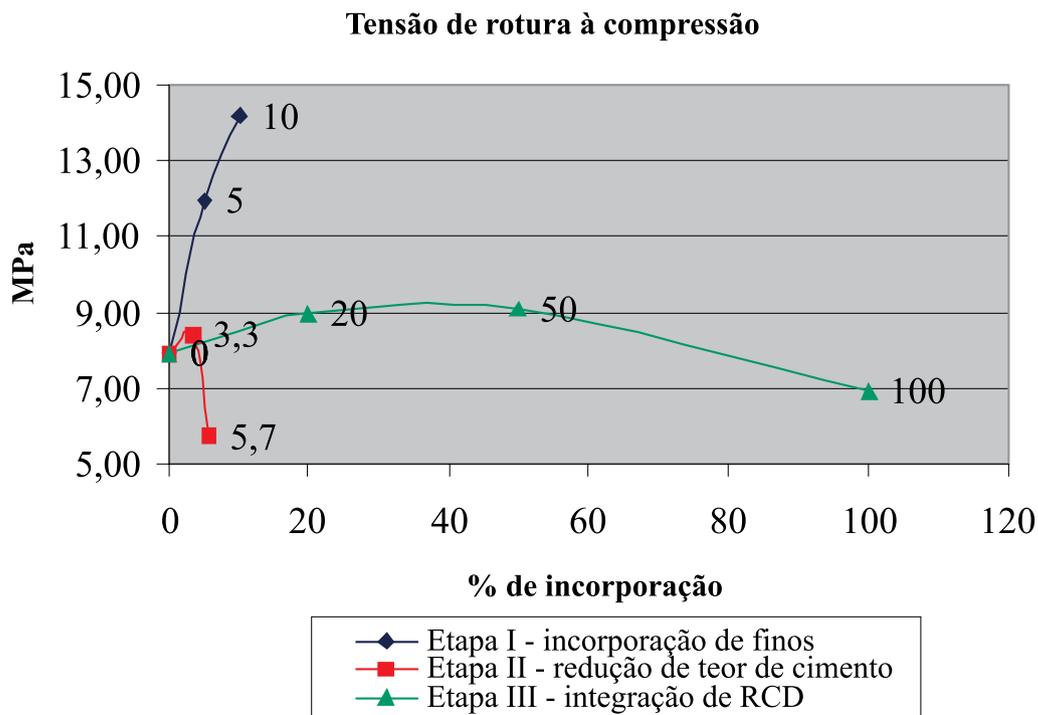
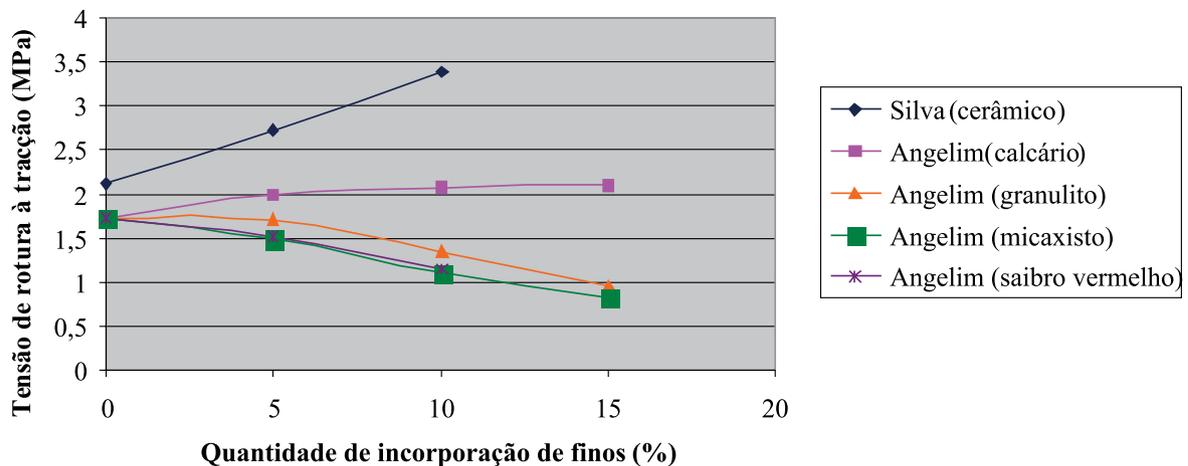


Figura 7 – Resultados interpolados da resistência à flexão aos 28 dias, para cada tipo de pó adicionado, confrontando-se os resultados obtidos [Silva (cerâmico)] com o estudo de Angelim et al, 2003 [calcário, granulite, micaxisto e saibro vermelho]



pó cerâmico de barro vermelho se apresentam claramente mais favoráveis às argamassas do que aqueles apresentados por Angelim et al (2003), onde são adicionados outros tipos de finos.

No entanto, ao contrário do que acontece com os resultados do ensaio à flexão, todas as argamassas apresentam incrementos na resistência à compressão para a incorporação de 5% de finos (face à argamassa convencional). A melhoria de 5 para 10% de incorporação

apenas se verifica para a adição de cerâmicos de barro vermelho, na presente campanha.

Assim, conclui-se que, de entre todos os finos analisados, o pó de tijolo de barro vermelho é notoriamente o que proporciona às argamassas melhores desempenhos de resistências à flexão e compressão.

Estes resultados comparativos parecem reforçar a hipótese de algum efeito pozolânico do pó de tijolo (que não se verifica para os

Figura 8 – Resultados interpolados da resistência à compressão aos 28 dias, para cada tipo de pó adicionado, confrontando-se os resultados obtidos [Silva (cerâmico)] com o estudo de Angelim et al, 2003 [calcário, granulite, micaxisto e saibro vermelho]

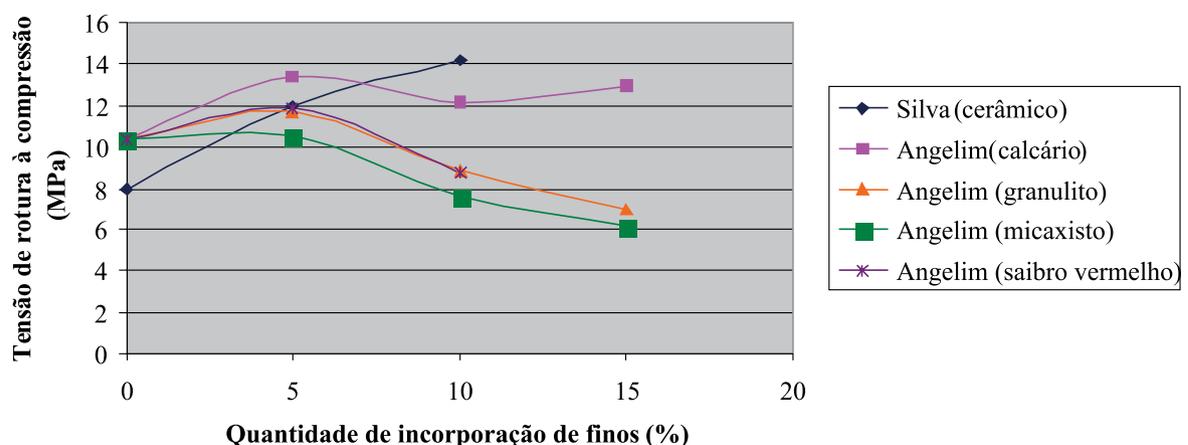
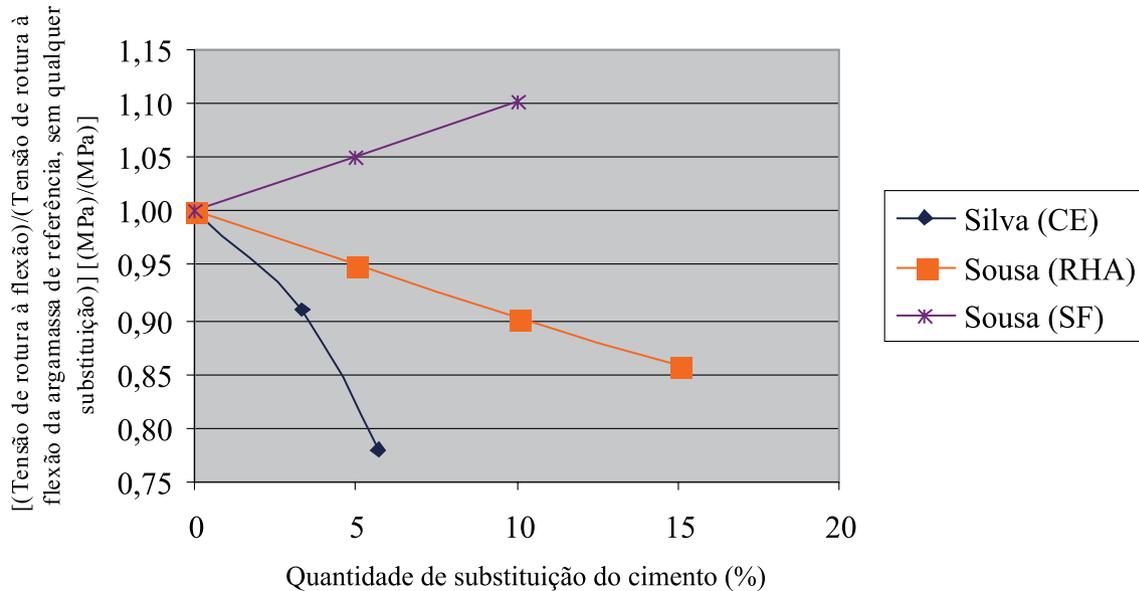


Figura 9 – Resultados interpolados da tensão de rotura à flexão dos provetes de argamassa, aos 28 dias, para cada tipo de finos adicionados (divididos pela tensão de rotura à flexão da respectiva argamassa de referência), confrontando-se os resultados obtidos (Silva (CE)) com o estudo de Sousa et al (2004) (cinza de casca de arroz (RHA) e sílica de fumo (SF))



restantes tipos de finos estudados pelos outros autores analisados).

Em relação ao estudo experimental levado a cabo por Almeida (2004), dele resultou um acréscimo de resistência com um máximo aos 5% de incorporação de finos.

b) Etapa II

No estudo levado a cabo por Sousa et al (2004), foram determinadas as tensões de rotura à flexão e à compressão, pelo que são também aqui comparadas com os resultados obtidos na presente campanha. Os resultados apresentados são adimensionais, uma vez que os valores são todos divididos pelos correspondentes na respectiva argamassa de referência. Na presente análise, os resultados são apresentados como percentagem de substituição e não como traço.

Na Figura 9, verifica-se que a substituição de cimento por pó de tijolo é a que diminui mais acentuadamente a tensão de rotura à flexão. Pelo contrário, no caso da substituição de cimento por sílica de fumo, a tensão de rotura da argamassa aumenta.

Em relação à tensão de rotura à compressão, observando a Figura 10, onde se apresentam também os resultados de Gonçalves et al (2003), verifica-se que apenas a sílica de fumo

aumenta claramente a resistência da argamassa quando substitui o cimento. Em relação aos outros dois materiais (pó de tijolo e cinza de casca de arroz), parecem provocar um pequeno aumento da resistência de rotura das argamassas até certo ponto (excepto no estudo de Gonçalves et al (2003), onde a resistência diminui sempre, à medida que se substitui o cimento por pó de tijolo), mas acabam por diminuir a resistência face à argamassa de referência, a partir de determinados valores de substituição (3,5 e 10%, respectivamente para pó de tijolo e cinza de casca de arroz).

Deste modo, pressupõe-se que, como seria de esperar, apenas materiais com reactividades pozolânicas bastante elevadas (como é o caso da sílica de fumo) induzem valores mais elevados de resistência nas argamassas quando substituem o cimento nas mesmas.

c) Etapa III

Evangelista e Brito (2005), quando substituíram a areia por agregados finos reciclados de betão para fazer betão, obtiveram resultados semelhantes aos agora obtidos, ou seja, uma evolução positiva para taxas de substituição baixas e, depois, uma evolução negativa. Uma possível explicação para isso é, segundo estes autores, a hidratação de cimento dos finos

de betão reciclados, anteriormente (aquando da sua utilização para o betão inicial) não hidratado, não aplicável ao caso presente.

Adimensionalmente (através da divisão de cada valor pelo respectivo valor de referência – da argamassa/betão convencional), compararam-se os resultados agora obtidos com os de Evangelista e Brito (2005) e com os de Rosa (2002).

Na Figura 11, Silva e Rosa obtiveram uma tendência decrescente na resistência à tracção por flexão, a partir de determinado valor de substituição de agregados (30 e 0%, respectivamente). Por outro lado, Evangelista obteve valores de resistência bastante aproximados uns dos outros, tanto para valores reduzidos como para valores elevados de substituição de agregados.

Em relação à resistência à compressão (Figura 12), os resultados mantêm, em geral, uma resistência relativamente similar para todos os diferentes valores de substituição, incluindo o betão / argamassa convencional (0% de substituição); existe, no entanto, uma excepção: os resultados de Rosa (2002), que apresentam uma tendência de diminuição bastante significativa em relação à resistência à compressão dos betões à medida que se

substituem os agregados convencionais por agregados cerâmicos.

4. Aderência ao suporte

Este ensaio (Figura 13) seguiu a norma EN 1015-12 (2000). Para cada tipo de argamassa, usou-se 3 provetes, cada um consistindo na aplicação de argamassa numa face de um tijolo, submetida a uma cura de 28 dias. Neste ensaio, foram apenas ensaiadas as argamassas I(10), II(1:6), III(50) e a de referência.

4.1 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados são apresentados no Quadro 2.

a) Etapa I

Em relação à etapa I, apesar de Amorim e Ferreira (2003) verificarem que a resistência de aderência decresce com a introdução de finos, também esta é uma propriedade francamente melhorada nesta fase experimental pela introdução dos finos. De facto, a introdução de 10% de finos de tijolo como substitutos da areia

Figura 10 – Resultados interpolados da tensão de rotura à compressão dos provetes de argamassa, aos 28 dias, para cada tipo de finos adicionados (divididos pela tensão de rotura à compressão da respectiva argamassa de referência), confrontando-se os resultados obtidos (Silva (CE)) com o estudo de Sousa et al (2004) (cinza de casca de arroz (RHA) e sílica de fumo (SF)) e o de Gonçalves et al (2003) (resíduo cerâmico em pó (CE))

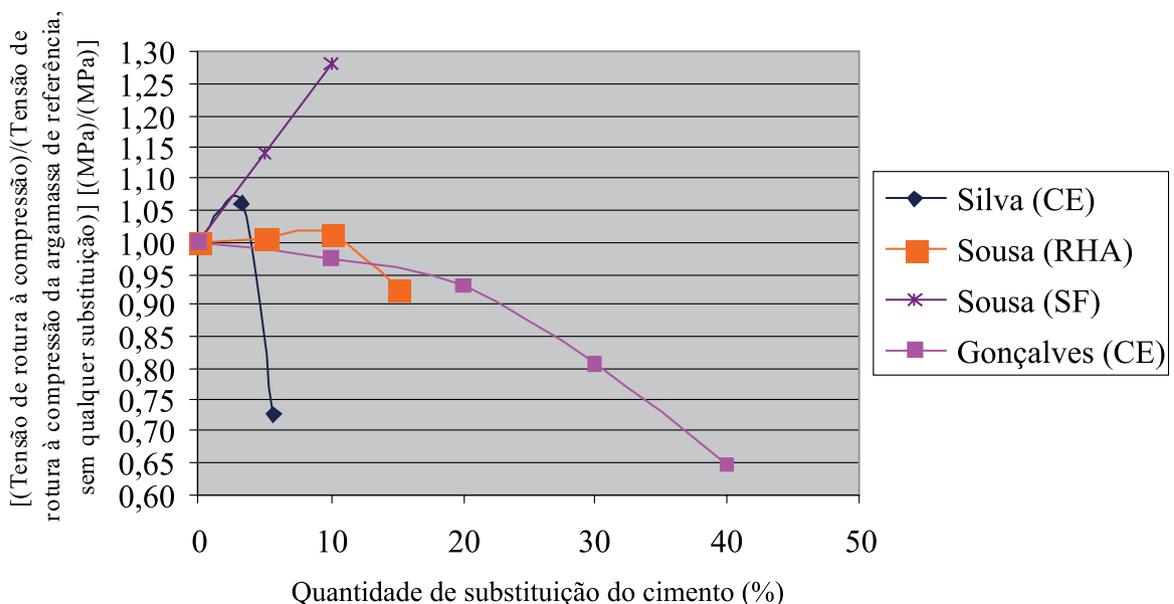
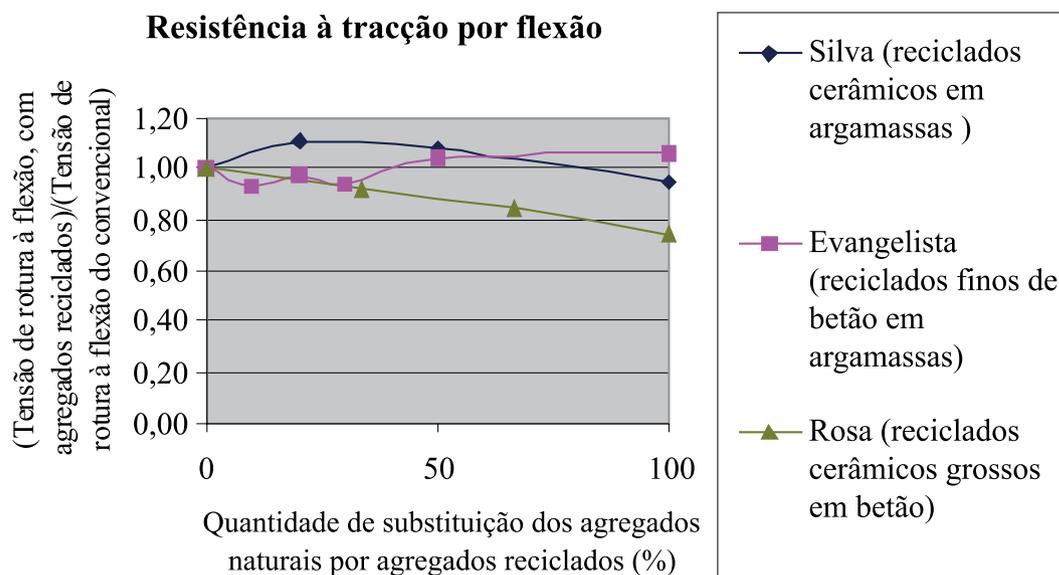


Figura 11 – Comparação dos resultados obtidos para a tensão de rotura à flexão, aos 28 dias (divididos pela tensão de rotura da respectiva argamassa / betão de referência) com os de Evangelista e Brito (2005) e de Rosa (2002)



melhora a resistência de aderência (em cerca de 30%) da argamassa face à de referência.

b) Etapa II

Quanto à etapa II, também os resulta-

dos de resistência de aderência ao suporte são incrementados na argamassa II(1:6) em relação à de referência (II(1:4)). Inversamente ao que acontece em Silva et al (1999), as resistências de aderência maiores (melhor desempenho) são

Figura 12 – Comparação dos resultados obtidos para a tensão de rotura à compressão, aos 28 dias (dividida pela tensão de rotura à compressão da respectiva argamassa / betão de referência) com os de Evangelista e Brito (2005) e de Rosa (2002)

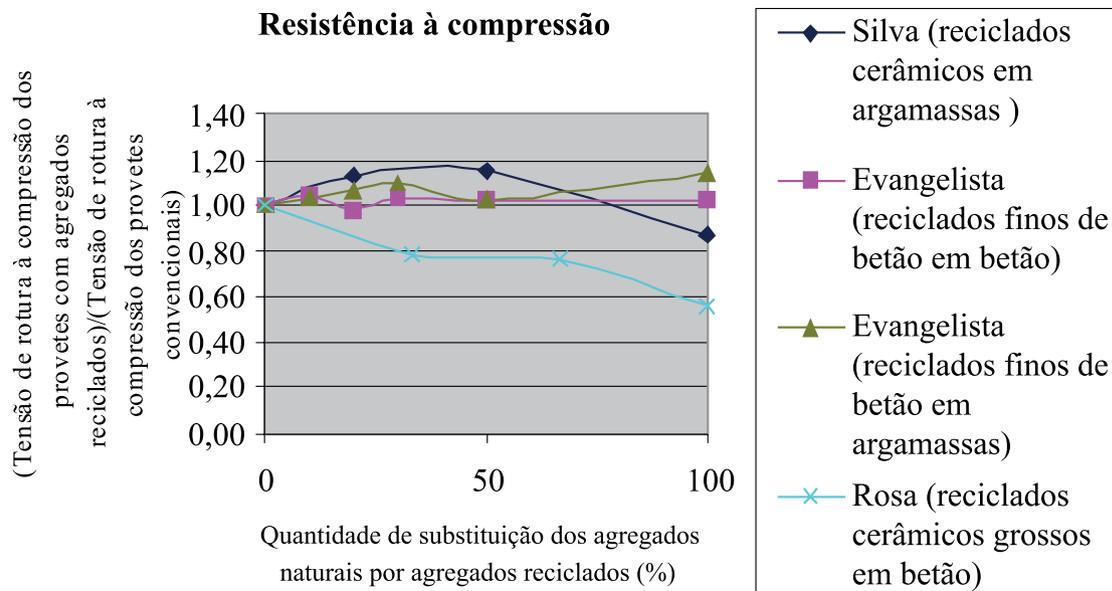


Figura 13 – Execução do ensaio de aderência



as da argamassa com adição de finos e redução do teor de cimento, ainda que a diferença não seja muito significativa (cerca de 11%).

Conclui-se, então, que a redução de cimento em causa não é suficiente para anular o efeito positivo de aderência ao suporte proporcionado pela quantidade e qualidade da adição de pó de tijolo aqui estudada.

c) Etapa III

Também em relação a esta característica se obtêm melhores desempenhos da argamassa com substituição da areia por resíduos de tijolo até a um valor limite. Tal pode ser justificado da mesma forma que os aumentos das outras resistências (flexão e compressão), isto é, devido à combinação do (ainda que reduzido) efeito pozolânico destes finos cerâmicos com o próprio efeito de fíler, se bem que a quantidade de muito finos de cerâmico introduzidos seja apenas muito ligeiramente superior à existente na areia substituída.

Além disso, o efeito de pregagem, que ainda mais sentido faz neste caso face à resistência à flexão, é uma justificação bastante plausível, preenchendo, deste modo, alguns poros que antes seriam propícios a ser ocupados por água.

Quadro 2 – Resultados do ensaio de aderência ao suporte segundo a EN 1015-12 (2000)

Argamassa	I (0) / II (1:4) / III (0)	I (10)	II (1:6)	III (50)
Aderência (MPa)	0,34	0,43	0,38	0,40

Figura 14 – Execução do ensaio do módulo de elasticidade



5. Módulo de elasticidade

Este ensaio (Figura 14) seguiu a norma francesa NF B10-511F (1975). Para cada tipo de argamassa, usaram-se 3 provetes prismáticos, previamente submetidos a um processo de cura, tendo os ensaios sido realizados aos 2 meses de idade.

Foram apenas testadas as argamassas I(10), II(1:6), III(50) e a de referência.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados são apresentados no Quadro 3.

a) Etapa I

Verifica-se um ligeiro decréscimo do valor do módulo de elasticidade de I(0) para I(10). Tal pode dever-se à não existência de muita diferença entre eles, já que a incorporação se resume apenas a 10% do peso total de agregado, embora se verifique uma tendência para a redução do módulo de elasticidade com a incorporação de finos cerâmicos de barro vermelho.

Quadro 3 – Resultados do ensaio de módulo de elasticidade segundo a NF B10-511F (1975), aos 2 meses de idade

Argamassa	I (0) / II (1:4) / III (0)	I (10)	II (1:6)	III (50)
Módulo de elasticidade (GPa)	14,6	12,2	11,9	8,7

b) Etapa II

Verifica-se que existe uma diminuição do módulo de elasticidade de II(1:4) para II(1:6) em cerca de 18%.

Esta característica está directamente relacionada com a propensão da argamassa para fissurar, uma vez que um módulo de elasticidade mais baixo permite deformações superiores com menores tensões internas, ou seja, com menor risco sem problemas de rotura.

Assim, um módulo de elasticidade menos elevado é positivo para a argamassa, pelo que também nesta característica se conclui um melhoramento de performance da argamassa com redução do teor de cimento e incorporação de pó de tijolo face à argamassa de referência (II(1:4)).

c) Etapa III

Os valores do módulo de elasticidade obtidos são substancialmente inferiores para a argamassa na qual é parcialmente substituída a areia por resíduos de tijolo. A argamassa III(50) apresenta uma diminuição de cerca de 40% em relação à argamassa de referência, a III(0).

Estes resultados coincidem com a conclusão obtida por Mellman (1999), que refere que o módulo de elasticidade tende a ser inferior com a inclusão de agregados reciclados, comparativamente aos naturais.

Esta referência acrescenta ainda que é mais notável a diferença se os agregados reciclados forem derivados de alvenaria, em que a argamassa que os incorpora apresenta módulo de elasticidade 10 a 30% inferior.

5.2 COMPARAÇÃO COM RESULTADOS OBTIDOS POR OUTROS AUTORES

a) Etapa III

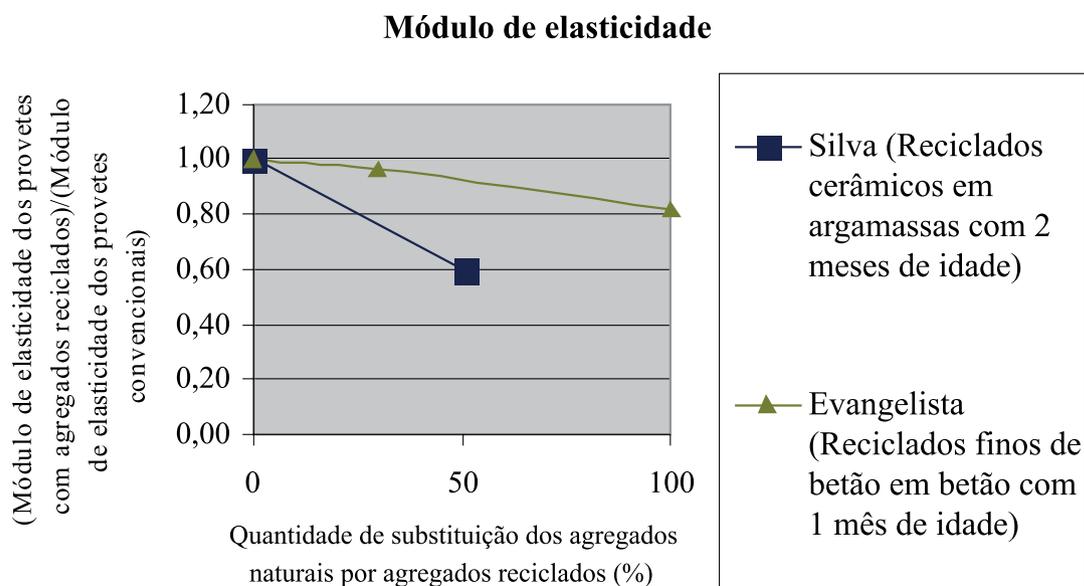
Adimensionalmente (através da divisão de cada valor pelo respectivo valor de referência – da argamassa/betão convencional) compararam-se os resultados obtidos (Silva) com os de Evangelista e Brito (2005).

Na Figura 15, verifica-se que, para todos os estudos aqui apresentados, existe uma clara tendência para uma diminuição (de uma forma proporcional) do módulo de elasticidade à medida que se substituem os agregados convencionais por reciclados, mais acentuada nos agregados cerâmicos do que nos de betão em face da menor rigidez dos primeiros.

6. Considerações finais

O presente artigo procura determinar as características mecânicas de argamassas com

Figura 15 – Comparação dos resultados obtidos para o módulo de elasticidade (dividido pelo módulo de elasticidade da respectiva argamassa / betão de referência) com os de Evangelista e Brito (2005)



incorporação de resíduos de barro vermelho, com 3 vertentes distintas.

Quanto à incorporação de finos cerâmicos reciclados, verificou-se que o barro vermelho confere às argamassas cimentícias excelentes propriedades, com melhoramento das resistências mecânicas aqui analisadas, e uma diminuição ligeira do módulo de elasticidade, ambos factores positivos.

Para a incorporação de finos reciclados com simultânea redução do cimento, as resistências de tracção por flexão, compressão e aderência parecem ter sido afectadas negativamente aquando da redução do teor de cimento, apresentando, no entanto, valores aceitáveis para argamassas de reboco.

Por fim, em relação à vertente reciclagem, que consiste na substituição da areia por resíduos com uma curva granulométrica idêntica, obteve-se também resultados bastante satisfatórios face às expectativas. Apenas a argamassa com substituição total da areia por resíduos cerâmicos (I(100)) apresentou performances pouco aceitáveis para uma argamassa de revestimento, piorando a maior parte das características analisadas face à argamassa convencional. Por outro lado, tanto a substituição de 20 como a de 50% da areia resultaram em argamassas com desempenhos bastante bons, nomeadamente melhores do que os da argamassa convencional (de referência).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] Almeida, Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de, "Reutilização de lamas de tratamento de rochas ornamentais em betões", Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004.
- [02] Amorim, L. V.; Lira, H. L.; Ferreira, H. C.; "Use of residential construction waste and residues from red ceramic industry in alternative mortars", Journal of Environmental Engineering, ASCE, October 2003.
- [03] Angelim, Renato R.; Angelim, Susane C. M.; Carasek, Helena; "Influência da adição de finos calcários, siliciosos e argilosos nas propriedades das argamassas e dos revestimentos", V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA), Junho de 2003.
- [04] Dillman, R.; "Concrete with recycled aggregate", International symposium: "Use of recycled concrete aggregate", Concrete Technology Unit, University of Dundee, Scotland, November 1998, Thomas Telford Books, 1998.
- [05] EN 1015-11, European Standard, "Methods of test for mortar for masonry - Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar", English European Committee for Standardization (CEN), August 1999.
- [06] EN 1015-12, European Standard, "Methods of test for mortar for masonry - Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates", European Committee for Standardization (CEN), February 2000.
- [07] Evangelista, Luís; Brito, Jorge de; "Betão com agregados finos reciclados de betão", Relatório ICIST-DTC nº 5/05, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2005.
- [08] Gonçalves, Jardel P.; Lima, Paulo R. L.; Toledo Filho, Romildo D.; Fairbairn, Eduardo M. R.; "Penetração de água em argamassas de argila calcinada - cimento portland", V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA), Junho de 2003.
- [09] Leite, Mônica Batista, "Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição", Tese de Doutoramento, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- [10] Mellman, G.; Meinhold, U.; Maultzsch, M.; "Processed concrete rubble for the reuse as aggregates", International Symposium "Exploiting wastes in concrete", University of Dundee, Scotland, September 1999, Thomas Telford Books, 1999.
- [11] NF B 10-511, Norme Française Homologué, "Mesure du module d'élasticité dynamique", Association Française de Normalisation (AFNOR), Avril 1975.
- [12] Rosa, Ana Sofia Pereira, "Utilização de agregados grossos cerâmicos reciclados na produção de betão", Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2002.
- [13] Silva, João, "Incorporação de resíduos de barro vermelho em argamassas cimentícias", Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2006.
- [14] Silva, Vanessa S.; Libório, Jefferson B. L.; Silva, Crislene R.; "Argamassas de revestimento com o emprego de pozolana de argila calcinada", III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA), Abril de 1999.
- [15] Sousa, B. N.; Silva, N. D.; Coutinho, J. S.; "Argamassas com substituição parcial do cimento portland por cinza de casca de arroz portuguesa", Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004. ◆



Mayorhold MSCP – o estado-da-arte em reparação de estrutura de concreto

O edifício garagem Mayorhold é um estacionamento multi-pavimentos com cinco níveis e capacidade para 1100 carros, localizado na cidade inglesa de Northampton, a aproximadamente

150km ao norte de Londres. Construído em 1973, para atender os clientes do Shopping Center da cidade, a edificação ficou famosa ao entrar na lista das obras que muito contribuiriam com a melhora do meio ambiente se fossem destruídas, organizada pelo Royal Institute of British Architects.

A causa da crítica não era apenas estética, como se poderia imaginar. Testes realizados para avaliar as condições de uso da estrutura detectaram, entre 1999 e 2003, um progressivo processo de corrosão das armaduras conduzido, principalmente, pelo alto teor de cloretos no concreto, levando a estrutura a um alto grau de deterioração. O diagnóstico visual permitia concluir que as regiões e elementos estruturais mais danificados situavam-se justamente ao longo das juntas de dilatação dos pavimentos, intensificando a corrosão em vigas e lajes adjacentes.

Os ensaios realizados para determinação do estado da estrutura, dentre eles, determinação do teor de cloretos no concreto e mapeamento dos potenciais, obtiveram os resultados apresentados na tabela.

Felizmente, as modernas tecnologias de recuperação de estruturas possibilitaram uma completa transformação no estado da edificação, tanto do ponto de vista estrutural como estético e funcional.

A estratégia de gerenciamento da corrosão

adotada objetivou eliminá-la imediatamente, além de considerar medidas de controle que evitassem a deterioração futura da estrutura, assegurando uma extensão da vida útil em 25 anos.

Esta estratégia consistiu na reparação do concreto concomitantemente ao uso de técnicas de mitigação da corrosão por processos eletroquímicos: os inibidores de corrosão aplicados na superfície e os métodos de proteção catódica por corrente impressa. Tais soluções aliaram as medidas técnicas necessárias para combater as patologias com a estratégia de custos e vida útil desejada pelo cliente, rendendo à equipe envolvida o ICRI Award 2006, prêmio dado pelo International Concrete Repair Institute aos projetos de destaque no segmento de reabilitação de estruturas de concreto.

O princípio básico do sistema de recuperação adotado foi o de aplicar argamassas especiais que ganhassem resistência rapidamente, para a proteção imediata das armaduras, além de características de resistividade adequada para permitir que os processos eletroquímicos subseqüentes garantissem a proteção suplementar para áreas não reparadas no primeiro momento.

Como sistemas de proteção complementares, foram empregados:

- ◆ Cobertura: sistema de primer epóxi e revestimento de poliuretano elástico, livre de solventes, para prover uma superfície à prova de água e protegida das intempéries, resistente à abrasão e anti-derrapante;
- ◆ Piso dos níveis intermediários: revestimento de alto desempenho à base de resina de epóxi, isenta de solventes;
- ◆ Vigas e fundo de lajes: revestimento de proteção anti-carbonatação.

DADOS TÉCNICOS

Proprietário: Northampton Borough Council Parking & Security Operations

Projeto: Structural Healthcare Associates

Empresa de Recuperação: Makers UK Limited

Fornecedor de materiais:

Sika Limited

Produtos: MMO titanium ribbon; FerroGard 903

Ano	Teor de Cloretos [% peso cimento]			Potencial de Corrosão (ASTM C876) [mV/CSE]	
	Prof. 25mm	Prof. 50mm	Prof. 75mm	Potencial + negativo	Potencial + positivo
1999	1,82	2,32	1,28	396	296
2003	4,48	4,85	3,96	560	285

Condomínio Rio Sul – obras de recuperação terminadas seis meses antes do prazo

O condomínio Rio Sul, localizado na cidade do Rio de Janeiro, é um marco na história da engenharia civil do Brasil por sua magnitude, imponência e localização privilegiada. A construção da primeira torre do complexo teve início no final da década de 70.

Com mais de 35 anos de existência, o condomínio comercial Rio Sul precisou de reformas nas suas estruturas e fachadas para se modernizar. O desafio da Compacta Engenharia, empresa contratada para o projeto, era realizar todas as reformas necessárias sem mudar as atividades comerciais do local e entregar a obra no prazo estipulado.

Histórico e estrutura

O projeto é arrojado até hoje, com 60.000 m² de fachadas compostas por peças estruturais de grandes dimensões, como treliças em concreto protendido, vigas e pilares em concreto armado aparente, e grandes áreas envidraçadas, que fazem da Torre um conjunto moderno, integrado aos grandes desníveis naturais locais.

É um dos maiores condomínios empresariais do Brasil, com altura de 162 metros, composto por 40 pavimentos de uso comercial, edificado sobre o principal Shopping Center do Rio de Janeiro em 5 pisos, localizado próximo à orla de Copacabana, reunindo 400 lojas e 35 restaurantes, tendo uma altura total de 202 m.

A área construída total é de 85.117m², dotada de completa infra-estrutura e tecnologia de edifícios inteligentes. Entre usuários e visitantes, recebe diariamente uma média de 100 mil pessoas.

Etapas da recuperação

A recuperação da torre do Rio Sul foi iniciada com a implantação do sistema de proteção das fachadas e entorno para a análise, demarcação e corte do concreto deteriorado.

Foram substituídas armaduras com perda de seção e recompostas as áreas afetadas. Após este processo, a seqüência foi o lixamento mecânico do concreto, hidrojateamento, estucamento e aplicação de sistema de proteção superficial nas fachadas.

Prazo

O prazo previsto de 30 meses para a conclusão dos serviços foi antecipado pela obra em 6 meses, devido ao planejamento eficiente da obra e ao plano de ataque adotado, tendo seu término ocorrido em outubro de 2006.

A obra de recuperação das fachadas da Torre do Rio Sul foi realizada sem que houvesse necessidade de interrupção das atividades comerciais locais.

DADOS TÉCNICOS

Área total de fachadas: 60.000 m²

Tratamento superficial em concreto liso: 1.570 m²

Tratamento superficial em concreto texturizado: 14.700 m²

6 balancins: sendo 2 com 12m e em formato "U" com 4 motores cada

Corpo técnico: 3 engenheiros, 2 técnicos de edificações e 2 encarregados

Tela de proteção de fachada: 39.600 m

60 cabos de aço especiais: com extensão acima de 200 m cada, um para sustentação de equipamentos e telas



Beleza Segurança Durabilidade

*Atestado por
90 milhões
de votos.*



O **Concreto** tem respeito pelo **Meio Ambiente** por sua capacidade de:

- *Ser reciclável*
- *Incorporar os rejeitos industriais*
- *Confinar materiais perigosos*
- *Reter CO₂*

O **Concreto** é o **material estrutural** mais adequado para uma **construção sustentável**.



**Para provar a
eficácia dos nossos
produtos, fizemos
o que todo grande
instituto faz:
testamos nas ruas.**



Melhor que ninguém, os engenheiros sabem que uma grande obra é feita para proteger e durar. Por isso, eles usam os produtos Vedacit/Otto Baumgart, que possuem uma linha completa de impermeabilizantes, aditivos para concreto e materiais para recuperação. Todos feitos com o máximo de tecnologia, testados, aprovados e certificados. Vedacit/Otto Baumgart é mais qualidade para o seu projeto. Pode assinar embaixo.

VEDACIT®
IMPERMEABILIZANTES

