

INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

PROCEDIMENTOS, NORMAS E ESTUDOS PARA INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO



IBRACON
Instituto Brasileiro de Concreto

Ano XLVI

91

JUL-SET
2018

ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

LUIZ CARLOS P. DA SILVA
FILHO: MAPEANDO RISCOS
NO SETOR CONSTRUTIVO
PARA PREVENIR DESASTRES

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

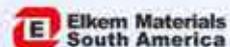
DOSAGEM, CARACTERIZAÇÃO
E AUTOCICATRIZAÇÃO
DE UHPFRC

MANTENEDOR

RECUPERAÇÃO DA
BARRAGEM DE JUCAZINHO

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

ADIÇÕES



ADITIVOS



RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



Pires | Giovanetti | Guardio
Soluções de Injeções



ARMADURA



ArcelorMittal

EQUIPAMENTOS



ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



CONSTRUINDO CONHECIMENTO



ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



JUNTE-SE A ELAS

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

PRÉ-FABRICADOS



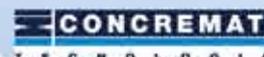
CONSTRUTORAS



CONTROLE TECNOLÓGICO



Falcão Bauer



FÓRMAS



CONCRETO



CIMENTO



LafargeHolcim



GOVERNO



Esta edição é um oferecimento das seguintes Entidades e Empresas



Adote concretamente

a revista **CONCRETO & Construções**



CRÉDITOS CAPA

REFORÇO DE FUNDAÇÃO DE EDIFÍCIO AFETADA POR REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO. ACERVO PESSOAL DO ENG. CIVIL SÉRGIO OTOCH

SEÇÕES

- 7 Editorial
- 8 Coluna Institucional
- 9 Converse com o IBRACON
- 11 Encontros e Notícias
- 15 Personalidade Entrevistada: Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
- 41 Entidades da Cadeia
- 81 Mantenedor: Recuperação da barragem de Jucazinho
- 111 Acontece nas Regionais



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

JORNALISTA RESPONSÁVEL

→ Fábio Luís Pedroso
MTB 41.728/SP
fabio@ibracon.org.br

PUBLICIDADE E PROMOÇÃO

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

PROJETO GRÁFICO E DTP

→ Gill Pereira
gill@elementto-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO

office@ibracon.org.br

GRÁFICA

Coan Indústria Gráfica
Preço: R\$ 12,00

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

© Copyright 2018 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

→ Guilherme Parsekian

COMITÊ EDITORIAL – MEMBROS

- Alio Kimura (informática no cálculo estrutural)
- Arnaldo Forti Battagin (cimento & sustentabilidade)
- Bernardo Tutikian (tecnologia)
- Eduardo Barros Millen (pré-moldado)
- Enio Pazini Figueiredo (durabilidade)
- Ercio Thomas (sistemas construtivos)
- Evandro Duarte (pretendido)
- Frederico Falconi (projeto de fundações)
- Guilherme Parsekian (alvenaria estrutural)
- Hugo Rodrigues (cimento e comunicação)
- Inês L. da Silva Battagin (normalização)
- Íria Lícia Oliva Doniak (pré-fabricados)
- José Tadeu Balbo (pavimentação)
- Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (ensino)
- Mário Rocha (sistemas construtivos)
- Paulo Eduardo Campos (arquitetura)
- Paulo Helene (concreto e reabilitação)
- Selmo Kuperman (barragens)

IBRACON

Rua Julieta Espírito Santo Pinheiro, 68 – CEP 05542-120 Jardim Olímpia – São Paulo – SP
Tel. (11) 3735-0202



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

Julio Timerman

DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE

Luiz Prado Vieira Júnior

DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE

Bernardo Tutikian

DIRETOR 1º SECRETÁRIO

Antonio D. de Figueiredo

DIRETOR 2º SECRETÁRIO

Carlos José Massucato

DIRETOR 1º TESOUREIRO

Claudio Sbrighi Neto

DIRETOR 2º TESOUREIRO

Nelson Covas

DIRETOR DE MARKETING

Hugo Rodrigues

DIRETOR DE EVENTOS

César Daher

DIRETOR TÉCNICO

Paulo Helene

DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS

Túlio Nogueira Bittencourt

DIRETORA DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA

Íria Lícia Oliva Doniak

DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Leandro Mouta Trautwein

DIRETOR DE CURSOS

Enio José Pazini Figueiredo

DIRETOR DE CERTIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA

Gilberto Antônio Gluzio

DIRETORA DE ATIVIDADES ESTUDANTIS

Jéssika Pacheco

NORMALIZAÇÃO TÉCNICA

29 Apresentação e aplicação da norma brasileira de inspeção de pontes, viadutos e passarelas



36 Extração de corpo de prova testemunho em paredes existentes de alvenaria estrutural

INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

45 Inspeção e diagnóstico de estrutura de concreto armado



51 Determinação da vida útil residual de estrutura de concreto de edifício residencial multifamiliar

56 Viabilidade econômica da utilização de fibra de carbono em reforço estrutural

64 Inspeção e diagnóstico em estrutura de concreto pré-fabricado

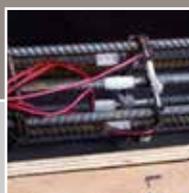
71 Reforço para viabilizar uma nova arquitetura em edificação modernista de painéis pré-moldados de concreto

77 Investigación participativa para crear viviendas durables

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

92 Dosagem, caracterização e autocicatrização de compósitos cimentícios de altíssimo desempenho reforçado com fibras de aço

97 Reliability calibration by carbonation exposure class deemed-to-satisfy prescriptions of Spanish concretes



102 Concreto com fibras de aço e polipropileno submetido à compressão axial: estudo de corpos de prova e pilares curtos

Péricles Brasiliense Fusco e seu legado inestimável de aprendizado sobre as estruturas

A comunidade técnica brasileira despediu-se em julho último do notável engenheiro e professor Péricles Brasiliense Fusco, nos seus 88 anos, mais de 60 deles dedicados à engenharia de estruturas.

Formado na turma de 1952 na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, sua paixão pelas estruturas levou-o, meses antes de se formar, a projetar seu primeiro edifício alto como estagiário no Escritório de Paulo Franco Rocha. A esse primeiro projeto seguiram-se muitos outros, não só de edificações, mas também de obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e túneis, bem como de obras industriais. Entre as obras mais marcantes das quais participou, pode-se citar: os projetos das fábricas da Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa), da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), da usina hidrelétrica de Itaipu e da linha norte-sul do Metrô de São Paulo.

Essa vasta e profícua atuação profissional na engenharia de estruturas manteve-se alicerçada na sua vocação para ensinar e aprender, que o acompanhou até o final de sua vida. Em entrevista concedida à Revista CONCRETO & Construções, em sua edição 73 (a entrevista pode ser acessada no site www.ibracon.org.br), Péricles Fusco nos conta que leu os dois primeiros volumes da obra de Moersh, o criador da teoria do concreto armado, “linha por linha, capítulo por capítulo, às vezes, mais de uma vez, sempre após o jantar”, durante seu quinto ano no curso de Engenharia Civil. Segundo suas próprias palavras, “intuitivamente aplicava a regra de ouro do aprendizado, já ensinada por Aristóteles: para saber algo, você deve saber até a última minúcia, até a menor de suas partes!”.

Essa sua vocação por aprender o capacitou a ensinar, primeiramente a disciplina de estabilidade das constru-

ções, na Faculdade de Engenharia Industrial (FEI), em 1954, e posteriormente as disciplinas de concreto armado e projeto de estruturas, entre outras, na Escola Politécnica da USP, a partir de 1956, onde veio a se aposentar em 1997, depois de ter formado 21 mestres e 21 doutores.

Seu interesse pelo ensino e pesquisa foi consolidado por sua passagem pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), de 1953 a 1956, onde, segundo ele, aprendeu tudo o que era possível aprender sobre ensaios em estruturas. Seu maior aprendizado durante este período, confessado na referida entrevista foi de que “nada supera a evidência! Cristo usou a evidência para provar que ele era divino! Ele fez milagres, que eram evidências de seus poderes divinos. A prova da verdade é a evidência!”.

Na Poli-USP, Fusco foi o primeiro professor brasileiro do recém-lançado curso de engenharia naval, onde ensinou sobre as estruturas aos seus colegas de turma, pois foi ao mesmo tempo aluno nas demais disciplinas do curso. De volta à Engenharia Civil na década de 1970, ele defendeu sua livre-docência com base no novo panorama de conhecimentos sobre o concreto estrutural baseado em pesquisas promovidas pelo Comitê Europeu do Betão (atualmente Federação Internacional do Concreto – *fib*). Com este estudo, o professor Fusco pode contribuir para que, por um lado, o coeficiente de segurança de majoração das ações fosse reduzido e, por outro, para que o coeficiente de minoração da resistência do concreto fosse aumentado na revisão da norma brasileira ABNT NBR 6118, parâmetros vigentes até hoje na referida norma brasileira de projetos de estruturas de concreto.

O professor Fusco tornou-se profes-



sor titular da Escola Politécnica da USP em 1980, quando passou a se dedicar integral e exclusivamente ao ensino e à pesquisa. Foi chefe do Departamento de Estruturas e Fundações, criador e primeiro diretor do Laboratório de Estruturas e Materiais (LEM), e relator da Comissão Escola Politécnica 2000, que visitou o mundo para aprender como os países desenvolvidos ensinavam engenharia.

Ele nos legou verdadeiras obras-primas da literatura técnica, como seu livro “Técnicas de Armar as Estruturas de Concreto”, imprescindível no acervo bibliográfico dos escritórios brasileiros de projeto. Com 13 livros escritos, seu mais recente é “Introdução à Engenharia de Estruturas de Concreto”. Nele, consolidando sua vasta experiência no ensino-aprendizado e preocupado com as deficiências dos estudantes brasileiros que chegam ao ensino superior, o professor Fusco busca estabelecer alguns princípios básicos da arte de aprender. Desta obra, destacamos mais uma de suas lições que ficarão para a posteridade: “Como o aluno julga que aprendeu? Se ele for capaz de ensinar o que aprendeu para outro colega ou para si mesmo, como se as ideias fossem invenções suas”.

Foi-se o homem, fica seu legado! 🏠



A importância das inspeções e manutenções periódicas das obras

Caro leitor,

Nesta edição de número 91 da Revista CONCRETO & Construções, o assunto principal é a importância das inspeções periódicas nas estruturas em geral, com o intuito de fazer uma gestão de sua manutenção, focadas nos requisitos de Segurança Estrutural, Funcionalidade e Durabilidade, como preconiza a Norma Brasileira de Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto (ABNT NBR 9452), um dos temas da edição.

Este assunto é bastante sensível junto a nossa Comunidade Técnica, tendo em vista os recentes acidentes ocorridos, por exemplo, no Eixão Sul em Brasília e na ponte em Gênova, na Itália, este último com o óbito de 43 pessoas.

O IBRACON tem alertado as autoridades sobre a importância das inspeções periódicas e da necessidade de se implementar um programa de manutenção das estruturas, para evitar a ocorrência de novas tragédias, como as acima relatadas.

A Diretoria Nacional do IBRACON, em uma ação conjunta com diversas Diretorias Regionais, instituiu um programa de treinamento e qualificação de Inspetores de Estruturas de Pontes e Viadutos, que tem logrado excelente receptividade junto aos profissionais. Todos que puderam frequentar o curso têm tecido elogiosos comentários sobre seu teor e esperam ansiosos que nossa Entidade possa em breve instituir o Programa de Certificação de Inspetores de Estruturas de Concreto.

Já estamos formatando tal atividade e, em breve, teremos excelentes novidades para nossa Comunidade Técnica sobre este assunto!

Outro aspecto de relevância que merece ser comentado é o sinistro ocorrido no Edifício Wilton Paes de Almeida, cujo incêndio em 1º de maio último causou o colapso estrutural desta cinquentenária edificação. O IBRACON foi imediatamente acionado para prestar um suporte técnico e não se furtou a isto. O nosso Diretor Técnico, Prof. Paulo Helene, coordenou uma série de investigações para elaborar um diagnóstico deste acidente e o IBRACON fez várias gestões junto à Defesa Civil da Prefeitura Municipal de São Paulo, com o intuito de lograr instituir inspeções em edificações ocupadas para se evitar novas ocorrências desta natureza.

Como resultado desta atuação, o IBRACON apresentou sugestões de melhorias nas planilhas de inspeções das edificações, bem como fez uma apresentação aos membros da Defesa Civil sobre os principais aspectos a serem abordados nestas inspeções

Este trabalho contou ainda com a inestimável colaboração do nosso querido e eterno presidente, Prof. Simão Priszkulnik, que não mediu esforços para apoiar nossa entidade através do apoio nos ensaios laboratoriais.

Isto tudo demonstra a relevância dos serviços desenvolvidos pelos associados do IBRACON, doando, muitas vezes, horas importantes de suas atividades profissionais em prol do engrandecimento de nossa entidade.

Por fim, no 60º Congresso Brasileiro do Concreto, evento nacional tão aguardado e que irá acontecer em setembro em Foz do Iguaçu, cujas perspectivas são as mais promissoras possíveis, esses assuntos serão discutidos e aprofundados. Neste ano, o 60º CBC irá ocorrer conjuntamente com a *Dam World Conference*, onde será celebrado os 40 anos de construção da represa de Itaipu.

Já podemos antecipar o grande sucesso de nosso evento, com um número recorde de artigos e de inscrições.

Tudo isto, fruto do incansável trabalho da Diretoria Nacional e da Diretoria Regional do Paraná, juntamente com a Secretaria Executiva de nossa entidade, cuja admirável energia faz com que o nosso evento tenha o sucesso merecido e seja considerado atualmente o maior evento técnico-científico da América Latina no gênero! Obrigado a todos vocês!

Esperamos todos vocês, associados do IBRACON ou não, neste 60º CBC e no *Dam World 2018*.

Despeço-me, desejando a todos uma profícua leitura e reiterando que o IBRACON continuará trabalhando e sempre se renovando para atingir a tão sonhada meta que sempre se norteou: *Avanço Concreto – Hoje e Sempre!!!*

Boa leitura!



JÚLIO TIMERMAN

PRESIDENTE DO IBRACON

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

Atrações do 60º Congresso Brasileiro do Concreto

Há 21 anos, em São Paulo, tive o meu primeiro contato com um evento do IBRACON, ainda na condição de estudante de Engenharia. Naquela época, o atual Congresso Brasileiro do Concreto era denominado de REIBRAC (Reunião Anual do IBRACON) e estava na sua 39ª edição. Posso dizer que esse evento foi um divisor de águas na minha vida profissional, influenciando diretamente na escolha da minha área de atuação. Desde tempo para cá, creio não ter participado de pouquíssimas edições, assim como, muita coisa mudou, alguns dos renomados profissionais que frequentavam os congressos já deixaram esse plano, mas o seu legado certamente continua vivo nos artigos dos congressos,



nas publicações do IBRACON e na memória daqueles que tiveram a grata oportunidade de conviver com eles. O Congresso Brasileiro do Concreto firmou-se como o maior evento nacional da cadeia produtiva do concreto, no qual não se oportuniza apenas a atualização do conhecimento, mas a possibilidade de troca de experiências e convívio com grandes referências da área, tanto no âmbito nacional quanto internacional.

Este ano nosso congresso chega à sua 60ª edição e nada mais justo do que, após 17 anos, sediá-lo novamente na encantadora cidade de Foz do Iguaçu, no Paraná, que, com suas fronteiras internacionais, possui ótimas opções gastronômicas e para compras, além de belezas naturais, como as incríveis Cataratas do Iguaçu, eleita como uma das sete novas maravilhas da natureza em 2011. Obviamente, não poderia deixar de destacar a grandiosidade da usina hidrelétrica de Itaipu e seus doze milhões, quinhentos e setenta mil metros cúbicos de concreto.

O 60º CBC estará recheado de atrações. Além das tradicionais sessões científicas, das entregas de prêmios e dos concursos estudantis (que atingiram número recorde de instituições de ensino inscritas), o 60º CBC terá como principal evento paralelo a 3ª edição da *International Dam World Conference*, com quatro reconhecidos palestrantes, sessões plenárias, cursos, mesa-redonda e até mesmo um workshop sobre segurança de barragens ministrado pela *Canadian Dam Association*. Contaremos com três palestrantes de peso: o Prof. Ph.D. Pedro Castro, do Cinvestav Mérida/México, que apresentará suas últimas pesquisas relativas ao desenvolvimento do perfil de cloretos em concretos; o Prof. Ph.D. Ian Richardson, da Universidade de Leeds / Inglaterra, que

apresentará os últimos estudos sobre o efeito das adições nas fases da pasta hidratada; e o Ph.D. Roberto Stark, da UNAM, também do México, que nos posicionará sobre como o concreto continua sendo o material do futuro. Teremos a segunda edição do “Seminário sobre Segurança de Estruturas em Situação de Incêndio”. O painel de temas controversos está de volta, desta vez discutindo a produção de concreto em centrais dosadoras e misturadoras. As boas práticas da engenharia do concreto serão apresentadas e debatidas em dois seminários: um sobre a execução de estruturas, em parceria com o Sinduscon-SP, e outro sobre as práticas laboratoriais na

garantia da qualidade do concreto e construção, em parceria com a Abratec. Por parte de nossos patrocinadores, reunidos na XIV FEIBRACON – Feira Brasileira das Construções em Concreto, se ofertará ao público em geral, o Seminário de Novas Tecnologias.

No campo editorial, serão lançadas duas obras revisadas e atualizadas: “Concreto pré-moldado”, do renomado Prof. Munir Khalil El Debs, e “Corrosão e degradação em estruturas de concreto: Teoria, controle e técnicas de análise e intervenção”, coordenado pelo Prof. Daniel Veras Ribeiro. Outro lançamento será a Prática Recomendada “Guia para prevenção da reação álcali-agregado”, fruto das discussões realizadas em nosso comitê técnico CT-201. E por falar nos nossos comitês, dois novos Comitês Técnicos serão lançados no evento: o CT-702 sobre avaliação da durabilidade das estruturas, em conjunto com a ALCONPAT Brasil e o CT-502 sobre segurança de incêndio. Para finalizar, implantamos algumas sessões no estilo japonês Pecha Kucha (apresentações 20 slides x 20 segundos /slide) e o concurso “O Artigo do Ano”, que teve uma espetacular adesão e visa premiar o melhor artigo submetido ao congresso perante uma banca de avaliadores altamente qualificada.

Para saber mais, só vindo vivenciar essa experiência, junto a essa fantástica família de apaixonados pelo concreto, denominada IBRACON. As comissões organizadoras nacional e regional prepararam essa edição comemorativa com todo o carinho e contam com a vossa indispensável presença.

PROF. CÉSAR HENRIQUE DAHER
DIRETOR DE EVENTOS DO IBRACON



ENVIE SUA PERGUNTA OU NOTA PARA O E-MAIL: fabio@ibracon.org.br

PERGUNTAS TÉCNICAS

ALGUNS DOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHO DA NORMA NBR 15575 SÃO DE NATUREZA QUALITATIVA OU SÃO TODOS DE CARÁTER QUANTITATIVO? POR EXEMPLO, OS CRITÉRIOS “UMIDADE ASCENDENTE”, “SENSAÇÃO DE CONFORTO NO CONTATO COM O PISO”, “RESISTÊNCIA À UMIDADE”, “FACILIDADE DE LIMPEZA”, “FACILIDADE DE REPAROS” E “COMBUSTIBILIDADE” NÃO PODEM SER AVALIADOS QUANTITATIVAMENTE, APENAS QUALITATIVAMENTE PELOS USUÁRIOS?

EDITOR

A norma 15575 estabeleceu, sempre que possível, critérios quantitativos de desempenho, visando nesses casos a eliminar interpretações subjetivas. Em alguns casos foram estabelecidos critérios qualitativos, a maioria com algum tipo de balizamento, mas outros propensos a diferentes interpretações.

Por exemplo, quando se refere a “estanqueidade de sistema de pisos em contato com a umidade ascendente” (item 10.2.1 – Parte 3), a norma chama atenção para a influência do tipo de solo / altura do lençol freático no local da obra, referindo-se ainda às normas brasileiras sobre impermeabilização (NBR 9574 e NBR 9575) e estabelecendo como métodos de avaliação a análise de projetos ou até mesmo inspeções no local. Dessa forma, ao analista cabe julgar se serão ou não eficientes os recursos adotados no projeto (presença de camada drenante, adoção de sistema de impermeabilização sob o contrapiso, sobrelevação da construção em relação ao nível do terreno e do lençol freático etc.), sendo que, em última instância, a própria observação in loco demonstrará se foi ou não positivo o resultado alcançado com o projeto e/ou com a execução.

No caso de resistência à umidade (item 14.2.1 – Parte 3), a norma não parametriza um resultado numérico, mas estabelece método de avaliação bem objetivo para os pisos sujeitos à presença de água, ou seja, “quando

expostos a uma lâmina d’água de 10 mm na cota mais alta, por um período de 72 h, esses pisos não podem apresentar, após 24 h da retirada da água, danos como bolhas, fissuras, empolamentos, eflorescências, etc.”.

Alguns critérios qualitativos de fato dão margem a um certo subjetivismo, como a “sensação de conforto no contato com o piso”, que irá depender da difusividade térmica do material do piso (fator quantitativo), mas também de valores subjetivos de conforto ou desconforto (variando de pessoa para pessoa em função da idade, sexo, estado de saúde etc). Relativamente à “Segurança no contato direto” (item 9.3 – Parte 3 da norma), quando estabelece que “a superfície do sistema de piso não pode liberar fragmentos perfurantes ou contundentes”, o que é contundente para um pode não ser contundente para outro.

Relativamente à “combustibilidade” existem ensaios normalizados aplicáveis tanto aos materiais para pisos como para quaisquer outros elementos da construção, enquadrando-se aí, por exemplo, a norma NBR 9442 – “Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante” e a norma ISO 1182 – “Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test”.

Na primeira revisão da norma ABNT NBR 15575, cujo processo de instalação pela ABNT da Comissão de Estudos já foi solicitada pela CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, pode-se tentar parametrizar melhor alguns critérios de desempenho, embora sempre haverá critérios puramente qualitativos e interpretações com certo subjetivismo.

ERCIO THOMAZ – COMITÊ EDITORIAL

PARA NÃO DESENVOLVERMOS TEMAS SIMILARES, MAS SIM COMPLEMENTARES, GOSTARIA DE SABER QUAL É O ESCOPO DO COMITÊ TÉCNICO

702 – PROCEDIMENTOS PARA ENSAIOS, INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE ESTRUTURAS DE CONCRETO?

ME. ENG^a ADRIANA FALCOCHIO RIVERA

COORDENADORA DO CT-701 COMITÊ IBRACON DE INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Minha modesta experiência na ISO, na RILEM, na fib, no ACI, na ABNT, no CYTED e na ALCONPAT, que são entidades voluntárias similares ao IBRACON, e também minha experiência profissional numa grande construtora de obras públicas, no IPT e na USP me ensinaram que nunca funciona você tentar delimitar campo de ações a bons profissionais.

Eles não respeitam barreiras nem fronteiras e vence aquele que for mais inteligente, mais diplomático, mais político, mais competente, mais carismático, mais persistente e obtiver o reconhecimento dos pares.

Lembro-me que, uma vez, o Lula, muito perspicaz e sarcástico, num debate público na TV com um competidor forte, que se intitulava muito mais preparado e mais competente do que o Lula para o exercício da Presidência da República, argumentou: “Realmente você é mais competente que eu porque vive competindo e nunca ganha a eleição”.

Em outra oportunidade o engenheiro politécnico Olavo Setúbal, presidente do ITAÚ, numa cerimônia importantíssima de boas-vindas ao recém-ingressados estudantes nas engenharias da POLI/USP, contou que numa conversa franca e direta com o Bill Gates, ouviu o seguinte: “Caro Olavo, seu grupo é fantástico e vocês desenvolveram um software tão bom quanto o meu! Mas a diferença é que eu sou mais rápido e vou chegar antes e o seu não vai pegar!”. Setúbal, um grande vencedor, contou esse fato com humildade e sabedoria de um grande líder que sabia reconhecer o valor de um bom competidor. Concluiu com o seguinte conselho aos

estudantes que sorriam intensamente suas palavras: "Não percam as oportunidades, não basta ser competente e bem formado, tem de chegar antes para vencer!".

Assim é no trabalho voluntário de normas. Em todas as instituições que citei há inúmeras normas que se sobrepõem, só para citar vide ABNT NBR 15575 e ABNT NBR 6118, que têm limites bem distintos para deformações, fissura, estanqueidade, durabilidade, etc.

Nas contradições ganham aquelas normas que pegam e ficam pra trás as que não pegam e ninguém nunca usa, apesar de existirem. É como Lei: umas pegam e outras não pegam!

Então, na verdade, os grupos no IBRACON são formados voluntariamente com base na liderança, no carisma e na objetividade do Coordenador do Comitê Técnico, que nada mais é que um grande líder.

Participam dos CTs praticamente os

mesmos profissionais, mas certos CTs vão pra frente, produzem, organizam seminários, encontros, workshops, publicam e APARECEM! Outros morrem na praia e você vai conferir que ambos os CTs tinham mais ou menos as mesmas pessoas.

A ciência e a tecnologia do concreto é relativamente pequena e as interfaces e sobreposições são muitas.

Cabe ao líder organizar o trabalho, estimular, dar o exemplo, descentralizar as decisões, respeitar os colegas voluntários, tirar o melhor de cada um, contornar os problemas, ser flexível, pró-ativo e criar um ambiente saudável e profícuo de trabalho e desenvolvimento.

Cabe ao líder trabalhar diplomaticamente as interfaces com o trabalho de outros líderes, sem perder sua autonomia e independência.

Vai sair na frente quem tiver maior capacidade de trabalho em grupo.

Os CTs 401, 402, 701, 702 e 802, só

para dar um exemplo, têm várias sobreposições e interfaces.

Cabe aos coordenadores compor seu grupo, dar estímulo a eles, criar bom ambiente de trabalho profícuo, enfim administrar e sair na frente dos demais. Não cabe ao CTA neste momento, nem à Diretoria, limitar alcances nem criar barreiras a grupos voluntários, produtivos e entusiasmados, que nem bem começaram suas atividades. Em último caso, diante de alguma confusão grave e concreta, algo efetivo e controverso, o Estatuto e o Regulamento (<http://site.ibracon.org.br/regulamento-comites>) preveem que o CTA, a Diretoria, o Conselho e a Assembleia possam interferir e decidir, mas seria em último, último, último, último, último, último, ... caso e sempre diante de algo real e nunca "a priori". Não cabe limitar o trabalho que nem sequer foi iniciado!

PAULO HELENE – DIRETOR TÉCNICO DO IBRACON 

COMENTÁRIOS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA ABNT NBR 6118:2014

A publicação traz comentários e exemplos de aplicação da nova norma brasileira para projetos de estruturas de concreto - ABNT NBR 6118:2014, objetivando esclarecer os conceitos e exigências normativas e, assim, facilitar seu uso pelos escritórios de projeto.

Fruto do trabalho do Comitê Técnico CT 301, comitê formado por especialistas do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) e da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE), para normalizar o Concreto Estrutural, a obra é voltada para engenheiros civis, arquitetos e tecnólogos.

DADOS TÉCNICOS

ISBN 9788598576244

Formato: 18,6 cm x 23,3 cm

Páginas: 484

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2015

AQUISIÇÃO:

www.ibracon.org.br

[Loja Virtual]



Patrocínio



ACI Fall Convention 2018

A próxima Convenção do American Concrete Institute (ACI Fall Convention 2018) vai acontecer de 14 a 18 de outubro, no Rio All-Suites Hotel, em Las Vegas, nos Estados Unidos. O IBRACON marcará presença no evento com os profissionais integrantes de sua Missão Internacional aos Estados Unidos.

A Convenção será composta por mais de 40 sessões técnicas e educacionais (oportunidade para aprender sobre as pesquisas com concreto, estudos de casos e melhores práticas), 300 reuniões de comitês técnicos (para discussão de normas, especificações, práticas e recursos relacionados à tecnologia do concreto), por duas sessões técnicas para contratantes, por pa-



lestras especiais e por competições estudantis. Além disso, haverá um espaço para exposição de produtos e serviços de empresas do setor e diversos momentos para relacionamentos profissionais, como a Recepção do Presidente, na qual o presidente do ACI recebe seus convidados para um coquetel.

A Missão Internacional do IBRACON aos Estados Unidos, cuja adesão é facultada aos associados do IBRACON e de Entidades apoiadoras, além de participar das atividades da Convenção do ACI (inscrição não inclusa no pacote), vai assistir aos cases de obras apresentadas no *Concrete in the Americas*, evento que antecede a Convenção, e fazer uma visita técnica à Central de Concreto da Engemix e a uma obra concretada por esta empresa em Chicago. Faz parte do pacote ainda um tour pelo Rio Chicago para conhecer a história dos edifícios notáveis construídos à sua margem.

A Missão Internacional vai acontecer de 10 a 18 de outubro.

Participe!

→ **Mais informações:**

Tel. 11-5087-4480

e-mail: contato@brazilusa.com.br

consultoria e projetos estruturais



viabilização de tráfego de cargas especiais

recuperação e reforço de edificações



adequação funcional de obras de arte

projetos de obras de arte



soluções de qualidade

www.engeti.eng.br

Avenida Angélica, 1996, conj. 404 - Consolação, São Paulo - SP - CEP: 01228-200 Tel: (11) 3666.9289



Conferência sobre concreto em condições severas

Pela primeira vez será realizada no Brasil a Conferência Internacional do Concreto em condições ambientais e de carga severas, que busca apresentar e discutir os mecanismos de deterioração de estruturas de concreto causados tanto por condições ambientais quanto de cargas severas.

Em sua nona edição, a Conferência vai acontecer de 5 a 7 de junho, na Unisinos, em Porto Alegre. O evento está em fase de submissão de



trabalhos técnico-científicos até 31 de outubro.

→ Mais informações:

<https://consec19.com/>

Conferência norte-americana de alvenaria

A 13ª Conferência Norte-Americana de Alvenaria vai ser realizada de 16 a 19 de junho, em Salt Lake City, nos Estados Unidos, na *Brigham Young University*.

Promovida pela Sociedade de Alvenaria, a Conferência, fórum sobre os mais recentes avanços no conhecimento e na prática da alvenaria, contará com mais de 150 artigos

científicos de mais de 20 países, cuja submissão pode ser feita até 5 de novembro.

→ Mais informações:

<https://masonrysociety.org/13namc/>



Prática Recomendada IBRACON Concreto Autoadensável

COORDENADOR Bernardo Fonseca Tutikian
SECRETÁRIO Roberto Christ

Traz para a comunidade técnica os conceitos relacionados ao concreto autoadensável, as recomendações para seleção de materiais, os métodos de dosagem, os procedimentos de mistura, as recomendações para a aceitação do concreto no estado fresco e para seu transporte, lançamento e rastreamento

A obra é resultado do trabalho do Comitê Técnico IBRACON sobre Concreto Autoadensável (CT 202), voltando-se aos profissionais que lidam com a tecnologia do concreto autoadensável nos canteiros de obras, nas indústrias de pré-fabricados, nos laboratórios de controle tecnológico e nas universidades.

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-25-1

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 78

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2015

Patrocínio



Encontro Nacional Betão Estrutural



O Encontro Nacional Betão Estrutural 2018 (BE 2018), fórum de divulgação e discussão sobre o concreto estrutural, nas vertentes da construção e reabilitação, materiais e produtos, normalização, projeto e investigação científica, vai ser realizado de 7 a 9 de novembro, no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), em Portugal.

O evento é organizado pelo Grupo Português de Betão Estrutural (GPBE), grupo nacional da Federação Internacional do Concreto (fib), e pelo Instituto Superior Técnico (IST), com apoio do IBRACON. Inscrições com preços promocionais podem ser feitas até 7 de outubro. Associados do IBRACON têm desconto no valor das inscrições.

Congresso Internacional da fib

A Federação Internacional do Concreto Estrutural (fib) realiza a quinta edição de seu congresso de 7 a 11 de outubro, em Melbourne, na Austrália. O Congresso é oportunidade para engenheiros, pesquisadores, projetistas

e profissionais do setor construtivo em geral trocar informações e conhecimento sobre o concreto. Além das apresentações de trabalhos técnico-científicos, estão programadas palestras com especialistas, visitas técnicas e reuniões dos

comitês técnicos da fib. ABECE, ABCIC e IBRACON fazem parte do Grupo Nacional da fib.

→ **Mais informações:**

<https://fibcongress2018.com/>



VERIFI®

Gestão de concreto em trânsito

Monitorar. Medir. Gerenciar.



Monitoramento

- Localização GPS
- Fase da entrega
- Velocidade do caminhão



Medição

- Abatimento
- Temperatura do concreto
- Velocidade e número de rotações da betoneira



Gerenciamento

- Abatimento
- Concreto durante o trajeto
- Adições (água e aditivo)

Abcic Networking

No último dia 8 de agosto, na nova sede da Abcic, foi realizado o primeiro Abcic Networking, série de encontros com o objetivo de promover a integração e intensificar o ambiente associativo. Patrocinado pela MC Bauchemie, o encontro contou com a apresentação de seu gerente de produtos, Holger Schmidt, e com a palestra da economista

da Fundação Getúlio Vargas (FGV), Ana Maria Castelo. Schmidt abordou as premissas para a escolha de aditivos para concreto e apresentou a mais recente inovação da empresa alemã, que está sendo introduzida no Brasil. “Estamos realizando muitos ensaios para entender o comportamento do cimento brasileiro com o novo aditivo acelerador”, pontuou.

Ana Castelo trouxe informações importantes sobre a atual conjuntura econômica e os possíveis cenários que se apresentarão após as eleições, em função de como serão conduzidos pelo governo temas como reformas e investimentos em infraestrutura.

→ **Mais informações:**

www.abcic.org.br

Projeto sobre cimento ganha premiação nacional

O projeto da pós-doutoranda Nathalia Bezerra de Lima, pesquisadora no Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), foi um dos sete vencedores da 13ª edição do prêmio “Para Mulheres na Ciência”. O projeto, premiado na área de Química, utiliza técnicas, como a microscopia de

fluorescência, para analisar as reações envolvidas na degradação do cimento. Com o estudo, objetiva-se propor novas formas de armazenamento do cimento, com vistas a aumentar seu prazo de validade. O prêmio “Para Mulheres na Ciência” é uma iniciativa da L’Oréal Brasil, em parceria com a Unesco e a Academia Brasileira

de Ciências (ABC), e tem o objetivo de promover a igualdade de gênero na comunidade científica. A premiação anual reconhece cientistas nas categorias de Ciências da Vida, Química, Matemática e Física, contemplando as vencedoras com bolsa-auxílio de R\$ 50 mil. Neste ano a premiação recebeu 524 inscrições.



DURABILIDADE DO CONCRETO

- **Editores** Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot
- **Editora francesa** Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées – França
- **Coordenadores da edição em português** Oswaldo Cascudo e Helena Carasek (UFG)
- **Editora brasileira** IBRACON

Esforço conjunto de 30 autores franceses, coordenados pelos professores Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot, o livro “Durabilidade do Concreto: bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente” condensa um vasto conteúdo que reúne, de forma atualizada, o conhecimento e a experiência de parte importante de membros da comunidade científica europeia que trabalha com o tema da durabilidade do concreto. A edição brasileira da obra foi enriquecida com o trabalho de tradução para a língua portuguesa e sua adaptação à realidade técnica e profissional nacional.

→ **Informações:** www.ibracon.org.br

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-22-0
Edição: 1ª edição
Formato: 18,6 x 23,3cm
Páginas: 615
Acabamento: Capa dura
Ano da publicação: 2014

Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Formado em engenharia civil (1989) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e mestre pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (Norie/UFRGS, 1994), Luiz Carlos Pinto da Silva Filho é doutor em engenharia civil pela *Leeds University* (Reino Unido, 1998), onde desenvolveu sua tese sobre sistemas de gestão de manutenção de pontes.

Especialista em durabilidade e vida útil de estruturas, patologia das construções, reabilitação e reforço estrutural, análise e modelagem de sistemas estruturais, ensaios não destrutivos, segurança contra incêndio, perícias e desempenho de sistemas construtivos, Luiz Carlos tem atuado na área de prevenção de desastres e mapeamento de riscos e vulnerabilidades no setor construtivo. Ele é o coordenador da Comissão de Estudos da norma de inspeção predial no âmbito do Comitê Brasileiro de Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-02), cujo texto-base deve logo entrar em Consulta Nacional.

Professor titular da UFRGS, atualmente é Diretor da Escola de Engenharia (2012-2020), além de diretor do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas em Desastres (Ceped) e líder do Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais (Leme) e da Gestão de Riscos em Desastres (Grid). O Prof. Luiz Carlos foi presidente



da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação, em nível internacional (Alconpat Int., 2005-2009) e nacional (Alconpat Brasil, 2009-2011), sendo atualmente seu presidente de honra.

IBRACON – CONTE-NOS SOBRE SUAS MOTIVAÇÕES PARA A ESCOLHA DA PROFISSÃO DE ENGENHEIRO CIVIL E PARA SEGUIR A CARREIRA ACADÊMICA. POR QUE A ÁREA DE DURABILIDADE E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO DESPERTOU SEU

INTERESSE NO MESTRADO E NO DOUTORADO?
LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Minha trajetória acadêmica de pesquisa iniciou em 1987. Eu estava estagiando numa empresa de construção quando um colega me inscreveu numa seleção

de Iniciação Científica da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Ele já era bolsista, algo raro na época, pois havia somente cerca de 50 bolsistas em toda a universidade. Eu acabei indo, por curiosidade,

e fui selecionado pelo Prof. João Campagnolo, um jovem pesquisador da época, que iniciava estudos com reforço de chapa colada, influenciado pelo livro recém-lançado (e que se tornaria referência da área) em Patologia das Construções (*Patología e Terapéutica del Hormigón Armado*), do Prof. Manuel Fernandes Cánovas, do Instituto Eduardo Torroja, da Espanha. Após alguma hesitação, acabei aceitando (a melhor e mais impactante decisão que tomei, provavelmente) e o Campagnolo se tornou meu orientador, mentor, colega e parceiro. Fui um dos primeiros bolsistas do LEME (Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais), que naquele momento era o principal núcleo de pesquisa experimental voltado para a área de estruturas do PPGE (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Embora tenha nascido num grupo de estruturas, estimulado por uma curiosidade intensa, acabei avançando para as áreas de interface, desenvolvendo pesquisas com conteúdo e temáticas de áreas muitas vezes vistas de forma separada: materiais, técnicas de construção, gestão e inovação. Das técnicas de reforço passei a estudar aspectos de processos de deterioração, técnicas de diagnóstico, durabilidade, vida útil, inspeção e gestão da conservação, uma trajetória que para mim se mostrou

natural e imprescindível para que o conhecimento gerado pudesse ser de fato utilizado para impactar a cadeia da construção. No mestrado estudei, sob orientação do Vahan Agopyan, hoje reitor da USP, a durabilidade de concretos à ação de sulfatos, e lá comecei a me debater com as definições de durabilidade e vida útil. Depois disso, estimulado por um trabalho desenvolvido com a Prefeitura Municipal de Porto Alegre, no qual desenvolvemos o primeiro sistema de inspeção de Obras de Arte Especiais Viárias estruturado e com uma técnica de classificação e priorização de ações do país, fui desenvolver minha tese de doutorado na Inglaterra, iniciando na UMIST (hoje parte da *University of Manchester*), e terminando na *University of Leeds*, para onde meu supervisor se mudou, assumindo uma *Deanship* (Chefia de Departamento), durante meu doutorado. Lá desenvolvi um trabalho sobre sistemas de gestão de manutenção de pontes (*BMS – Bridge Management Systems*), com muita interação com os sistemas que estavam sendo desenvolvidos nos EUA na época e que se tornaram referências mundiais (especialmente o *PONTIS*¹, da *Cambridge Systematics*, baseado em conceitos de cadeias de Markov e atualização bayesiana). Acabei agraciado com o prêmio *Heseldin* de melhor tese pela *University of Leeds* em 1999.



As fissuras verticais ocorrem na região de amarração das alvenarias aos pilares e as horizontais, na região de fixação das alvenarias às vigas de periferia das fachadas

Na volta lancei a primeira disciplina especificamente sobre Vida Útil e Manutenção do país, para compartilhar parte das inquietações que sentia sobre a necessidade de avanços na área.

IBRACON – VOCÊ TEM PARTICIPADO DE VÁRIOS FÓRUMS DE DISCUSSÃO TÉCNICA SOBRE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO. POR QUE

“

DESENVOLVEMOS O PRIMEIRO SISTEMA DE INSPEÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS VIÁRIAS ESTRUTURADO E COM UMA TÉCNICA DE CLASSIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE AÇÕES DO PAÍS

”

¹ PONTIS É UM SISTEMA DE MANUTENÇÃO DE PONTES E ESTRUTURAS, PROJETADO PARA A REALIZAÇÃO DE INSPEÇÕES, PREDIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DETERIORAÇÃO E RECOMENDAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE PRESERVAÇÃO DE PONTES





INSPEÇÕES ROTINEIRAS SÃO FUNDAMENTAIS PARA DETECTAR DESVIOS DO COMPORTAMENTO PREVISTO EM PROJETO, NA FORMA DE ANOMALIAS OU DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS PATOLÓGICOS



UM PROGRAMA PERIÓDICO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DEVE SER IMPLANTADO NO PAÍS?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO –

A inspeção é um componente fundamental da gestão de riscos e da conservação de uma estrutura civil. Toda estrutura sofre os efeitos da passagem do tempo, que pode causar o envelhecimento dos materiais, e ao longo do período de uso podem ocorrer mudanças nas condições ambientais, ou se verificar a ocorrência de deterioração precoce de algum componente ou subsistema, devido a erros de projeto, execução ou, até mesmo, ao uso indevido. Inspeções rotineiras são fundamentais para detectar desvios do comportamento previsto em projeto, na forma de anomalias ou desenvolvimento de

processos patológicos. A detecção precoce ajuda a evitar que esses problemas se agravem e venham a oferecer maiores riscos e prejuízos para os usuários. Lembro que nosso desafio na engenharia civil é projetar estruturas com vida útil elevada (pelo menos para algumas dezenas de anos, mas em alguns casos para centenas de anos), sempre com vários níveis de informação imprecisa (sobre capacidade do solo, carregamentos, usos, características ambientais existentes e futuras, etc.). Para tanto, adotamos crescentemente critérios com algum caráter probabilístico (no projeto estrutural esses critérios estão embutidos em vários conceitos, tal como no conceito de resistência característica – fck). Dessa forma, e

com o melhor conhecimento que seja técnica e economicamente possível de reunir, fazemos uma projeção de desempenho para determinar a Vida Útil. E, para alcançar a Vida Útil de Projeto, compatibilizando a durabilidade diferenciada gerada pelo uso de materiais e componentes diversos, em microclimas distintos, estabelecemos, já no processo de projeto, estratégias de manutenção. Existe obviamente uma incerteza em todo esse processo, e a inspeção é a melhor ferramenta para acompanhar se as hipóteses adotadas em projeto estão se confirmando, e se não houve desvios das prescrições executivas e de uso.

IBRACON – QUAIS NORMATIVAS E ÓRGÃOS REGERIAM TAL PROGRAMA? QUAIS CRITÉRIOS, SISTEMAS E REQUISITOS SERIAM AVALIADOS POR ELE? QUAIS OS TIPOS DE INSPEÇÕES? COMO SERIA O PLANEJAMENTO, PROCEDIMENTOS E METODOLOGIAS DE ANÁLISE E PREENCHIMENTO DE LAUDOS DESSAS INSPEÇÕES? QUAL SERIA PERIODICIDADE DAS INSPEÇÕES?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Em relação à manutenção, temos um corpo normativo razoável, que estabelece a necessidade de geração de um Manual de Uso e Manutenção, e demanda que seja criado, mantido e exercido um Plano de Manutenção. O problema é que muitas dessas normas não estão sendo adequadamente aplicadas, por falta de conhecimento e fiscalização. Temos que mudar esse quadro e os usuários deveriam ser os mais interessados nisso. Assim como



Fissuras típicas de falhas nas regiões de amarração das alvenarias aos pilares e às vigas

acontece com os carros, a manutenção (hoje em dia claramente definida em nível internacional como a parcela das atividades de conservação que são especificadas pelo projetista, para que se assegure que a vida útil de projeto seja atingida e superada) é vital para assegurar que tenhamos um bom desempenho e menos problemas com nossas edificações. Lembro, aliás, que muitas edificações unifamiliares não estão cobertas pelas normas atuais que regem a manutenção, mas que as mesmas também se deterioram e demandam atenção. Especialmente porque nosso estoque de edificações começa a atingir idades mais elevadas, quando problemas patológicos são mais comuns.

Já no tocante à inspeção, temos um quadro mais delicado. Desde 1988, quando a primeira Lei de Inspeção de Elementos de Fachada foi promulgada em Porto Alegre, após a tragédia da queda de marquise de uma loja da Arapuã, no centro da cidade, com 9 mortos e 10 feridos, leis se espalharam pelo país, inicialmente voltadas para fachadas e, depois da queda do Edifício Liberdade, no Rio de Janeiro, com foco em inspeção predial. A maioria é municipal, mas já existem alguns estados, como Pernambuco, com leis estaduais (em parte estimuladas pela descoberta de várias fundações com deterioração por processos de reação álcali-agregado (RAA), nesse caso). Mas falta uma norma que estabelecesse o



TOTEN

Espessura do emboço superior a 30mm, de modo que a argamassa funciona como um conjunto monolítico independente da base

escopo e estrutura padrão para uma Inspeção Predial. Muitas leis, criadas por não especialistas e após falhas traumáticas, acabaram incorporando critérios ou demandas inviáveis e inadequadas. Há leis que falam em atestar solidez e segurança. Isso é impossível numa inspeção predial rotineira, que é fundamentalmente visual e que não vai analisar muitos elementos ocultos, que seriam técnica ou economicamente inviáveis de acessar. Deve-se compreender que a Inspeção é fundamental para reduzir riscos, detectar problemas mais cedo e monitorar o processo de variação do desempenho no tempo, mas ela não vai poder garantir que não haja nenhum problema oculto. Ela vai garantir, quando bem executada, que

não há nenhum sinal ou sintoma que indique a existência de problemas patológicos ou anomalias estruturais ou de desempenho significativas. Por isso, existe uma grande expectativa no meio sobre a emissão da Norma de Inspeção Predial, na qual estive envolvido nos últimos anos. Acho que conseguimos gerar uma proposta de norma interessante, que harmoniza e gera um consenso entre visões distintas, podendo ajudar a estruturar os processos de inspeção em todo o país.

Decidimos na comissão não estabelecer um valor de periodicidade na norma, entendendo que, como ainda não existe consenso acadêmico sobre intervalos e idades mínimas de inspeção, seria mais adequado

“

**FALTA UMA NORMA QUE
ESTABELECESSE O ESCOPO E
ESTRUTURA PADRÃO PARA UMA
INSPEÇÃO PREDIAL**

”



“

[A NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL] VAI GARANTIR, QUANDO BEM EXECUTADA, QUE NÃO HÁ NENHUM SINAL OU SINTOMA QUE INDIQUE A EXISTÊNCIA DE PROBLEMAS PATOLÓGICOS OU ANOMALIAS ESTRUTURAIS OU DE DESEMPENHO SIGNIFICATIVAS

”

nesse momento deixar para que cada município ou estado estabeleça em suas leis quais os prazos que devem ser praticados em suas comunidades, considerando capacidade de atendimento, características e idade do estoque de edificações e outras questões locais.

Cabe destacar que a proposta de norma em desenvolvimento estabelece os procedimentos e diretrizes para as inspeções prediais rotineiras, não especializadas. Seria o equivalente ao exame de saúde de rotina efetuado com um clínico geral. Esse médico é mais generalista, mas sabe interpretar indícios, a partir da conversa com o paciente e de um exame clínico. Nas edificações, a inspeção predial rotineira tem essa função. O inspetor

efetua uma anamnese (coleta de todos os dados sobre a edificação), realiza uma vistoria (o exame visual, com registro de anomalias e manifestações patológicas) e prossegue para efetuar um diagnóstico (o entendimento do que está acontecendo) e um prognóstico (o que pode acontecer). Com base nessas reflexões, determina a terapia (o tratamento, que indica o que os responsáveis da edificação devem fazer), com indicação de urgência de cada ação. Quando um médico generalista não consegue efetuar um diagnóstico, ou precisa de mais exames, o mesmo pode recomendar a ida ao especialista. De forma análoga, o inspetor predial, que está realizando uma inspeção predial rotineira, pode entender que é

necessário proceder a uma inspeção predial especializada, para coleta de dados mais aprofundados (com ensaios ou testes mais sofisticados) ou para que se possa obter a opinião de especialistas em algum aspecto da edificação, como elementos estruturais, segurança contra incêndio, fachadas, impermeabilização, fundações, ou outros. O plano é que essas inspeções prediais especializadas, que em alguns casos podem também vir a ter uma periodicidade obrigatória, sejam abordadas em normas complementares. Mas a norma atual se destina à inspeção predial rotineira, ao exame tipo clínico geral, que é basicamente visual e tem a função de acompanhar a evolução do desempenho no tempo e assegurar rápido diagnóstico de desvios, anomalias ou problemas patológicos.



ACERVO PESSOAL DO ENG. CIVIL SÉRGIO OTTOCH

IBRACON – QUAIS PROFISSIONAIS PARTICIPARIAM DESSAS AVALIAÇÕES? COMO SERIAM DISTRIBUÍDAS AS ATRIBUIÇÕES DE RESPONSABILIDADE ENTRE OS AGENTES ENVOLVIDOS? A QUEM CABERIA A COORDENAÇÃO DOS TRABALHOS E A RESPONSABILIDADE FINAL DOS LAUDOS?

LUÍZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Hoje qualquer engenheiro ou arquiteto registrado em seu conselho, legalmente, pode realizar inspeções. Mas efetuar uma inspeção sem conhecimento especializado é um grande risco, pois o inspetor, em certa medida, assume responsabilidades em relação à conservação e desempenho

Topo de bloco de fundação com fissuras devidas à RAA

da edificação inspecionada. Por isso, eu acredito que a inspeção deve ser efetuada por profissionais especializados e com experiência em avaliação de estruturas acabadas. Infelizmente, preparamos ainda de maneira deficiente nossos graduandos de engenharia e arquitetura para lidar com estruturas existentes. Na maioria das universidades brasileiras, Patologia das Construções não existe ainda como disciplina, ou não é obrigatória. Os conceitos de vida útil, durabilidade, inspeção e manutenção são vistos muitas vezes de forma precária e sem contextualização. Precisamos urgentemente mudar essa situação, para começar a gerar profissionais mais preparados para lidar com o tema. Senão correremos o risco de ter um arcabouço legal e normativo que demanda inspeções regulares, associado a uma escassez de profissionais adequadamente preparados para atender a essa demanda. Esse é um quadro muito negativo, pois pode impactar de forma muito ruim a qualidade, custo e resolubilidade das inspeções, inclusive gerando um aumento de risco social, pela geração de uma falsa sensação de segurança baseada em processos de inspeção deficientes ou incompletos. É bom lembrar, ainda, que embora reforçar a formação básica na graduação seja essencial, a capacitação e atualização de profissionais atuantes no campo da inspeção têm que ser feita de forma

permanente, pois o conhecimento, os métodos de ensaio e o próprio entendimento sobre processos de deterioração, técnicas de recuperação e reforço avançam continuamente. Para o futuro, acho que seria interessante iniciar uma discussão sobre a formação específica no campo da patologia das construções/inspeção/conservação, nos moldes da engenharia de segurança do trabalho. Esse é um assunto polêmico, mas que merece uma reflexão. Em minha opinião, é uma alternativa se quisermos assegurar qualidade e cumprir com eficiência o papel de fazer uma efetiva gestão de riscos e custos de conservação, com diminuição das chances de falhas pela inspeção regular e correção precoce de problemas de desempenho e patológicos das edificações. Outra questão interessante é que a inspeção predial de uma edificação demanda uma variedade de conhecimentos. Inspetores precisam deter um conhecimento básico sobre operação, desempenho e formas de degradação de diversos tipos de materiais e subsistemas. No caso de alguns sistemas específicos e que apresentam um histórico de falhas graves, já houve até a geração de leis e regramentos que demandam inspeções específicas e periódicas (tais como elevadores, caldeiras, reservatórios de água). Caberá ao inspetor predial avaliar se essas inspeções periódicas vêm sendo feitas e qual seu resultado (assim como se existe e está sendo executado

o plano de inspeção) e, se for o caso, registrar uma não conformidade e demandar que os responsáveis sobre o condomínio as providenciem. Dada a complexidade e amplitude do escopo da inspeção predial, em alguns casos, para poder fazer uma adequada avaliação, pode ser necessário ou recomendável reunir equipes compostas por profissionais de áreas especializadas. Caberá ao inspetor que vai coordenar os trabalhos definir se isso será necessário, quando consultado pelo cliente. Meu entendimento é que nesses casos, cada profissional envolvido deve assumir a responsabilidade profissional sobre aspectos específicos de sua área de atuação e, provavelmente, todos devem assinar juntos a ART de inspeção, mas que o inspetor predial contratado pelo cliente é que terá a responsabilidade de liderar e assegurar o bom andamento da inspeção, coordenando os trabalhos dos demais, organizando os dados e se responsabilizando por produzir e apresentar ao cliente os Laudos de Inspeção e suas recomendações.

IBRACON – QUAIS GARANTIAS SERIAM DADAS AOS USUÁRIOS DAS CONSTRUÇÕES AVALIADAS, À COMUNIDADE E À SOCIEDADE EM GERAL PELO PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO PERIÓDICA? QUAIS AÇÕES SERIAM REQUERIDAS NOS CASOS DE NÃO ATENDIMENTO DOS CRITÉRIOS AVALIADOS NA INSPEÇÃO? COMO ESSAS AÇÕES SERIAM FISCALIZADAS E ENQUADRADAS JUDICIALMENTE?



**PREPARAMOS AINDA DE MANEIRA
DEFICIENTE NOSSOS GRADUANDOS DE
ENGENHARIA E ARQUITETURA PARA LIDAR
COM ESTRUTURAS EXISTENTES**





O INSPETOR PREDIAL CONTRATADO PELO CLIENTE É QUE TERÁ A RESPONSABILIDADE DE LIDERAR E ASSEGURAR O BOM ANDAMENTO DA INSPEÇÃO, SE RESPONSABILIZANDO POR PRODUZIR E APRESENTAR AO CLIENTE OS LAUDOS DE INSPEÇÃO E SUAS RECOMENDAÇÕES



LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – A Inspeção Predial não pode garantir segurança e solidez, ao contrário do que inclusive se define em algumas leis. Mas a mesma pode assegurar que os riscos aos usuários e às edificações sejam mitigados e, em muitos casos, praticamente eliminados. A analogia com a área médica é interessante aqui. O incremento de exames rotineiros e o estímulo às visitas regulares ao médico têm feito com que seja possível detectar doenças graves, como o câncer, precocemente, reduzindo muito o risco à vida. Nas edificações, o exame regular e periódico por um inspetor pode ter um efeito ainda mais positivo, pois a maioria das “doenças” das edificações pode ser tratada com sucesso. E, se detectadas precocemente, possivelmente com mais eficiência e menores custos e perturbações. A questão importante, e que a nova norma tenta estimular, é que a inspeção tenha um caráter de resolubilidade. A ideia é que o inspetor indique claramente ao cliente quais as ações necessárias (que podem inclusive englobar a realização de inspeções especializadas complementares para viabilizar o entendimento e diagnóstico sobre situações complexas, incertas ou graves constatadas na inspeção predial rotineira) e o ajude a entender como prosseguir a partir da inspeção. Sabendo das dificuldades históricas de fiscalização por parte do Poder Público, prevejo que teremos que fazer um grande esforço para conscientizar os

usuários que as ações recomendadas nas inspeções devem ser efetuadas. Ir ao médico e não fazer o tratamento, infelizmente, ainda é prática corrente no Brasil. No caso das inspeções, a eventual contratação de uma inspeção predial, somente para satisfazer a lei, sem atenção para os resultados, representaria um desperdício e um perigo, pois muitos riscos detectados poderiam acabar não sendo efetivamente mitigados. Em termos jurídicos, cada lei vai estabelecer a cadeia de responsabilidade e as consequências, em caso de não cumprimento das disposições da lei (que esperamos se refiram à nova norma). Mas parece claro que o descumprimento de recomendações advindas de uma inspeção predial pode colocar os responsáveis pela edificação em situação muito complicada de responsabilização civil e, inclusive, criminal, em caso de problemas ou falhas. Para que o sistema funcione bem, em minha opinião, é essencial termos inspetores eficazes no diagnóstico e com capacidade de julgamento adequada para determinar qual a gravidade e urgência de cada ação. Não podemos admitir que, por incerteza ou medo, um inspetor menos capaz classifique todas as intervenções como urgentes. Por isso, estimular inspetores a se preparar adequadamente, para que tenham discernimento e segurança na sua atuação, será fundamental.

IBRACON – COMO O PROGRAMA NACIONAL DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO PERIÓDICAS MUDARIA O QUADRO INSTITUCIONAL HOJE VIGENTE NO PAÍS CONCERNENTE À CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO? ATUALMENTE NÃO EXISTEM LEIS, PROFISSIONAIS E ÓRGÃOS FISCALIZADORES SUFICIENTES PARA REDUZIR O RISCO DOS USUÁRIOS NO USO DE EDIFICAÇÕES E OBRAS DE INFRAESTRUTURA? PRECISAMENTE ONDE ESTÁ A CARÊNCIA INSTITUCIONAL/TÉCNICA/REGULATÓRIA NESTA ÁREA?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Creio que a instituição de um programa nacional de inspeção e manutenção periódica permitiria fechar o ciclo iniciado com a implantação da norma de desempenho, no sentido de efetivar um sistema estruturado de acompanhamento e gestão do desempenho das edificações. Um sistema desse tipo, já vigente em vários outros países, é fundamental para que se possa acompanhar como uma edificação envelhece, detectar problemas congênitos ou de desempenho inadequado precocemente, e reduzir ou eliminar riscos de falhas mais graves, que coloquem os usuários em risco grave. A norma de inspeção predial faz parte do que costumamos chamar de terceira revolução da qualidade na construção, que se preocupa em assegurar o desempenho adequado da edificação como um todo, ao longo de toda a vida útil. A geração de uma norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas

Técnicas) de inspeção predial, creio, vai ser muito bem recebida pelo setor, pois, hoje, apesar de termos bastante conhecimento acumulado e vários especialistas renomados sobre segurança estrutural e patologia das construções, vivemos, no setor como um todo, carências estruturais, regulatórias e de capacitação relativas aos sistemas de inspeção. Temos um quadro preocupante, no qual algumas cidades e estados implantaram leis de inspeção, com escopo e determinações diferentes, em muitos casos exagerados ou inexecutáveis, sem que haja um procedimento padrão ou uma referência técnica unificada de como realizar a inspeção. Isso gera um risco profissional elevado, pois permite que convivam no mercado profissionais oferecendo serviços de inspeção com profundidade, resolubilidade e escopo bem diferentes, o que gera assimetria de resultados e custos, além de riscos jurídicos. A existência de uma norma de inspeção predial é essencial para organizar o quadro, pois estabelece um referencial sobre o que as inspeções prediais devem abarcar e quais os resultados esperados das mesmas. Acredito que a atual proposta de norma, que deve em breve entrar em consulta nacional, e que foi construída a partir de uma profunda e qualificada discussão, que permitiu uma qualificada construção de consensos entre as diferentes entidades e profissionais com



Detalhe do testemunho extraído de fundação com fissuras

experiência e interesse na área, pode se constituir numa base adequada para estruturação de um sistema nacional de inspeção. Com sua aprovação teremos um balizamento de como as inspeções devem ser conduzidas, que tipo de resultado devem gerar e como devem ser treinados os inspetores. E a mesma ainda aponta como o sistema de inspeção nacional deverá ser estruturado e esclarece a diferença entre as inspeções prediais rotineiras (que podem ser associadas aos exames do tipo clínico geral usados na medicina como estratégia preventiva e de acompanhamento) e as inspeções prediais especializadas, que deverão ser abordadas em normas complementares.

IBRACON – ACIDENTES GRAVES, COMO QUEDA DE MARQUESSES, FACHADAS E VIADUTOS, COLAPSO E INCÊNDIO DE EDIFÍCIOS, SERIAM EVITADOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE INSPEÇÃO PERIÓDICA? Como?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Certamente a frequência e gravidade desses acidentes seriam muito menores. Dificilmente uma estrutura chega a ponto de colapsar sem que haja indícios e evidências de problemas de desempenho e sinais de deterioração. A função da inspeção é justamente detectar esses sinais antes que os riscos se agravem. Mas nenhum sistema é perfeito. Sempre haverá chance de existirem problemas ocultos, ou de rápido desenvolvimento, ou

“

COM SUA APROVAÇÃO [DA NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL] TEREMOS UM BALIZAMENTO DE COMO AS INSPEÇÕES DEVEM SER CONDUZIDAS, QUE TIPO DE RESULTADO DEVEM GERAR E COMO DEVEM SER TREINADOS OS INSPETORES

”



“

COMO PRINCÍPIO GERAL, DEVE-SE ENTENDER O CONCEITO DE QUE A INSPEÇÃO NÃO PODE GARANTIR A SEGURANÇA, EMBORA COLABORE DE MANEIRA DECISIVA PARA ELA

”

diagnósticos inadequados. Mas em casos como marquises, a inspeção rotineira pode praticamente eliminar as possibilidades de uma falha com colapso estrutural. Mas, como princípio geral, deve-se entender o conceito de que a inspeção não pode garantir a segurança, embora colabore de maneira decisiva para ela.

IBRACON – QUAL TEM SIDO A EFETIVIDADE DO PROGRAMA DE INSPEÇÃO PERIÓDICA IMPLANTADO EM PORTO ALEGRE QUANTO AOS RISCOS DE ACIDENTES COM EDIFÍCIOS EM GERAL E COM MARQUISES EM PARTICULAR?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Porto Alegre é um caso interessante, pois foi a primeira cidade brasileira a implantar uma norma de inspeção predial mandatória, focada em fachadas

com elementos em projeção sobre logradouros públicos. A mesma foi promulgada em dezembro de 1988, dois meses após a ruptura parcial de uma marquise na fachada de uma filial das lojas Arapuã, no centro de Porto Alegre, que vitimou 9 pessoas e feriu 10, traumatizando profundamente a cidade. O decreto regulamentador foi publicado no início de 1989 e surgiu de repente uma demanda de inspeção de centenas de estruturas. A ausência de profissionais com conhecimento e experiência adequados para atender à demanda, associada à falta de referências técnicas sobre como realizar as inspeções e avaliar seus resultados, acabou levando a um festival de procedimentos inadequados. Inúmeras marquises

foram apoiadas nos extremos e/ou submetidas a provas de carga que as danificaram sem necessidade (a previsão de realizar provas de carga em marquises suspeitas foi colocada inadequadamente em lei). Reforços superdimensionados e caros foram implantados, e inúmeras estruturas acabaram sendo demolidas, em muitos casos porque os responsáveis não tinham conhecimento nem segurança para fazer um diagnóstico adequado de riscos e possíveis tratamentos. A universidade teve que ofertar cursos-relâmpago de formação básica de inspetores para tentar nivelar minimamente as inspeções. Apesar de todos os problemas, em função da depuração do estoque e do aumento da atenção sobre a condição desses elementos, o resultado acabou sendo favorável, sob o ponto de vista de segurança e prevenção de falhas, apesar das eventuais perdas econômicas devido à adoção de procedimentos técnicos incorretos. Ao longo do tempo, todavia, ficou claro o papel importante da fiscalização para que o sistema se mantenha atuante (quando a fiscalização relaxou, muitos responsáveis ficaram em atraso com a obrigação legal de realizar as inspeções em intervalos de 3 anos), assim como a importância das medidas punitivas (as multas eram relativamente baixas e pouco efetivas, mas a possibilidade de interdição do imóvel representava um estímulo forte ao atendimento da



Detalhe das barras Dywidag para recuperação dos blocos de fundação afetados por RAA

lei). Ao mesmo tempo, se percebeu uma grande heterogeneidade na qualidade e consistência dos laudos emitidos. Em muitos casos, os laudos eram feitos sem base técnica e, em alguns casos, dada sua precariedade, acabavam simplesmente cumprindo o requisito legal, deixando de contribuir para a gestão de riscos de falhas. Um exemplo claro foi a queda de uma outra marquise no centro, que havia sido objeto de laudo de inspeção somente um ano antes, sem que fosse apontado nenhum problema ou demanda de conservação, apesar do processo corrosivo avançado. Isso levantou sérias dúvidas sobre a eficiência do sistema. Buscando coletar mais dados sobre esse aspecto, minha equipe de pesquisa, com apoio da própria prefeitura, analisou mais de 1500 laudos. Desses, cerca de 600 apresentavam uma estrutura considerada minimamente satisfatória e, mesmo nesse subconjunto, havia sensíveis variações no tipo e qualidade dos dados e análises reportados. Esse quadro indica que, de fato, será um desafio assegurar que o esforço de inspeção seja efetivo na redução de riscos e justifique o tempo e os recursos gastos em sua realização. Para tanto será fundamental assegurar uma qualidade média mais elevada dos laudos, o que não será assegurado somente com a fiscalização. Sabemos que a maioria das prefeituras apresenta dificuldades de efetuar uma fiscalização efetiva da

entrega dos laudos e que nenhuma delas provavelmente teria condições logísticas e técnicas de avaliar a qualidade de todos os laudos recebidos. Por isso, a existência de uma norma de inspeção é tão importante. A norma estabelece um padrão e ajuda a evitar que laudos ruins e incompletos sejam emitidos. Ela ajuda o cliente a entender que tipo de resultado deve e pode ser esperado. Ela orienta os profissionais menos experientes sobre o que deve ser contemplado numa inspeção, fazendo com que os mesmos entendam melhor suas responsabilidades. A norma não pode garantir a qualidade do resultado, mas ajuda a reduzir a indústria de laudos, ao definir escopo, demandar resolubilidade e indicar como efetuar a coleta de dados. Claro que, em paralelo, vai ser fundamental um esforço de capacitação de inspetores e de esclarecimento dos clientes sobre o que é uma inspeção predial adequada. Acho que o sistema vai se ajustar quando os condomínios começarem a contratar empresas e profissionais especializados para efetuar a gestão da conservação das suas edificações, o que acredito será um movimento necessário e natural num futuro próximo. Dadas as responsabilidades atuais ligadas à manutenção e inspeção, os síndicos e responsáveis vão cada vez mais necessitar de assessoria para cumprir todas as responsabilidades e manter um plano de manutenção

e inspeção adequado e compatível com as exigências normativas. Essa “engenharia do cliente” durante a fase de uso, que possivelmente será ofertada por imobiliárias ou por firmas especializadas, vai acabar sendo o maior fiscal da qualidade dos laudos de inspeção. Tenho esperança que, com essa nova realidade, aos poucos se valorizem os bons profissionais e se estabeleçam demandas de qualidade e faixas de remuneração adequadas para que o sistema de inspeção predial possa funcionar adequadamente.

IBRACON – COMO AS UNIVERSIDADES, FACULDADES E ASSOCIAÇÕES TÉCNICAS (ALCONPAT, ABECE E IBRACON) PODERIAM CONTRIBUIR COM O PROGRAMA? O QUE VOCÊ TEM A DIZER SOBRE O PROGRAMA EDIFICAÇÃO + SEGURA, PROMOVIDO PELAS TRÊS ASSOCIAÇÕES?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Acredito que as universidades e as associações profissionais têm uma grande contribuição a prestar, tanto na geração e disseminação de conhecimento para subsidiar as inspeções prediais, quanto na formação e capacitação contínua dos profissionais. O Programa Edificação + Segura é uma importante iniciativa nesse sentido, pois se propõe a gerar material para capacitação e suporte a inspetores e usuários, ajudando a reduzir riscos associados a falhas. Inicialmente o programa focou no desenvolvimento de um curso específico para formação de engenheiros especializados em

“ A NORMA [DE INSPEÇÃO PREDIAL] ESTABELECE UM PADRÃO E AJUDA A EVITAR QUE LAUDOS RUINS E INCOMPLETOS SEJAM EMITIDOS ”





COM A EVENTUAL PUBLICAÇÃO DA NORMA SERÁ FUNDAMENTAL GERAR CURSOS PARA O INSPETOR PREDIAL RESPONSÁVEL PELA INSPEÇÃO ROTINEIRA



inspeção de estruturas de concreto, que teve grande sucesso e já formou mais de 150 profissionais da área. Mas a ideia é gerar outros materiais de apoio, fundamentais para que se possa dar suporte à atuação dos inspetores e assegurar que o conhecimento mais atual e qualificado esteja disponível e sendo aplicado. Com a eventual publicação da norma será fundamental gerar cursos para o inspetor predial responsável pela inspeção rotineira. Esse é um esforço no qual as entidades que apoiam o programa, junto com o IBAPE, que tem uma importante atuação na área, podem ter um papel significativo. Para que a inspeção predial seja efetiva é fundamental que tenhamos bons e qualificados inspetores. E um bom inspetor se forma somente com muito conhecimento e uma boa dose de experiência prática.

IBRACON – COMO VOCÊ ENXERGA A EVOLUÇÃO E ATUALIZAÇÃO DA FORMAÇÃO E DA ATUAÇÃO DO ENGENHEIRO CIVIL NOS PRÓXIMOS ANOS?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Vai sofrer grandes e importantes atualizações. É necessário repensar o modelo de ensino-aprendizagem profundamente, levando em consideração as novas competências demandadas dos engenheiros, o perfil diferente dos alunos de hoje e a relação diferente com o conhecimento oportunizada pelas tecnologias digitais. Sem perder a

qualidade técnica, temos que formar um engenheiro mais crítico, capaz de integrar conhecimentos, gerir projetos, atuar em times multidisciplinares e selecionar as melhores fontes de acesso ao conhecimento técnico. Temos que nos focar menos em conteúdo e mais em habilitar nossos futuros engenheiros a exercitar seu bom senso, desenvolver sentidos de funcionamento estrutural aguçados e capaz de tomar decisões embasadas. Um engenheiro com adequado domínio dos fundamentos, mas com uma clara visão de como os mesmos são aplicados na prática. Capaz de lidar com incertezas e com capacidade de aprender e evoluir continuamente. Para chegar nesse novo perfil vamos ter que, entre outras coisas, reformatar currículos, implementar outras práticas de ensino, estimular o espírito de liderança e empreendedorismo nas atividades em grupo, disponibilizar conteúdo em diferentes plataformas, gerar novos espaços de ensino, de forma a propiciar uma experiência mais rica e integral de formação, que atrai mais talentos para a engenharia e estimule nossos estudantes a se tornarem melhores profissionais. E para dar sustentação à mudança, vai ser fundamental capacitar e mudar a cabeça e os hábitos do corpo docente. Serão tempos de transição, desafiantes e estimulantes. A mudança vai ser inevitável, pois o modelo atual já está demonstrando

que chegou ao limite. E alguns estímulos importantes já estão aparecendo, como a nova diretriz de ensino de engenharia em discussão no Ministério da Educação e o edital de modernização do ensino de engenharia da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior). Acho que veremos grandes, importantes e necessárias mudanças ocorrendo nos próximos anos. Mas precisaríamos de uma entrevista só sobre esse assunto...

IBRACON – EXISTEM ESTIMATIVAS DE CUSTO RELACIONADAS À INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO PREVENTIVAS? EM TERMOS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES, QUAL SERIA O IMPACTO NOS CUSTOS CONDOMINIAIS? PODE-SE ESTIMAR O CUSTO/BENEFÍCIO DE UM PROGRAMA NACIONAL DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO PERIÓDICA DAS CONSTRUÇÕES PARA A SOCIEDADE EM GERAL E PARA OS USUÁRIOS EM PARTICULAR?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Não. A questão dos referenciais de custo é uma na qual o Programa Edificações + Segura pretende contribuir. Determinar quais seriam os parâmetros de custo de uma inspeção ainda é uma tarefa difícil. Os inspetores mais experientes tendem a avaliar o custo de uma inspeção caso a caso, baseados na experiência e após uma avaliação preliminar da condição de uma edificação. O que certamente se pode afirmar, com base no consenso internacional, é que os custos com prevenção, embora às vezes possam



parecer até desnecessários, quando as coisas estão bem, acabam sendo sempre menores que os custos sociais, humanos e econômicos associados a falhas graves. Estudos de nossa equipe indicam que as pessoas são efetivamente resistentes a aportar recursos para a prevenção. Em uma pesquisa de doutorado, constatamos que no Rio Grande do Sul, em Porto Alegre e em Canoas, um grande percentual de usuários tem consciência da obrigatoriedade e importância da inspeção predial, mas poucos aceitam aumentar suas despesas condominiais para atender a essa demanda. Para custear os sistemas de manutenção e inspeção regulares, acredito que os condomínios vão ter que acabar criando um fundo de conservação com aportes mensais, evitando a necessidade de despesas extras elevadas para viabilizar a realização das atividades ou os investimentos concentrados de maior porte demandados pelo plano de manutenção.

IBRACON – A NORMA DE DESEMPENHO (ABNT NBR 15575) EM VIGOR ESTABELECE OS CONCEITOS DE VIDA ÚTIL EM PROJETO E DE MANUTENIBILIDADE. ESSES CONCEITOS REQUEREM UM PROGRAMA DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO NO NÍVEL DA EDIFICAÇÃO? DE QUE TIPO?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Com certeza. Desempenho e conservação andam de mãos dadas. E a gestão da conservação se baseia em inspeção e manutenção regulares.



Bloco de fundação reforçado, após seu envelopamento com concreto e pintura impermeabilizante

IBRACON – COMO SERIA A RELAÇÃO ENTRE O PROGRAMA PERIÓDICO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DEFENDIDO PELA COMUNIDADE TÉCNICA E A NORMA DE DESEMPENHO EM VIGOR?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Existe uma conexão natural. A norma de desempenho consolidou a visão de acompanhamento da edificação na fase de uso, pois o desempenho em uso é aquele que é efetivamente percebido pelo usuário. Para fazer a gestão desse desempenho ao longo do tempo é fundamental adotar práticas de inspeção e manutenção regular. A norma de inspeção predial foi concebida levando em conta essa conexão. Mas a inspeção predial não é nem deve ser tomada como uma

prática de verificação do cumprimento da norma de desempenho. Ela é uma prática de gestão de riscos e prevenção de falhas (desempenho inadequado), baseada no exame regular expedito, complementado por exames especializados mais sofisticados, quando necessário ou em prazos mais espaçados. Claro que um inspetor deve registrar eventuais problemas de desempenho, como falta de estanqueidade, ou descumprimento de legislação de segurança contra incêndio. Assim como problemas patológicos que afetem a vida útil da edificação. Mas o foco da inspeção predial é detectar precocemente problemas e anomalias, assim como processos patológicos,

“

OS CUSTOS COM PREVENÇÃO, EMBORA ÀS VEZES POSSAM PARECER ATÉ DESNECESSÁRIOS, QUANDO AS COISAS ESTÃO BEM, ACABAM SENDO SEMPRE MENORES QUE OS CUSTOS SOCIAIS, HUMANOS E ECONÔMICOS ASSOCIADOS A FALHAS GRAVES

”





A NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL NÃO DEMANDA ESPECIFICAMENTE NENHUMA OUTRA NORMA, MAS FIZEMOS UM ESFORÇO PARA QUE A MESMA SE ARTICULASSE FILOSOFICAMENTE COM AS NORMAS DE DESEMPENHO E MANUTENÇÃO



avaliar sua importância, e determinar quais as medidas corretivas ou mitigadoras possíveis e necessárias, buscando preservar ou estender a vida útil. Sua função não é determinar se o desempenho requerido em projeto foi atingido e muito menos atribuir causas e responsabilidades. Esse é o campo da perícia.

IBRACON – ALÉM DA NORMA DE DESEMPENHO, QUAIS OUTRAS NORMAS TÉCNICAS EMBASARIAM ESSE PROGRAMA PERIÓDICO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO, CONSIDERANDO QUE ELE NÃO SERIA RESTRITO ÀS EDIFICAÇÕES, MAIS TAMBÉM ABRANGESSE AS OBRAS DE ARTE, OBRAS PORTUÁRIAS E OBRAS DE INFRAESTRUTURA EM GERAL?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Aos poucos será necessário criar todo um corpo normativo associado à fase de uso, prevendo a inspeção e manutenção regular de todo tipo de obra. Vai ser fundamental harmonizar a linguagem, a filosofia, a definição conceitual e a terminologia já usada nessas diferentes áreas. Será um importante esforço de convergência para os próximos anos. E em alguns casos, cabe unificar tanto quanto possível as normas. Já estamos discutindo a possibilidade de incluir o perfil, atribuições e competências do inspetor predial na norma criada recentemente que estabelece essas questões para o inspetor de pontes. Quanto mais harmônico e articulado o sistema acho que melhor vamos poder trabalhar e melhores serão

os resultados gerados. A norma de inspeção predial não demanda especificamente nenhuma outra norma, mas fizemos um esforço para que a mesma se articulasse filosoficamente com as normas de desempenho e manutenção. Acho que, além das normas, o que vai ser necessário são publicações de apoio, tipo práticas recomendadas, cadernos de boas práticas e manuais de patologia e terapia das construções. Como já disse, as associações e universidades podem ter um papel muito relevante na geração desses materiais.

IBRACON – O PAÍS CARECE DE UMA NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL? QUAL É O ANDAMENTO DAS DISCUSSÕES EM TORNO DO TEXTO-BASE PARA O PROJETO DE NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL NA ABNT? AS DIVERGÊNCIAS QUE PARALISARAM AS REUNIÕES DA COMISSÃO DE ESTUDO FORAM RESOLVIDAS? OS CONSENSOS EM TORNO DOS OBJETIVOS E ESCOPO DA NORMA, DOS REQUISITOS A SEREM SEGUIDOS NA INSPEÇÃO E DO PROFISSIONAL RESPONSÁVEL PELA COORDENAÇÃO TÉCNICA DA EQUIPE DE INSPEÇÃO FORAM ATINGIDOS? QUAIS DESAFIOS PERSISTEM PARA QUE OS TRABALHOS SEJAM CONCLUÍDOS? EXISTE UMA PREVISÃO PARA QUE O TEXTO-BASE SEJA COLOCADO EM CONSULTA NACIONAL E A NORMA SEJA PUBLICADA? SEM A NORMA PUBLICADA NÃO HÁ COMO INSTAURAR UM PROGRAMA NACIONAL DE INSPEÇÃO PERIÓDICA DAS EDIFICAÇÕES?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Com certeza, por todas as razões citadas

nas perguntas anteriores, creio que o Brasil precisa muito de uma norma de inspeção predial. Assim como, também, das normas para as inspeções prediais especializadas. A geração da norma-mãe de inspeção predial foi um exercício muito rico, de discussão de ideias, de convergência e de alinhamento, que demandou o estabelecimento de uma base conceitual e de definições que fossem aceitas pelos diferentes participantes, e que se articulassem adequadamente com as demais normas nacionais e internacionais. Estamos felizes com os resultados e ansiosos para testá-la na prática.

Acho que a norma vai ser fundamental para estruturação, com qualidade e segurança jurídica, de um sistema nacional de inspeção. Mas sabemos que a mesma não é perfeita e, com sua utilização, poderemos avaliar quais as eventuais necessidades de ajustes e avanços. Felizmente hoje no Brasil compreendemos que normas são criações em movimento, que devem ser atualizadas regularmente, para incorporar novos conhecimentos e ajustar práticas. O ciclo atual de 5 anos para que uma norma seja revisitada permite que esse avanço gradual e necessário ocorra de forma dinâmica e natural. Aliás, essa é uma das razões porque, internacionalmente, se busca que os aspectos procedimentais e técnicos sejam retirados das leis e mantidos nas normas, permitindo uma regular revisão e atualização. Uma tarefa

importante, a partir da publicação da norma, será visitar todas as leis municipais e estaduais de inspeção predial, tirando delas as prescrições de como fazer e qual o escopo das inspeções prediais. As leis devem citar a norma e regulamentar somente aspectos ligados à periodicidade, edificações afetadas, responsabilidade e punições. Uma lei nacional seria uma possibilidade interessante para harmonizar o sistema para todo o país.

IBRACON – COMO A QUESTÃO DA CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO É ENCARADA NA INGLATERRA, PAÍS ONDE VOCÊ FEZ SEU DOUTORADO?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – O sistema lá está mais evoluído, em linha com a regulamentação normativa

européia. Algumas normas ISO já consideram até que, em função da intensidade e qualificação do sistema de inspeção, possam ser usados critérios de projeto menos exigentes. Além disso, como o estoque de edificações é mais antigo, existe um maior percentual de profissionais com experiência em conservação de estruturas, e não somente em construção de novas edificações. E, naturalmente, existe um sistema próprio para a conservação das edificações históricas. Em função da estrutura de ensino lá ser mais especializada, efetuada em menos anos, a demanda por especialistas em vistoria acabou até gerando um campo especializado denominado de *Surveying Engineering*. Mas é interessante lembrar que todo

engenheiro registrado em associação, como o ICE (Instituto de Engenharia Civil) ou similares, acaba tendo que demonstrar que está em desenvolvimento contínuo ao longo da carreira, para se manter atualizado. Isso é vital, pois, em alguns campos da engenharia, a meia-vida do conhecimento já caiu para menos de 10 anos, o que significa que metade do conhecimento de algumas áreas sofre avanços ou se torna obsoleto em menos de 10 anos. Nos dias de hoje a graduação definitivamente é somente o ponto inicial da formação profissional.

IBRACON – O QUE GOSTA DE FAZER EM SEU TEMPO LIVRE, COMO HOBBIES?

LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO – Ler. Sou um leitor voraz, de todos os gêneros. 📖

Sistemas de Fôrmas para Edifícios

Recomendações para a melhoria da qualidade e da produtividade com redução de custos



ANTONIO CARLOS ZORZI

SISTEMAS DE FÔRMAS PARA EDIFÍCIOS: RECOMENDAÇÕES PARA A MELHORIA DA QUALIDADE E DA PRODUTIVIDADE COM REDUÇÃO DE CUSTOS

Autor: Antonio Carlos Zorzi

O livro propõe diretrizes para a racionalização de sistemas de fôrmas empregados na execução de estruturas de concreto armado e que utilizam o molde em madeira

As propostas foram embasadas na vasta experiência do autor, diretor de engenharia da Cyrela, sendo retiradas de sua dissertação de mestrado sobre o tema.

DADOS TÉCNICOS

ISBN 9788598576237
Formato: 18,6 cm x 23,3 cm
Páginas: 195
Acabamento: Capa dura
Ano da publicação: 2015

Patrocínio



Aquisição:
www.ibracon.org.br
(Loja Virtual)

Apresentação e aplicação da norma brasileira de inspeção de pontes, viadutos e passarelas

JULIO TIMERMAN – DIRETOR

ENGETI

I. INTRODUÇÃO

“Governar é construir estradas”. A afirmação de Washington Luís, presidente do Brasil entre 1926 e 1930, procurava destacar a importância da infraestrutura de transportes para o desenvolvimento da economia.

Tão importante como construir é manter as estradas e seus elementos constituintes, dentre os

quais se destacam as obras de arte (pontes, viadutos e passarelas de concreto).

Um dos insumos que mais contribuem para a nossa falta de competitividade (o famoso Custo Brasil !!) é a deficiência na manutenção de nossa infraestrutura.

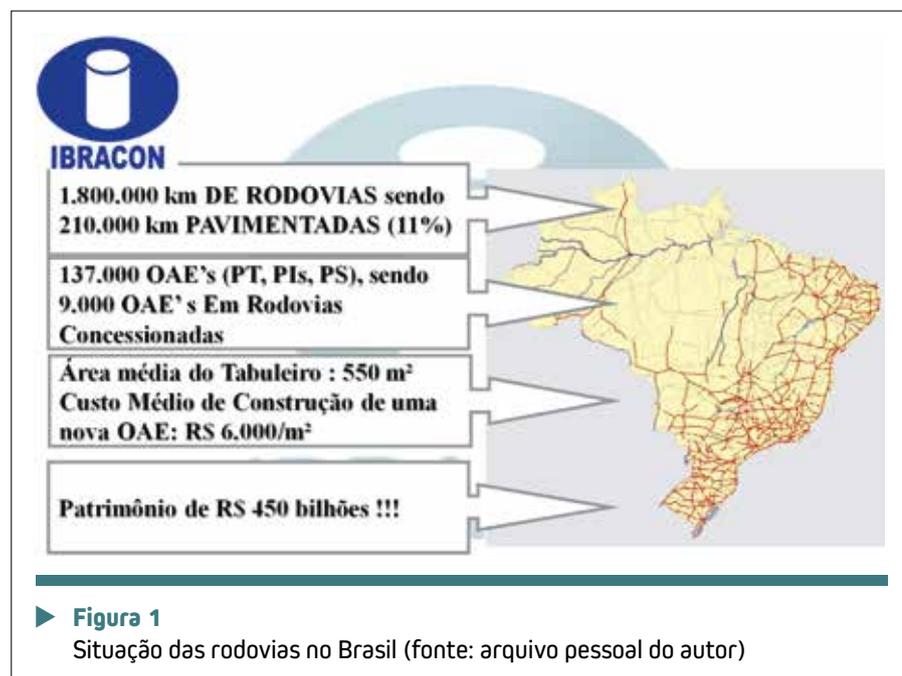
Os EUA gastam anualmente cerca de 2% do valor de reconstrução das pontes para a sua manutenção. Se estimássemos esta mesma proporção,

o Brasil deveria investir cerca de R\$ 9 bilhões /ano em manutenção e reabilitação de pontes !!

Infelizmente não temos como foco a manutenção e conservação desses importantes equipamentos públicos, investindo bem menos do que o desejável e verdadeiramente “apagando incêndios”, quando as estruturas já dão mostras de esgotamento de sua vida útil.

Com o intuito de subsidiar as autoridades que administram as rodovias nacionais, a Comissão de Estudos CEE169 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) coordenou, a partir de 2012, uma profunda revisão da Norma ABNT NBR 9452 “Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto”. Após a sua publicação e colocação em vigência em 2014, tornou-se uma excelente ferramenta para a gestão dos recursos destinados aos serviços de manutenção e conservação das pontes.

O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar as principais características da Norma ABNT NBR 9452.



► **Figura 1**
Situação das rodovias no Brasil (fonte: arquivo pessoal do autor)

2. PRINCIPAIS ASPECTOS DA ABNT NBR 9452

As inspeções são classificadas como a seguir consubstanciado.

2.1 Inspeção inicial ou cadastral

É a primeira inspeção da obra e deve ser efetuada imediatamente após sua conclusão ou assim que se integra a algum sistema de monitoramento e acompanhamento viário. Deve também ser realizada quando houver alterações na configuração da obra, como alargamento, acréscimo de comprimento, reforço e mudança no sistema estrutural.

Deve conter:

- ▶ As informações do roteiro básico do Anexo A da referida Norma;
- ▶ Registro fotográfico;
- ▶ Desenhos esquemáticos da planta do tabuleiro e das seções típicas transversais e longitudinal, com suas respectivas medidas principais;
- ▶ A classificação da OAE conforme item 5 da referida Norma;
- ▶ Demais informações consideradas importantes para a inspeção.

2.2 Inspeção rotineira

Trata-se de uma Inspeção de acompanhamento periódico, visual, sem utilização de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, realizada em prazo não superior a um ano. Na inspeção rotineira, deve ser verificada a evolução de anomalias já observadas em inspeções anteriores, bem como novas ocorrências, como reparos e/ou recuperações efetuadas no período.

As fichas inseridas no anexo B da Norma devem ser utilizadas para fazer o registro gráfico e fotográfico desta inspeção.

INSPEÇÃO INICIAL CONCESSIONÁRIA:		OAE: DATA DA INSPEÇÃO:	
PARTES I - CADASTRO INICIAL DE CAMPO		PARTES II - DIAGNÓSTICO INICIAL - Continuação	
A - Localização e Designação Rodovia: Serido: 7 Obra: Passarela km:		A2 - Caracterização Visual da Pista sobre a Estrutura Pavimento: Fissuras de retração com abertura máxima de 0,4mm e posicionamento variado no piso. Acostamento: - Drenagem: inexistente Guarda-corpo: Metálicos, em bom estado. Barreiras rígidas: Em bom estado. Defensas metálicas:	
B - Elementos Geométricos Vãos: 17 Comprimento Total (m): Pilares: 15 Vigas: - largura do Tabuleiro (m): 2,38 Juntas de Dilatação: 5 Observações:		A3 - Caracterização Visual de Outros Elementos Tabuleiro: inexistente Iluminação: Da Rodovia. Sinalização: inexistente. Gabaritos: Pista local Leste = 5,55m; Pista leste = 6,05m; Pista oeste = 5,75m Proteção de Pilares: Em bom estado.	
C - tipologia Estrutural Elementos Tipo: Duas Vigas Metálicas Vãos: 17		A4 - Informações Complementares Quantidades: Concreto segregado: 0,18m ³ ; Armadura exposta e corroída: 1,64m ² ; Remoção de 20 pontos de aço; Colocação de 3 parafusos nas ligações metálicas; 77 Placas de pré-laje com fissuras transversais; Fissuras no piso: 32,45m.	
PARTE II - DIAGNÓSTICO INICIAL A - Elementos de Patologia A1 - Caracterização Visual do Estado da Estrutura Tabuleiro: Concreto segregado, Armadura exposta e corroída e fissuras mapeadas com posicionamento transversal nas placas de pré-laje. Cratêros superficiais na chapa metálica do banco superior. Inexistência de parafusos na ligação de peças metálicas. Juntas de Dilatação: Em bom estado Aparelhos de Apoio: Deficiência de contato entre os aparelhos de apoio em neoprene e chapa metálica. Aparelho de apoio mal posicionado e deteriorado. Inexistência de parafusos entre a chapa (berço metálico) e o pilar. Apoios: Concreto segregado, armadura exposta e oxidada e pontas de aço (tensões de fôrmas). Encontros: Caixa de acomodação, em bom estado. Outros Elementos:		B - Elementos de Terapia 1) Tratamento do concreto segregado e armadura exposta e corroída nas placas de pré-laje e apoios; 2) Remoção das pontas de aço (tensões de fôrmas) dos apoios; 3) Tratamento das fissuras mapeadas nas placas de pré-laje e das fissuras de retração no piso; 4) Adequação dos aparelhos de apoio, com deficiência de contato, mal posicionado e deteriorado; 5) Colocação de parafusos faltantes na ligação de peças metálicas dos tabuleiros e na ligação entre a chapa (berço metálico) e o pilar.	
C - Classificação da OAE Estrutural: 2 Funcional: 5 Durabilidade: 2			

▶ **Figura 2**
Exemplo de inspeção inicial ou cadastral (arquivo pessoal do autor)

2.3 Inspeção especial

A Inspeção Especial será pormenorizada e contemplará mapeamento

gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da Obra de Arte Especial (OAE), com o intuito de formular o



▶ **Figura 3**
Exemplo de inspeção inicial ou cadastral



diagnóstico e prognóstico da estrutura.

Poderá ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso a todos os componentes da estrutura,

lateralmente e sob a obra e, se for o caso, internamente, no caso de estruturas celulares.

A inspeção especial deve ter uma periodicidade de cinco anos, podendo

ser postergada para até oito anos em caso de:

- ▶ Obras com classificação de intervenção de longo prazo (notas 4 e 5) e;
- ▶ Obras com total acesso a seus elementos constituintes na Inspeção Rotineira.

Para elementos submersos, a inspeção subaquática deve ser realizada conforme Anexo F da Norma.

A inspeção especial deve ser feita de imediato quando:

- ▶ A inspeção anterior indicar uma classificação de intervenção em curto prazo (notas 1 e 2) nos seus parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade ou;
- ▶ Forem previstas adequações de grande porte, como alargamentos, prolongamentos, reforços e elevação de classe portante.

Similarmente aos demais tipos de inspeção, as fichas inseridas no anexo C da Norma devem ser utilizadas para fazer o registro gráfico e fotográfico desta modalidade de inspeção.

2.4. Inspeção extraordinária

A Inspeção extraordinária é originada por uma das demandas não programadas a seguir, associadas ou não a:

- ▶ necessidade de avaliar com mais critério um elemento ou parte da OAE;
- ▶ ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação na obra;
- ▶ ocorrência de eventos da natureza, como inundação, vendaval, sismos e outros.

A inspeção extraordinária deve ser apresentada em relatório específico, com descrição da obra, identificação da manifestação patológica, incluindo mapeamento, documentação

INSPEÇÃO ROTINEIRA		OAE:- Ponte sobre o Rio Pardo – DATA DA INSPEÇÃO: 05/01/2013	
A - Localização e Designação			
Rodovia:	SPA-026/027	Sentido:	Norte/Sul
Obra:	Ponte sobre o Rio Pardo	km:	
B - Histórico das Inspeções			
Inspeção Inicial:	28/10/2009	Inspeção Especial:	Novembro/2010
Última Inspeção Rotineira:	Março/2012		
C - Descrição das Intervenções Executadas ou em Andamento			
Reparos:	Recuperação geral da OAE.		
Reformas:	Pintura da OAE.		
Reforços:	Não há indícios.		
D1 - Caracterização Visual do Estado da Estrutura			
Tabuleiro:	Em bom estado.		
Juntas de Dilatação:	Juntas de encontro, recobertas pelo pavimento asfáltico, em bom estado.		
Aparelhos de Apoio:	Inexistente.		
Pilares:	Em bom estado.		
Encontros:	Em bom estado.		
D2 - Caracterização Visual da Pista sobre a Estrutura			
Pavimento:	Concreto, apresentando fissuras e deterioração.		
Acostamento:	Inexistente.		
Drenagem:	De pista, buzinetes em bom estado. De talude, inexistente.		
Guarda-Corpos:	Inexistentes.		
Defensas Rígidas:	Barreiras rígidas e defensas metálicas, em bom estado		
D3 - Caracterização Visual de Outros Elementos			
Taludes:	Sob a OAE, protegidos por gabião, em bom estado. Laterais, revestidos por vegetação, em bom estado.		
Iluminação:	Inexistente.		
Sinalização:	Em bom estado.		
Gabaritos:	O gabarito vertical não foi medido por se tratar de OAE sobre rio.		
Dolphins:	-		
D4 - Informações Complementares			
-			
E - Indicações de Terapia			
Tratamento de fissuras e deterioração do pavimento.			
F - Atualização da Classificação da Obra			
Estrutural:	5	Funcional:	4
		Durabilidade:	4

▶ **Figura 4**
Exemplo de inspeção rotineira (arquivo pessoal do autor)



▶ **Figura 5**
Exemplo de inspeção rotineira (OAE: SPA- Ponte sobre o Rio Pardo – Norte/Sul – data de inspeção: 05/01/2013)

CLIENTE:						
OBRA:						
ASSUNTO: TABELA DE LOCALIZAÇÃO DAS FISSURAS						
Fissura	Vão	Elemento estrutural	Face	Comprimento da fissura (m)	Abertura máxima (mm) / tipo	Distância do elemento estrutural
F.01	1	Laje - L	Inferior	1,00	0,3 / FCE	Inicia junto a VT1
F.02	1	Laje - L	Inferior	2,00	0,3 / FCE	0,30m da VT3
F.03	1	Laje - L	Inferior	2,00	0,3 / FCE	0,30m da VT3
F.04	2	Laje - L	Inferior	0,80	0,3 / FCE	3,00m do AP2
F.05	2	Laje - L	Inferior	1,00	0,3 / FCE	4,00m do AP2
F.06	2	Laje - L	Inferior	0,40	0,3 / FCE	5,00m do AP2
F.07	2	Laje - L	Inferior	2,00	0,3 / FCE	0,20m da VT6
F.08	3	Laje - L	Inferior	7,00	0,3 / FCE	Inicia junto a VT7
F.09	3	Laje - L	Inferior	1,60	0,3 / FCE	1,00m da VT10
F.10	3	Laje - L	Inferior	1,00	0,3 / FCE	1,50m da VT10
F.11	3	Laje - L	Inferior	3,00	0,3 / FCE	0,20m da VT11
F.12	3	Laje - L	Inferior	3,00	0,3 / FCE	0,20m da VT11
F.13	4	Laje - L	Inferior	3,00	0,3 / FCE	Inicia na VT13
F.14	4	Laje - L	Inferior	1,00	0,3 / FCE	2,00m da VT13
F.15	4	Laje - L	Inferior	2,00	0,3 / FCE	0,20m da VT13
F.16	4	Laje - L	Inferior	1,00	0,3 / FCE	1,00m da VT13
F.17	4	Laje - L	Inferior	1,00	0,3 / FCE	2,00m da VT14
F.18	4	Laje - L	Inferior	2,00	0,3 / FCE	0,20m da VT16
F.19	4	Laje - L	Inferior	1,00	0,3 / FCE	Inicia junto a VT16
F.20	4	Laje - L	Inferior	1,00	0,3 / FCE	Inicia junto a VT16

► **Figura 8**

Exemplo de registro gráfico de anomalias em inspeção especial (arquivo pessoal do autor)

Peça: Laje

Anomalia: Concreto segregado com armadura exposta e corroida

Face Inferior				Face Inferior				-			
Nº	Comprimento	Altura	Área	Nº	Comprimento	Altura	Área	Nº	Comprimento	Altura	Área
1	0,20	0,20	0,04	3	0,60	0,50	0,30	-	-	-	-
2	0,60	0,60	0,36	4	0,20	0,20	0,04	-	-	-	-

Anomalia: Concreto disgregado com armadura exposta e corroida

Face Inferior				Face Inferior				-			
Nº	Comprimento	Altura	Área	Nº	Comprimento	Altura	Área	Nº	Comprimento	Altura	Área
1	0,20	0,20	0,04	3	0,40	0,40	0,16	-	-	-	-
2	0,20	0,20	0,04	4	0,30	0,30	0,09	-	-	-	-

Anomalia: Resto de formas

Face Inferior				Face Inferior				-			
Nº	Comprimento	Altura	Área	Nº	Comprimento	Altura	Área	Nº	Comprimento	Altura	Área
1	0,20	0,20	0,04	2	0,20	0,20	0,04	-	-	-	-

Anomalia: Mancha de eflorescência

Face Inferior				-				-			
Nº	Comprimento	Altura	Área	Nº	Comprimento	Altura	Área	Nº	Comprimento	Altura	Área
1	2,50	0,10	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-

Anomalia: Buzinote curto

Face Inferior				-				-			
Quantidade				Quantidade				Quantidade			
1				-				-			

Anomalia: Buzinote com deficiência de vedação

Face Inferior				-				-			
Quantidade				Quantidade				Quantidade			
4				-				-			

► **Figura 9**

Exemplo de registro gráfico de anomalias em inspeção especial (arquivo pessoal do autor)

administram as rodovias, sendo assim, uma ferramenta de fundamental importância na gestão dos recursos a serem investidos na recuperação das estruturas.

Com relação aos parâmetros de avaliação das pontes, apresenta-se a seguir uma síntese deles.

3.1 Segurança estrutural

Os parâmetros estruturais são aqueles relacionados à segurança estrutural da OAE, ou seja, referentes à sua estabilidade e capacidade portante, sob o critério de seus estados limites último e de utilização, conforme recomendações da NBR 6118.

Sob o ponto de vista de prioridades de ações de recuperação, é frequente esses parâmetros serem objeto de maior atenção, notadamente quando a obra apresenta sintomatologia já visualmente detectável de desempenho estruturalmente anômalo.

3.2 Funcionalidade

Por parâmetros funcionais entendem-se aqueles aspectos da OAE relacionados diretamente aos fins aos quais ela se destina, devendo, para tanto, possuir requisitos geométricos adequados, tais como: visibilidade, gabaritos verticais e horizontais.

Deve proporcionar também conforto e segurança a seus usuários, apresentando, por exemplo, guarda-corpos íntegros, ausência de depressões e ou buracos na pista de rolamento, sinalização, etc.

3.3 Durabilidade

Designam-se por parâmetros de durabilidade aquelas características

das OAEs diretamente associadas à sua vida útil, ou seja, com o tempo estimado no qual a estrutura se manterá cumprindo suas funções em serviço.

Deste modo, estes parâmetros vinculam-se à resistência da estrutura contra ataques de agentes ambientais agressivos. Exemplificam-se como anomalias associadas à durabilidade: ausência de cobrimento de armadura, fissuração que permite infiltrações, erosões nos taludes de encontros, entre outras.

A relevância dos problemas de durabilidade deve ser avaliada em conjunto com a agressividade do meio em que se situam com o objetivo de inferir a velocidade de deterioração a eles associados.

3.4 Classificação

A classificação da OAE consiste da atribuição de avaliação de sua condição, a saber excelente, boa, regular, ruim e crítica, associando notas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.

Essas notas de avaliação devem variar de 1 a 5, refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados.

A norma ABNT NBR 9452 também trouxe uma importante ponderação quanto à importância do elemento estrutural vistoriado. Na classificação quanto aos parâmetros apresentados, distinguem-se os elementos estruturais considerados principais (pilares, vigas longarinas, etc..) dos elementos considerados secundários (muros de ala, pilaretes de guarda-corpo, etc...).

A classificação deve seguir as indicações das Tabelas constantes na presente Norma, que correlacionam essas notas com a condição

da OAE e caracterização dos problemas detectados, segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.

Apresenta-se, finalmente, nas Tabelas 1 e 2, um modelo de simulação da classificação das OAE segundo os parâmetros anteriormente apresentados, bem como a classificação final da OAE.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo demonstrar a importância da inspeção periódica em estruturas de pontes, viadutos e passarelas de concreto.

Apresenta-se também a nova versão da ABNT NBR 9452 “Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto”, com suas principais características e detalhes, que é uma poderosa ferramenta de auxílio na gestão de manutenção de pontes.

Deve-se destacar que a classificação atribuída a cada Ponte, sob os aspectos de segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade, retrata as manifestações patológicas e suas consequências na estrutura.

O prazo para as intervenções não é abordado na presente norma, por questões de cunho legal. Este prazo é sempre de responsabilidade das entidades que administram as rodovias e seus equipamentos constituintes. Elas têm a norma brasileira ao seu lado, subsidiando a tomada de decisão destas intervenções.

Finalizando, deve-se ressaltar que todas as atividades de inspeção, compreendendo o planejamento, execução e elaboração dos respectivos relatórios devem ser executadas por profissionais habilitados, tornando-se elemento de fundamental



importância no sucesso desses serviços. O IBRACON, ciente desta importância, desenvolve rotineiramente Cursos

de Inspeção de Pontes em todas as regiões brasileiras, tendo como meta, a médio prazo, certificar profissionais

para prestarem um serviço confiável e de qualidade, como a nossa sociedade assim o exige. 

► Tabela 1 – Modelo de simulação de Classificação das OAEs (A nota final deverá ser a menor nota dos sub sistemas)

Parâmetro	Super estrutura	Meso estrutura	Infra estrutura	Elementos complementares		Pista	Nota final
				Estrutura	Encontro		
Estrutural	–	–	–	–	–	–	–
Funcional	–	NA	NA	–	–	–	–
Durabilidade	–	–	–	–	–	–	–

► Tabela 2 – Modelo de classificação das OAEs

Classificação	Condições	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização durabilidade
5	EXCELENTE	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	BOA	A estrutura apresenta danos pequenos e em pequenas áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas manifestações patológicas, que comprometam sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	REGULAR	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que dispensem intervenções imediatas, mas requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas manifestações patológicas, que comprometam sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental. A OAE apresenta moderadas a muitas manifestações patológicas, que comprometam sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	RUIM	Há danos comprometendo a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	A OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta moderadas a muitas manifestações patológicas, que comprometam sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
1	CRÍTICA	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório, instrumentação, associadas ou não.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e ou funcional.

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR9452 Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto, 2014.

Extração de corpo de prova testemunho em paredes existentes de alvenaria estrutural

GILVAN BEZERRA DOS SANTOS JUNIOR – ENGENHEIRO CIVIL, PROFESSOR ASSISTENTE

UNIVERSIDADE RURAL DO SEMI-ÁRIDO

GUILHERME ARIS PARSEKIAN – ENGENHEIRO CIVIL, PROFESSOR ASSOCIADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

LUIZ SÉRGIO FRANCO – ENGENHEIRO CIVIL, PROFESSOR DOUTOR

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

I. INTRODUÇÃO

Para avaliar a segurança das estruturas faz-se necessário realizar ensaios de amostras dos materiais empregados, utilizando corpos de prova específicos para cada caso. No caso da alvenaria estrutural realizam-se ensaios com o bloco, a argamassa, o graute e o conjunto desses materiais, formando os prismas. A partir dos resultados obtidos com os ensaios em prismas é estimada a resistência da alvenaria, que serve como parâmetro para vários dimensionamentos, como, por exemplo, a resistência à compressão de paredes.

De acordo com a recomendação TEK 18-09A da *National Concrete Masonry Association* (2003), é necessário realizar ensaios em estruturas construídas, geralmente quando se pretende avaliar construções existentes, inclusive durante o processo de construção, nos casos em que:

- O resultado dos corpos de prova de aferição da qualidade da estrutura

se encontra em desacordo com as especificações do projeto;

- O corpo de prova foi danificado antes da realização do ensaio;
- Houve perda (ou não realização) dos resultados de ensaios anteriores.

Na avaliação da resistência à compressão das alvenarias têm-se os ensaios destrutivos e não destrutivos. Quando se trata de edificações construídas, os ensaios não destrutivos são utilizados para obter algumas características sem precisar extrair parte da estrutura a ser avaliada. Dentre os não destrutivos, Sanches (2017) cita ensaios com radar, pulso ultrassônico, termografia infravermelha e macacos planos (*flat-jack*). Embora muito úteis, os ensaios não destrutivos exigem equipamentos caros e mão de obra especializada, tanto para realizar os ensaios como para interpretar os resultados. Exceção pode ser feita aos ensaios de macaco plano, que são relativamente simples de executar, normalizados pela ASTM e RILEM. Infelizmente, a

tecnologia atual permite a execução desse ensaio em alvenarias maciças, não sendo aplicável a blocos vazados, que compõem a maioria dos casos de edifícios de alvenaria estrutural. Conforme descrito à frente, uma nova técnica está em desenvolvimento na UFSCar, na tentativa de viabilizar a aplicação de macacos planos em alvenaria de blocos vazados (veja na edição 82 o artigo Soriani et al. 2016).

Os ensaios destrutivos são realizados com exemplares extraídos das paredes, com os quais é possível obter os parâmetros dos componentes da alvenaria, sendo os prismas considerados os mais precisos para obter a resistência à compressão das paredes construídas, de acordo com Thomas e Scolforo (1995).

Dentre as limitações da extração de corpos de prova em alvenaria pode-se citar que toda alteração na configuração da estrutura pode acarretar sua perda de estabilidade, devendo ser bem avaliada. A

presença de armadura no local da extração também impossibilita a avaliação; nestes casos, a recomendação TEK 1809-A sugere a retirada de testemunhos cilíndricos, que serão descritos posteriormente.

O presente trabalho baseia-se no anexo B sugerido para a parte três da norma brasileira de Alvenaria Estrutural (em elaboração), que tem como finalidade descrever o procedimento de extração de corpo de prova testemunho em alvenarias já executadas, com o intuito de realização de contraprova, seja ele prismas ou blocos de alvenaria estrutural.

2. EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS EM PRISMAS DE ALVENARIA EXECUTADA

Dentre as recomendações iniciais para a execução do serviço tem-se a importância da orientação do projetista de estruturas para que não seja causado dano relevante à estrutura. A retirada dos testemunhos deve respeitar a configuração da aleatoriedade, ou seja, buscar regiões diferentes em um mesmo pavimento. O número de corpos de prova extraídos é de seis prismas ou blocos por pavimento, valor este padrão para o controle de qualidade em alvenaria estrutural.

Os procedimentos descritos abaixo foram debatidos e definidos durante as reuniões de revisão de norma pela Comissão de Estudo de Alvenaria Estrutural (ABNT/CE-002:123.010).

Quando tratar da extração de prismas, a definição das dimensões do corpo de prova a ser extraído depende da presença do graute. Recomenda-se em alvenaria executada

com blocos ocios a retirada de prismas de três fiadas, com a presença de blocos inteiros no topo e na base do corpo de prova, conforme ilustrado na Figura 1-a.

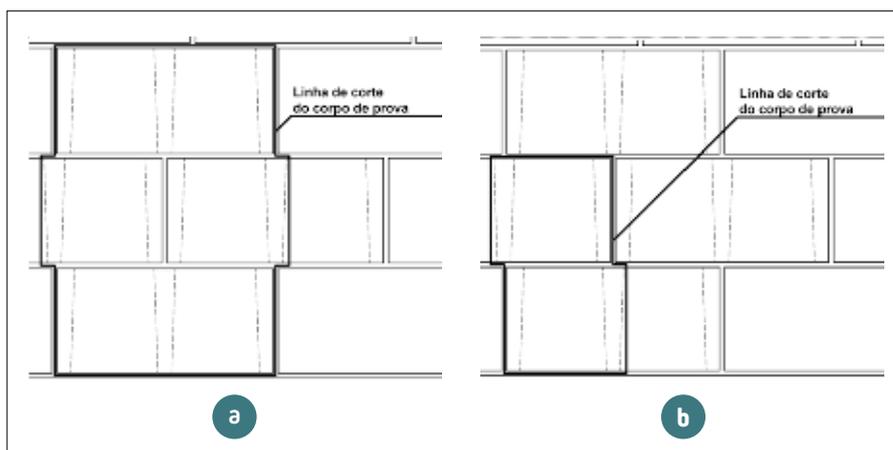
Para o caso de blocos grauteados, os prismas podem ser de duas fiadas com meio bloco de comprimento, conforme apresentado na Figura 1-b, o que facilita a extração e o ensaio. Esse procedimento, sugerido pelo comitê de norma, foi depois confirmado em consulta à ASTM C1314, que comenta que a utilização de prismas com menores alturas auxilia no seu manuseio e no seu transporte, devendo essa opção ser incentivada.

Estudo realizado no Laboratório de Sistemas Estruturais (LSE) da UFSCar incluiu ensaios de compressão de prismas com blocos inteiros grauteados e meio blocos cortados grauteados. A intenção era validar o procedimento de extração de prismas de meio bloco de comprimento por duas fiadas de altura. Os resultados dos ensaios indicaram um coeficiente de variação de 4,6% em uma amostra de seis exemplares de pris-

ma de um bloco de comprimento, retirados de parede executada, com valor médio de 18,2 MPa. Da mesma parede foi retirada uma amostra de seis prismas grauteados de meio bloco de comprimento, com coeficiente de variação de 5%, para um valor médio de 19,3 MPa.

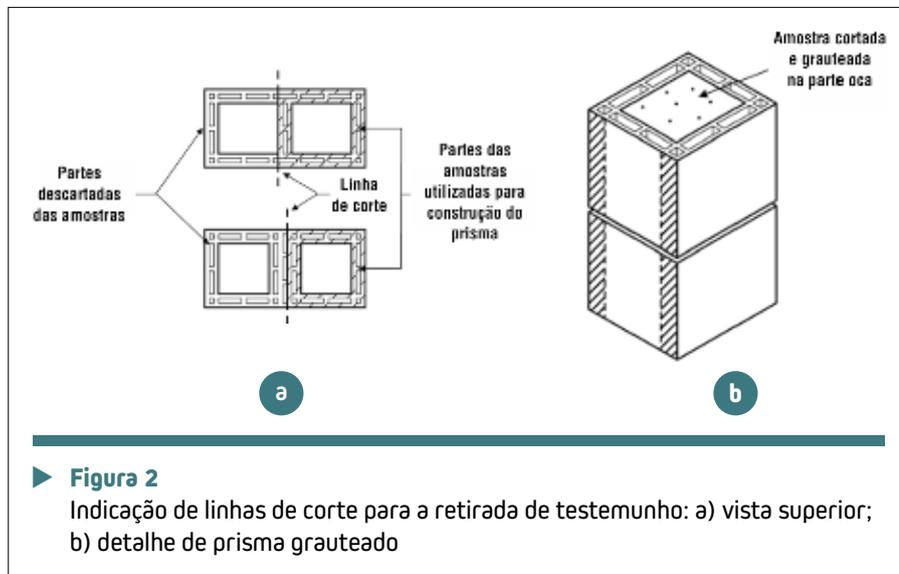
Aplicou-se um teste de hipótese, o teste t, para verificar a existência de diferença significativa entre os resultados, para os prismas montados com um bloco de comprimento e os prismas montados com meio bloco de comprimento. O teste t retornou um valor de $0.0384 < 1$, para uma probabilidade associada a um teste t em par de Student, com uma distribuição bicaudal, mostrando que não há diferença estatisticamente significativa entre a resistência à compressão média dos prismas montados com um bloco de comprimento e a resistência à compressão média dos prismas montados com meio bloco de comprimento.

Outra análise foi realizada por Thomas e Scolforo (1995), onde os mesmos comparam a resistência à compressão de prismas extraídos



► **Figura 1**

Esquema de corte para a retirada do testemunho: a) retirada de prisma ocioso; b) retirada de prisma grauteado



► **Figura 2**
Indicação de linhas de corte para a retirada de testemunho: a) vista superior; b) detalhe de prisma grauteado

de paredes construídas com a resistência de prismas preparados em laboratório. Em sua pesquisa, os autores encontraram um fator de correlação igual a 1,0, obtido com a divisão da resistência à compressão do prisma extraído sobre a resistência dos corpos de prova construídos no laboratório. Cabe ressaltar que tal fator de correlação foi obtido para os materiais empregados na pesquisa dos autores, devendo ser tomado como indicativo.

O procedimento de extração ini-

cia-se com o corte das juntas de argamassa horizontais que serão o topo e base do prisma. A ASTM recomenda iniciar o corte pela junta inferior, devendo ser encunhada após o corte, para aí sim realizar o corte superior. Para finalizar a extração do testemunho realizam-se os cortes verticais, tendo atenção para que os mesmos sejam externos aos septos centrais dos blocos que serão cortados ao meio, conforme pode ser visto na Figura 2-a.

Após a execução do procedi-

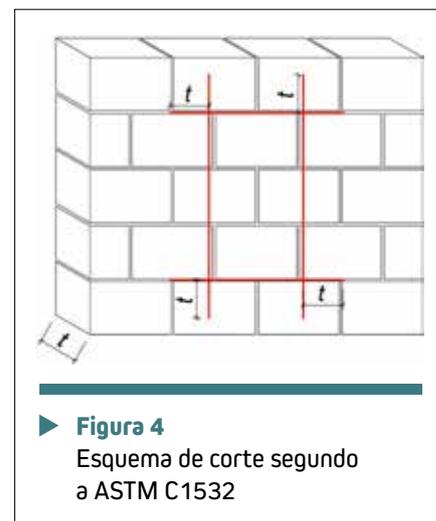
mento de extração alguns prismas poderão apresentar imperfeições na sua geometria, que deverão ser retiradas posteriormente com o auxílio de ferramentas específicas, já no laboratório.

Quando se tratar da extração de corpos de prova de blocos, os procedimentos são semelhantes aos apresentados para os prismas, incluindo as recomendações de retirada cuidadosa de resíduos de argamassa que fiquem aderidos ao bloco, a não utilização de ferramentas de percussão, como martelos, para não danificar os mesmos, descartando-se aqueles que apresentarem fissuras, trincas ou partes quebradas.

De acordo com Thomas e Scolforo (1995), atenção deve ser dada ao manuseio do equipamento de corte, pois, em alguns casos, por serem pesados, implicam dificuldades no alinhamento dos cortes, principalmente na horizontal, o que revela a necessidade de mão de obra capacitada. Os autores comentam que, quando são necessários cortes dos dois lados da parede, podem surgir abas devido ao não alinhamento das aberturas, que deverão ser removidas posteriormente. O



► **Figura 3**
Procedimento de corte dos corpos de prova



► **Figura 4**
Esquema de corte segundo a ASTM C1532



► **Figura 5**
Preparação dos prismas para transporte

procedimento de corte está ilustrado na Figura 3.

A ASTM C1532 estipula que os cortes deverão ser prolongados nos cantos em pelo menos o valor da espessura da amostra (t), conforme pode ser visto na Figura 4.

Cuidados adicionais devem ser tomados no transporte dos corpos de prova extraídos, por se tratarem de peças esbeltas, principalmente nos prismas ocós, que devem possuir no mínimo três fiadas de altura. Antes do transporte, deve-se ter o cuidado de amarrar o conjunto sob e sobre os cortes realizados, mantendo a amostra indeformada. Recomenda-se o uso de madeira unida por fitas Hellerman (“engasga gato”) ou arames, conforme pode ser visto na Figura 5. Os testemunhos que, porventura, apresentarem falhas ou destacamentos nas juntas devem ser descartados.

Um cuidado adicional que deve ser tomado é o registro fotográfico dos corpos de prova antes do procedimento de corte, depois da sua extração e após o procedimento de transporte. Esta atenção deve ser dada para o gerenciamento da qualidade da amostra, identificando alguma fissura que, porventura, surja devido a algum desses procedimentos.

3. ENSAIO DE MACACO PLANO

No caso de tijolos maciços, o projeto de norma PN 002123.010-0013 – “Alvenaria Estrutural – Parte 3 Caracterização de Elementos” recomenda a realização de ensaio no local, utilizando macaco plano, conforme ASTM C1197. Esse procedimento é menos danoso à alvenaria e de execução muito mais simples.

Sanches (2017) define a técnica de macacos planos como a utilização de envelope metálico selado, que será posicionado na parede após remoção de uma ou duas juntas, o qual se deforma quando aplicada uma pressão interna transmitida por uma bomba hidráulica (Figura 6). Este ensaio pode ser utilizado para obter, além da resistência à compressão, a curva tensão/deformação do material, possibilitando o cálculo do módulo de deformação e a tensão local atuante na porção ensaiada.

As limitações dos resultados deste procedimento são o caráter localizado do ensaio, desprezando a influência das juntas ao redor

da amostra, e a assunção de que a parede tem elementos homogêneos. Por conta disso, existe recomendação de reduzir em 20% a resistência encontrada nos ensaios.

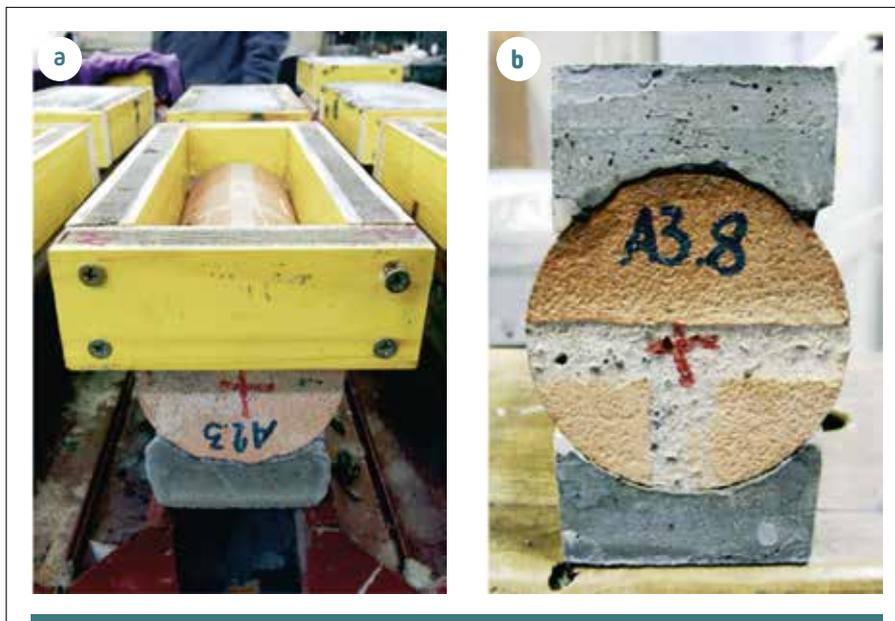
4. OUTROS ENSAIOS

Ainda para alvenarias de tijolos maciços, é possível a extração de testemunhos cilíndricos da alvenaria, que podem ser utilizados para ensaios de compressão diametral, ou para a obtenção da resistência dos componentes separadamente. Este último é empregado para calcular indiretamente a resistência da parede através de funções e tabelas encontradas na literatura e algumas normas técnicas. De acordo com Sassoni et al (2014), as limitações do uso de funções para a determinação da resistência à compressão de paredes em alvenaria são os tamanhos reduzidos das amostras, principalmente da argamassa, e a direção do carregamento nos blocos, que é diferente da direção do carregamento na parede.

Os autores realizaram ensaios de



► **Figura 6**
Ensaio de macacos planos (*flat-jack*) (Sanches, 2017)



► **Figura 7**
Corpo de prova cilíndrico extraído de parede estrutural (Sassoni et al, 2014)

compressão diametral em corpos de prova cilíndricos extraídos de paredes, nos quais esta técnica possui a vantagem de aplicar o carregamento na mesma direção do real. Para melhor distribuir a carga vertical aplicada, adequou-se o corpo de prova fazendo um complemento com argamassa de alta resistência nas geratrizes superior e inferior, conforme pode ser visto na Figura 7, lembrando, inclusive, o confinamento existente na parede real. Embora

seja um ensaio de fácil execução, os resultados encontrados em geral superestimam em até 30% o valor da resistência da alvenaria determinada por meio de ensaios de pequenas paredes.

5. CONCLUSÃO

As avaliações mais comuns de estruturas já executadas decorrem de ensaios de controle com resultados insatisfatórios ante valores exigidos em projetos, de estrutu-

ras danificadas por acidentes ou desastres e de estruturas antigas sem os resultados ou mesmo sem a realização de ensaios dos materiais da estrutura.

Quando se trata de avaliação da resistência à compressão de paredes já construídas, verifica-se que o ensaio de prismas extraídos é o mais recomendado, possuindo um bom fator de correlação quando comparado com os prismas comumente produzidos durante a construção. Precauções devem ser tomadas para a extração dos corpos de prova, para que a estrutura e/ou os mesmos não sejam danificados, iniciando na escolha do local de retirada das amostras até o processo de transporte ao local do ensaio. Procedimento nessa linha está incluído no projeto de norma PN 002123.010-0013 - Alvenaria Estrutural – Parte 3 Caracterização de Elementos.

Existem outros procedimentos para a análise da resistência à compressão em alvenarias executadas, como os macacos planos (*flat-jack*) e ensaios de compressão diametral em corpos de prova cilíndricos, sendo estes recomendados para paredes com blocos maciços. 📌

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Selection, Removal, and Shipment of Manufactured Masonry Units and Masonry Specimens from Existing Construction, ASTM C1532. ASTM International, 2012.
- [2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms, ASTM C1314. ASTM International, 2016.
- [3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method, ASTM C1197. ASTM International, 2014.
- [4] NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION. Evaluating Existing Concrete Masonry Construction, TEK 18-09A. NCMA, 2003.
- [5] SANCHES, E. R. Avaliação não destrutiva com técnica de macacos planos e a fazenda do pinhal. 2017. 86p. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2017.
- [6] SASSONI, E.; MAZZOTTI, C. PAGLIAI, G. Comparison between experimental methods for evaluating the compressive strength of existing masonry buildings. Construction and Building Materials, 2014. v. 68, p. 206-219. 2014
- [7] SORIANI, M. O.; Parsekian, G. A.; SANCHES, E. R. Macacos planos na avaliação de alvenarias com blocos vazados de concreto. Concreto & Construção, v. 82, p. 88-93, 2016.
- [8] THOMAS, R. D.; SCOLFORO, M. J. Evaluation of the Compressive Strength of Masonry by Prism Sampling. TMS Journal, Vol. 13, n 2. The Masonry Society, 1995.



Estratégias da ALCONPAT Internacional

PEDRO CASTRO – DIRETOR GERAL

CARMEN ANDRADE PERDIX – PRESIDENTE

ALCONPAT INTERNACIONAL

I. INTRODUÇÃO

A Associação Latino-Americana para o Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação da Construção (ALCONPAT Int. Internacional) foi criada em 1991, com a intenção de se tornar líder global em várias áreas do setor da construção, principalmente a do controle de qualidade, patologia e recuperação das construções. Talvez sua maior visibilidade externa tenha ocorrido através dos CONPAT's, congressos bianuais que sempre têm sido realizados em diferentes países desde 1991, promovendo um intenso intercâmbio entre os profissionais e pesquisadores dos países participantes. No presente trabalho se descrevem as estratégias da ALCONPAT Int. para responder às expectativas da comunidade técnica Ibero-Americana.

2. APRESENTAÇÃO

Para responder às expectativas de crescimento da ALCONPAT Int. nos diferentes países Ibero-Americanos, a Junta Diretiva Internacional (JDI) estabeleceu estratégias que incluem a nova versão do portal web, a criação de novas diretorias, a modernização dos regulamentos, a inserção nas redes sociais, o fortalecimento

da Revista ALCONPAT, entre outras.

A ALCONPAT Int. é uma entidade jurídica, sem fins lucrativos, com missão altruísta, com sede no México, Yucatán, liderada e gerida por profissionais reconhecidos e voluntários. A representação nacional se dá por ALCONPATs Nacionais (Brasil, México, Uruguai, Argentina, Espanha, Guatemala, Venezuela, Colômbia, Equador, Paraguai), que também são entidades jurídicas e por Delegacias Nacionais em Nicarágua, República Dominicana, Portugal, Chile, Bolívia, Peru, Costa Rica, São Salvador e Panamá.

3. A NOVA VERSÃO DO PORTAL

O portal da ALCONPAT Int. (www.ALCONPAT.org) está vigente desde o final de 2010 e tem sofrido profundas modificações. A última e mais recente incorpora as estratégias da ALCONPAT Int. para melhor atender aos seus associados.

4. CRIAÇÃO DE NOVAS DIRETORIAS

A gestão atual decidiu pela ativação de quatro novas diretorias, que somadas às existentes pretendem dar maior dinamismo à Instituição:

► **Diretoria da Juventude (nova)** – Considerando a relevância da nova

geração, criou-se a Diretoria da Juventude, a cargo do Prof. Bernardo Tutikian. Esta Diretoria, como as demais, possui seu próprio regulamento, endossado pela Junta Diretiva Internacional (JDI). Além das próprias atividades para jovens, como fóruns e seminários de pesquisa, esta diretoria é composta por diretores-adjuntos jovens (de destaque na nova geração) para as diferentes atividades. Atualmente esta diretoria está composta por uma diretora adjunta de boletins técnicos (Maira Ott, do Brasil) e um diretor adjunto de normalização (Jorge Briceño Mena, do México).

► **Diretoria de Educação** – Tendo como Diretora a Dra. Oladis Troconis de Rincón, do *Centro de Estudios de Corrosión de la Universidad de Zulia* (Venezuela), a diretoria de educação, durante o biênio de 2017 a 2019, possui como meta a realização anual de três cursos referentes aos programas de certificação da ALCONPAT Int.. Embora tenham sido recebidas solicitações para certificação de programas de pós-graduação, deve-se aguardar para dar início a este programa até o próximo

biênio, quando existirem subdiretorias atuantes para tal. Atualmente, existe um curso na modalidade híbrida em andamento e outro para ser lançado. Espera-se, em breve, ter dois novos diretores adjuntos, um para o programa de certificação e outro para o de pós-graduação.

- ▶ **Diretoria de Sócios** – Aproveitando a experiência acumulada na realização do CONPAT 2017 (XIV Congresso Latino-americano de Patologia das Construções) e de seu cargo anterior como vice-presidente administrativa, na última gestão, a Arquiteta Margita Kliewer Voth da *Universidad de nuestra Sra de la Asunción* (Paraguai), aceitou esta incumbência que basicamente consiste em coletar e organizar as listas de associados e tipos de associação das ALCONPATs nacionais. O portal www.ALCONPAT.org possui um espaço no qual Margita, com o apoio tecnológico da sede, está tornando essas informações acessíveis.
- ▶ **Diretoria de Normalização** – A cargo do Dr. Pedro Garcés Terradillos, da *Universidad de Alicante* (Espanha), esta diretoria se encarrega por demandar documentos de boas práticas e normas aos membros ou grupos de experts da associação, que são disponibilizados aos associados, e mantém um plano contínuo de discussão e atualização através das redes sociais e do respectivo blog. Várias dessas práticas já se encontram disponíveis e outras estão sendo elaboradas.
- ▶ **Diretoria de Boletins Técnicos** – O Dr. Miguel Angel Sanjuan Barbudo, do *Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones*, em

Madri, na Espanha, aceitou colaborar com muito entusiasmo e com a meta de produzir pelo menos dois boletins anuais. O mais recente é sobre inovação tecnológica na indústria de cimento. O Prof. Bernardo Tutikian, ex-diretor, conseguiu produzir mais de 15 excelentes boletins à disposição da comunidade.

- ▶ **Diretoria de Notícias (nova)** – Dado à luz este ano, “Entre patólogos” é o boletim de notícias da ALCONPAT que busca criar um espaço de informação e de entretenimento com notas, reportagens, piadas, etc., relacionados à indústria da construção. Está a cargo do Dr. Erick Maldonado Bandala, do México, responsável pelo lançamento do primeiro boletim.
- ▶ **Diretoria de Estatística** – Com a ideia de recompilar e manter a memória, e, com um plano básico inicial, o Prof. Jimmy Vanegas, da *Universidad Centro Americana de Nicaragua*, iniciou algumas ações e espera por bons resultados neste trabalho. Esta diretoria conta com a colaboração da Presidente de Honra, Prof^a Angélica Ayala Piola.
- ▶ **Diretoria de implantação de novas ALCONPATs em Ibero-América (nova)** – Com grande responsabilidade, mas também com muito entusiasmo, o Engenheiro Luis Álvarez Valencia, Diretor do Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala e Vice-Presidente Administrativo da ALCONPAT Int., tem conseguido avanços em negociações significativas para, em breve, ter implementadas novas ALCONPATs Nacionais em São Salvador e na Costa Rica. Também está gerenciando negociações

com o Panamá e Porto Rico.

- ▶ **Diretoria de Premiações (nova)** – O Dr. Oscar Cabrera, da UNICEN (*Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires*), da Argentina, assumiu esta responsabilidade com ideias inovadoras, as quais incluem novos tipos de premiações e mudanças interessantes ao atual regulamento e que serão publicadas muito em breve. Um destes é o prêmio à trajetória jovem e à trajetória na indústria. Anteriormente, esta tarefa era assumida pelo Vice-Presidente Técnico, todavia agora, devido à sua relevância e às responsabilidades, tornou-se uma diretoria exclusiva.
- ▶ **Diretoria da revista ALCONPAT** – Com um conselho editorial de alto nível e um corpo de avaliadores responsável, a revista encontra-se em fase de avaliação para indexações muito reconhecidas, como a *Scopus* e o *Journal Citation Reports*. Atualmente, a revista se qualificou no mais alto nível da coleção Scielo México, reconhecida internacionalmente. Está indexada na *Scielo WoS*, *Google Scholar*, *Worldcat*, *Latindex*, *Redalyc* e outras. A revista completa 8 (oito) anos ininterruptos este ano e o seu editor chefe é o Dr. Pedro Castro, do *CINVESTAV-Mérida*, no México.
- ▶ **Diretoria de Relações Internacionais** – Cargo ainda não preenchido e atualmente assumido pela JDI. Esta diretoria se encarrega pelo estabelecimento de vínculos com associações e instituições que possuam propósitos semelhantes através de parcerias ganha-ganha, na qual se compartilha,



► JUNTA DIRETIVA INTERNACIONAL



Presidente
Dra. Carmen Andrade Perdrix



Diretor Geral
EDITOR CHEFE DA REVISTA ALCONPAT
Dr. Pedro Castro Borges



Presidente de Honra
Angélica Ayala Piola



Vice-presidência Técnica
Enio Pazini Figueiredo



Secretário Executivo
José Iván Escalante García



Gestor
Paulo Helene



**Vice-presidência
Administrativa e Diretoria
de Novas ALCONPATs
Nacionais**
Luis Álvarez Valencia

► DIRETORIAS



Diretoria da Juventude
Bernardo Tutikian



Diretoria de Educação
Oladis Troconis de Rincón



Diretoria de Associação
Margita Kliever Voth



Diretoria de Normalização
Pedro Garcés Terradillos



Diretoria de Boletins Técnicos
Miguel Ángel Sanjuan



Diretoria de Notícias
Erick Maldonado Bandala



Diretoria de Estatísticas
Jimmy Vanegas Salmerón



Diretoria de Premiações
Oscar Cabrera

efetivamente, o *know-how* daqueles que a assinam. Atualmente, a associação conta com três convênios firmados, com o IBRACON, com a RILEM e com a *fib*.

5. MODERNIZAÇÃO DOS REGULAMENTOS

Nas gestões anteriores, foram criados diversos regulamentos que sustentam as ações da associação nos últimos anos. Como exemplo, há os regulamentos das vice-presidências e das premiações. A nova gestão, iniciada este ano com a Presidência da Dra. Carmen Andrade, tem como foco a modernização dos mesmos, iniciando pelo das premiações.

6. INCLUSÃO NAS REDES SOCIAIS

A ALCONPAT Int. realiza a promo-

ção em redes sociais como *Blogger*, *Facebook* e *Tweeter*, porém por conveniência e compatibilidade com o seu objeto social, faz-se pertinente a promoção em redes de outro tipo, como *Linkedin* e *Research Gate*. Esta atividade está sob a direção do Dr. Pedro Castro.

7. FORTALECIMENTO DA REVISTA ALCONPAT

A Revista ALCONPAT adota um processo de melhoria contínua com forte dedicação de sua equipe editorial. Foram ganhos dois concursos que permitiram a obtenção de fomentos que a auxiliem a atender os requisitos necessários para o estudo de citação, impacto e eventuais inclusões em indexações, como *Scopus* e *Journal Citation Reports*. Atualmente,

está participando de um outro concurso público de verbas de pesquisa, no qual foram estabelecidos os objetivos da presente gestão da ALCONPAT Int. 2017-2019: melhorar a visibilidade por meio das redes sociais, profissionalizar o comitê editorial, complementar as bases de dados pessoais (avaliadores e editores associados), adotar a nova versão responsiva do sistema OJS, aumentar o número de colaborações publicadas entre países de outras partes do mundo, entre outros. A Revista ALCONPAT é ainda reconhecida pelo *Qualis CAPES* com classificação B2.

A ALCONPAT Int. se mantém em constante atualização e as ações da sua nova gestão visam contribuir para um melhor posicionamento da Associação. 

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE
CONTROLE DA QUALIDADE DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS



COMITÊ 303: Materiais não convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras

GT4: Caracterização de materiais não convencionais e fibras para reforço estrutural

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio
Representante CTA: Sônia Maria Carrato Denis



PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

Controle da qualidade do concreto reforçado com fibras

Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre *Uso de Materiais não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras*, a Prática Recomendada “Controle da qualidade do concreto reforçado com fibras” indica métodos de ensaios para o controle da qualidade do CRF utilizado em estruturas de concreto reforçado com fibras e estruturas de concreto reforçado com fibras em conjunto com armaduras.

A Prática Recomendada aplica-se tanto a estruturas de placas apoiadas em meio elástico quanto a estruturas sem interação com o meio elástico.

AQUISIÇÃO

www.ibracon.org.br (Loja Virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-30-5

Edição: 1ª edição

Formato: eletrônico

Páginas: 31

Acabamento: digital

Ano da publicação: 2017

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

Patrocínio



Inspeção e diagnóstico de estrutura de concreto armado: estudo de caso

ALAN GRUBER – ENGENHEIRO CIVIL

JOELCIO LUIZ STOCCO – PROFESSOR-MESTRE

CENTRO UNIVERSITÁRIO CATÓLICA DE SANTA CATARINA

I. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil está sujeita a diversos fatores que interferem no seu desempenho, como, por exemplo, a sua localização geográfica e situação econômica local e regional, bem como diversas outras variáveis. Atualmente, por exemplo, o alto índice de distritos e a redução dos investimentos do PAC potencializaram a paralisação de mais de dez mil obras em todo Brasil, de acordo com o estudo realizado pela Confederação Nacional de Municípios (CNM). Com tantas obras

paralisadas, é natural que as mesmas sejam retomadas em algum momento. Para isso é fundamental conhecer o estado de deterioração atual da obra e de seus sistemas, levando em conta o tempo de exposição e, na maior parte dos casos, da ausência de manutenção. O presente estudo teve por objetivo avaliar uma obra paralisada por mais de 20 anos, analisando os efeitos da exposição prolongada por meio de anamnese e inspeções visuais, além de ensaios de potencial de corrosão, esclerometria e avanço de carbonatação e de resistência a com-

pressão, permitindo se chegar a algumas conclusões quanto ao diagnóstico da estrutura.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Anamnese

A obra definida como objeto de estudo teve um longo período de exposição e está localizada dentro da área de transbordo do rio que corta o centro da cidade de Rio Negrinho (SC). Desta forma, a presença de umidade juntamente com o período prolongado de exposição influenciaram diretamente na durabilidade do concreto estrutural e favoreceram a constatação de manifestações patológicas.

O município institui como área de risco todas as áreas até a cota +792 (em vermelho na Figura 2.1.1). A obra avaliada situa-se dentro desta área. Ainda de acordo com dados do município, toda a parte inferior da estrutura ficou cerca de dois metros abaixo do nível da água durante a última grande cheia, em 1992, e foi acometida por diversas outras pequenas cheias que ocorreram desde então. De acordo com informações dos proprietários, a obra teve início no ano de 1988.



► **Figura 2.1.1**

Fonte: acervo da Prefeitura Municipal de Rio Negrinho, SC



► **Figura 2.2.1**
Tubulação solidarizada com a estrutura do pavimento inferior (O autor, 2016)

Chegou a ficar cerca de sete anos paralisada. Foi retomada em 1995 e, em seguida, paralisada novamente, permanecendo sem revestimento até os dias de hoje. A inexistência de informações quanto aos projetos originais, licenças e alvarás, ocorreu por se tratar de uma obra irregular, cujas cópias de projetos foram danificadas pelas cheias que atingiram a região.

2.2 Inspeção preliminar

Durante a inspeção preliminar algumas características foram observadas, destacando-se falhas executivas. A Figura 2.2.1 mostra uma viga do pavimento térreo com grande parte da sua seção de concreto comprometida pela passagem de um tubo de esgoto. A união entre estrutura e tubulação pode trazer problemas graves também por submeter as peças plásticas a esforços para os quais não foram dimensionadas, além de expor o concreto e o aço à umidade e também à possibilidade de contaminação.

A presença de nichos de concretagem, segregação e a ausência de cobrimento são frequentes em muitos dos elementos estruturais da obra de ambos



► **Figura 2.2.2**
Vigas do pavimento inferior (O autor, 2016)

os pavimentos. A Figura 2.2.2 mostra uma viga do pavimento inferior com baixo cobrimento, além da segregação do concreto, expondo a armadura à umidade e aos demais agentes externos.

A grande quantidade de agregado gráúdo em relação à argamassa do concreto utilizado no pavimento inferior da obra é notável em diversos pontos. Esse baixo teor de argamassa, aliado ao mal adensamento do concreto no momento da concretagem e ao baixo cobrimento, impede que o concreto preencha toda a face do elemento. Desta forma, os sinais de corrosão do aço da estrutura são visíveis por toda edificação, já em forma de fissuração e até deslocamento, expondo a armadura conforme demonstrado na Figura 2.2.3.

Outro fator notável identificado na inspeção visual foi que, em alguns casos, a falta de cobrimento se deu também pelo deslocamento da armadura nas seções dos pilares, como constatado no pilar ilustrado na Figura 2.2.4. Em uma das faces do pilar o cobrimento chega a ultrapassar cinco centímetros, sendo que na face oposta o cobrimento é quase inexistente. Esse tipo de falha compromete o desempenho da estrutura não apenas na durabilidade, mas também na resistência aos esforços para os quais ela foi dimensionada.

Entre as informações obtidas na inspeção preliminar, uma delas foi a quantidade de elementos que apresentam fissuras de acordo com sua abertu-



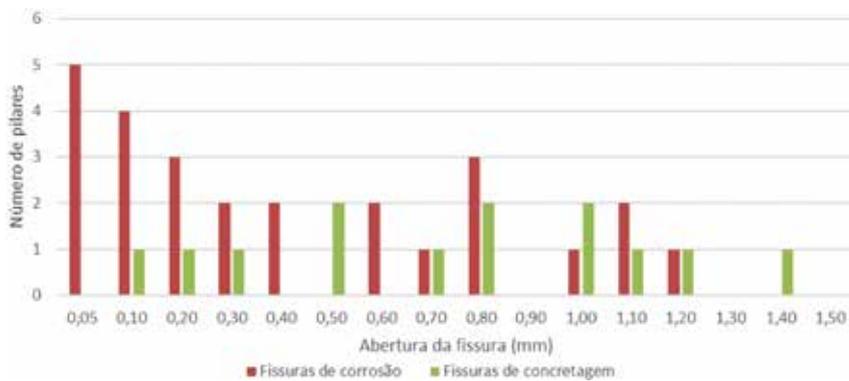
► **Figura 2.2.3**
Fissuração por corrosão em pilar do pavimento superior (O autor, 2016)

tura transversal, demonstrada na Figura 2.2.5. Mais da metade dos pilares da obra apresentaram fissuras originadas pela corrosão, identificadas pelas barras em vermelho, das quais 38% já possui abertura máxima maior do que 0,5 mm, indicando um nível de corrosão elevado e o início do deslocamento.

Quanto às manifestações mais comuns aos elementos da obra, o número de pilares que apresentam a mesma manifestação em relação ao número total de pilares é demonstrado na figura 2.2.6.



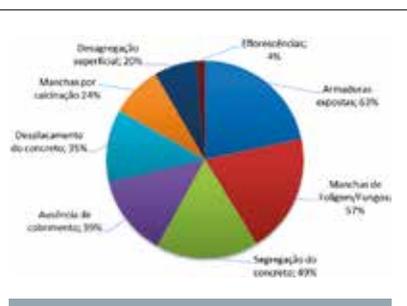
► **Figura 2.2.4**
Deslocamento e desagregação em pé de pilares (O autor, 2016)



► **Figura 2.2.5**
Número de pilares fissurados por dimensão (O autor (2016))

► **Quadro 2.3.1 – Avaliação da corrosão segundo ASTM C876-09**
(adaptado de Figueiredo, Neto e Almeida, 2011)

Potencial de corrosão relativo ao eletrodo de referência de cobre-sulfato de cobre (mV)	Probabilidade de corrosão (%)
Mais negativo que -350	95
Mais positivo que -200	5
Entre -200 e -350	Incerta



► **Figura 2.2.6**
Tipos de manifestações em relação ao total de pilares da obra (O autor, 2016)

Ainda não há, até o momento, normatização nacional do ensaio de potencial de corrosão. Contudo, a norma estrangeira ASTM C876-09 estabelece critérios para a execução dos ensaios e também para a avaliação dos resultados obtidos em relação à probabilidade de corrosão, conforme exposto no quadro 2.3.1.

A área de armadura exposta foi previamente limpa com uma escova de aço e, em seguida, com estopa. Com o conector positivo do multímetro devidamente fixado no aço da estrutura, ao outro polo do medidor foi conectado o eletrodo de cobre-sulfato de cobre, então apoiado sobre uma esponja úmida posicionada sobre o concreto, no sentido da continuação da barra. Após esse processo, o multímetro, já configurado para medição em Volts, era acionado e o sistema permanecia imóvel de 30 a 45 segundos após o acionamento, até que a medição do mesmo se estabilizasse.

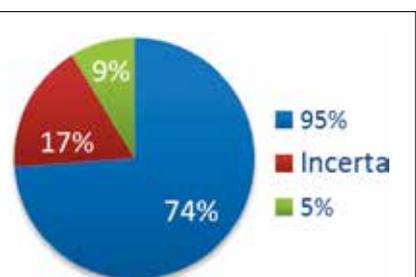
O valor então exibido no visor do multímetro era convertido para milivolt (mV).

Com essas informações foi possível avaliar a probabilidade de corrosão de cada elemento, de acordo com os critérios mencionados pela ASTM C876-09 mencionada anteriormente. Os resultados obtidos nessas medições são apresentados no quadro 2.3.2.

Apenas em 5 dos elementos avaliados, o aço pode ainda não ter iniciado o processo de corrosão, conforme é demonstrado na Figura 2.3.1. Contudo o processo amostral permite a existência de ainda mais locais com probabilidade elevada.

2.4 Dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

Para uma melhor compreensão da homogeneidade da estrutura, primeiramente foram realizados os ensaios



► **Figura 2.3.1**
Probabilidade de corrosão da armadura (O autor, 2016)

2.3 Potencial de corrosão

Para complementar o estudo, o ensaio de potencial de corrosão foi realizado nos pilares nos quais o acesso às barras de aço não comprometeria a estrutura, como, por exemplo, em locais onde praticamente não há cobertura, ou onde o concreto tenha deslocado com o tempo, possibilitando também a limpeza da área de contato entre o aço da estrutura e a conexão positiva do equipamento.

► **Quadro 2.3.2 – Índice de potencial de corrosão (mV) (O autor (2016))**

Pilar	Potencial	Pilar	Potencial	Pilar	Potencial	Pilar	Potencial
P1	-560	P9	-272	P22	-480	P36	-154
P2	-681	P11	-398	P23	-371	P37	-340
P3	-398	P13	-558	P25	-254	P46	-723
P6	-758	P14	-269	P27	-738	P48	-722
P7	-668	P18	-445	P28	-746	P49	-658
P8	-421	P21	-643	P29	-721	-	-

► Quadro 2.4.1 – Índice esclerométrico médio IEM ((O autor (2016))

Pilar	IEM												
P1	47,4	P8	34,3	P15	49,6	P22	35,2	P30	36,0	P37	31,3	P44	35,1
P2	45,9	P9	38,1	P16	37,5	P23	34,1	P31	24,7	P38	29,8	P45	35,0
P3	38,2	P10	36,3	P17	40,9	P24	32,7	P32	38,6	P39	31,2	P46	24,0
P4	39,5	P11	40,0	P18	36,2	P25	36,0	P33	36,8	P40	30,6	P47	32,4
P5	37,1	P12	40,5	P19	36,2	P27	23,1	P34	34,6	P41	41,7	P48	25,0
P6	40,6	P13	33,7	P20	36,3	P28	24,7	P35	40,5	P42	22,1	P49	25,0
P7	32,3	P14	32,4	P21	34,0	P29	25,5	P36	35,3	P43	36,1	–	–

de dureza superficial pelo esclerômetro de Schmidt, conforme descrito na NBR 7584 (ANBT, 2012). Dentre os pilares ensaiados, o pilar de número 41 não atendeu à condição de valores válidos com a primeira área de ensaio, sendo necessário preparar outra área para o ensaio. O pilar de número 26 foi desconsiderado, pois apresentou uma superfície muito irregular, impossibilitando a preparação da área por lixamento manual. Apesar de se tratar de um ensaio comparativo, não representando diretamente valores de resistência, os ensaios de esclerometria demonstraram coerência entre os valores de resistência superficial com os resultados dos ensaios de compressão e de avanço de carbonatação. Além disso, elementos com menos sinais de manifestações patológicas também apresentaram índices esclerométricos mais elevados. O quadro 2.4.1 apresenta os valores obtidos para o índice esclerométrico médio de cada pilar.

2.5 Extração e rompimento de testemunhos

A partir dos valores de Índice Esclerométrico Médio (IEM) obtidos anteriormente, procedeu-se com a classificação da estrutura por meio de lotes com índices esclerométricos semelhantes, conforme demonstrado no quadro 2.5.1.

Para cada lote foram selecionados dois pilares para extração de testemunhos, levando em conta o posicionamento do pilar, sua seção geométrica e a densidade de armadura, conforme amostragem em vermelho na Figura 2.5.1.

Antes da extração dos testemunhos, todas as vigas que descarregavam nos pilares identificados para extração dos testemunhos foram apoiadas com escoras de madeira, a fim de atenuar o carregamento resultante sobre o pilar.

A extração então foi realizada por uma empresa especializada, com uma perfuratriz de concreto, dotada de serra-copo diamantada, refrigerada à água, fixada no pilar por ancoragem tipo *parabolt*. Conforme permitido pela norma NBR 7680-1 (ABNT, 2015), o número de testemunhos extraídos foi reduzido, por questões de segurança, de quatro para apenas duas amostras por lote, em amostragem parcial, que ainda seriam extraídas de elementos estruturais distintos.

Os testemunhos foram identificados de acordo com a numeração do pilar do qual foram extraídos e, em seguida, transportados até o município de Jaraguá do Sul (SC), onde permaneceram em ambiente de laboratório por 7 dias. Na sequência, os testemunhos foram retificados e rompidos. Os resultados obtidos são apresentados no quadro 2.5.2.

Os resultados dos ensaios de compressão obtidos a partir da extração dos testemunhos apresentaram, em dois dos quatro lotes, uma variação superior a 15% entre os valores individuais obtidos na compressão dos testemunhos e a média aritmética do lote. A opção por retirar apenas dois testemunhos por lote impossibilitava que fosse determinado qual dos testemunhos apresentava divergência quanto ao valor real de resistência do concreto, se avaliado apenas conforme os resultados do seu lote. Contudo a diferença de resistência entre os dois pilares pode ser real, tendo em vista a comparação dos resultados de compressão, dos índices esclerométricos e

das resistências à compressão dos demais lotes de testemunhos.

No lote de número 1, o testemunho de número dois obteve um valor de resistência à compressão de 38,86 MPa e índice esclerométrico médio de 45,93, sendo que ambos os valores destacam-se dos valores obtidos nos demais lotes, demonstrando a coerência dos resultados. No entanto, o testemunho de número 6 obteve seu valor de compressão axial de apenas 22,46 MPa, apesar do índice esclerométrico de 40,67, cuja resistência se assemelha aos valores obtidos nos testemunhos do lote 3, de IM 33,35. Assim nota-se que o ensaio esclerométrico pode ter sofrido alguma alteração pela densidade da armadura no pilar ou por uma maior proporção de agregados graúdos no traço do concreto.

2.6 Profundidade de carbonatação

A aplicação de uma solução de fenolftaleína diluída em meio alcoólico a 1% foi realizada diretamente nos pilares onde houve a extração dos testemunhos e sobre as amostras extraídas, como pode ser observado na Figura 2.6.1.

Como os ensaios foram realizados em pilares de periferia, as medidas de carbonatação puderam ser classificadas em face interna e face externa, cujos resultados obtidos são apresentados no quadro 2.6.1.

Nos pilares do pavimento inferior (2.6.2.a), além de uma maior profundidade de carbonatação, é visivelmente



► Quadro 2.5.1 – Classificação dos pilares por lotes de índices esclerométricos médios ((O autor (2016))

Lote 1	43,43	Lote 2	37,38	Lote 3	33,35	Lote 4	24,30
P01	47,47	P03	38,21	P07	32,31	P27	23,13
P02	45,93	P04	39,56	P08	34,30	P28	24,77
P06	40,67	P05	37,10	P13	33,77	P29	25,53
P12	40,50	P09	38,10	P14	32,46	P31	24,77
P15	49,69	P10	36,36	P21	34,00	P42	22,17
P17	40,90	P11	40,00	P22	35,18	P46	24,06
P35	40,55	P16	37,50	P23	34,11	P48	25,00
P41	41,75	P18	36,20	P24	32,71	P49	25,00
–	–	P19	36,25	P30	36,00	–	–
–	–	P20	36,38	P34	34,67	–	–
–	–	P25	36,09	P36	35,31	–	–
–	–	P32	38,64	P37	31,38	–	–
–	–	P33	36,83	P38	29,81	–	–
–	–	P43	36,14	P39	31,21	–	–
–	–	–	–	P40	30,64	–	–
–	–	–	–	P44	35,10	–	–
–	–	–	–	P45	35,00	–	–
–	–	–	–	P47	32,40	–	–

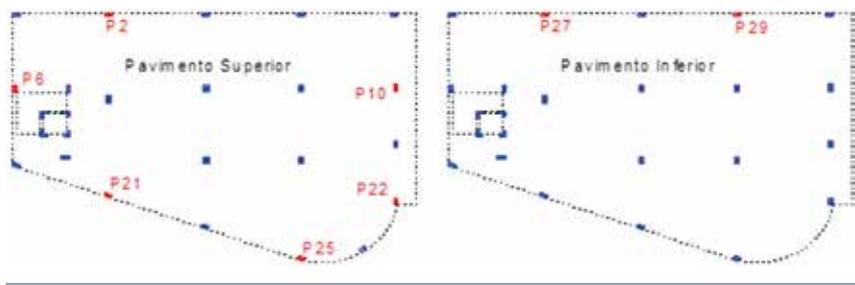
► Quadro 2.5.2 – Avaliação da resistência à compressão do concreto da estrutura ((O autor (2016))

Lote	Amostra	H (cm)	h/d	$f_{ci,ext,inc}$ (MPa)	K1	K2	K3	K4	$f_{ci,ext}$ (MPa)	$f_{ck,ext,seg}$ (MPa)
1	2	19,2	1,92	36,5	-0,0067	0,06	0,05	-0,04	38,9	38,9
	6	20	2	21,0	0,0000	0,06	0,05	-0,04	22,5	
2	10	18,7	1,87	17,9	-0,0107	0,06	0,05	-0,04	18,9	19,4
	25	19	1,9	18,3	-0,0083	0,06	0,05	-0,04	19,4	
3	21	19,2	1,92	22,7	-0,0067	0,06	0,05	-0,04	24,2	24,2
	22	18,9	1,89	21,0	-0,0092	0,06	0,05	-0,04	22,3	
4	27	20	2	9,7	0,0000	0,06	0,05	-0,04	10,4	15,3
	29	19,5	1,95	14,4	-0,0042	0,06	0,05	-0,04	15,3	

notável a maior porosidade do concreto em relação ao material extraído do pavimento superior (2.6.2 b). Outra diferença notável é a presença de agregados visivelmente maiores do que os agregados utilizados no concreto do pavimento superior, fato que indica uma mudança não apenas no método construtivo, mas, sobretudo, uma mudança no traço entre o concreto utilizado no pavimento inferior e o utilizado no pavimento superior, como, por exemplo, uma redução da relação água/cimento e melhorias no processo de adensamento e de cura.

Todos os elementos estruturais avaliados apresentaram uma variação da profundidade carbonatada entre face interna e face externa, demonstrando que o avanço da carbonatação foi mais acentuado nas faces internas dos elementos. Esse fato pode ser explicado pela maior presença de umidade nos poros do concreto das faces internas, que, por não estarem diretamente expostas ao sol como as faces externas, mantiveram sempre o teor de umidade mais elevado quando comparado com as faces opostas. A umidade nos poros do concreto é um dos principais fatores intervenientes na carbonatação, uma vez que possibilita a dissolução do hidróxido de cálcio e ainda facilita a difusão de dióxido de carbono (CO₂) dentro do sistema de poros do concreto.

Em todos os elementos avaliados no pavimento inferior quanto à profundidade de carbonatação, as faces internas apresentaram valores muito elevados, chegando a atingir quase 9 cm de profundidade. O fato da parte inferior da estrutura ter sido intensamente atingida pelas cheias, que acabaram por carrear parte do material dos poros desses pilares e, assim, impossibilitaram que o processo de carbonatação reduzisse seu avanço pelo



► Figura 2.5.1 Amostragem para extração de testemunhos (O autor, 2016)

► Quadro 2.6.1 – Profundidade de carbonatação ((O autor (2016))

Profundidade de carbonatação (mm)	P02	P06	P10	P21	P22	P25	P27	P29
Face interna	29	34	29	38	32	30	76	87
Face externa	–	–	24	34	24	26	38	36

preenchimento dos poros com carbonato de cálcio, aliado também a uma qualidade inferior do concreto e a maior presença de umidade nos poros, em comparação com a parte superior da estrutura, possibilitou que o avanço da carbonatação fosse mais intensa, além de ter exposto esses pilares aos agentes externos por mais tempo.

3. CONCLUSÕES

De maneira geral, a estrutura apresenta diversas manifestações patológicas, que causam sensação de insegurança quanto à sua estabilidade,

quando aliadas às oscilações percebidas nas lajes com o simples caminhar de uma pessoa sobre elas. Destaca-se a ausência de cuidados com a execução dos projetos em municípios pequenos, uma vez que as falhas encontradas poderiam ter sido evitadas durante a etapa de execução da obra. A falta de fiscalização das obras, bem como a carência de profissionais capacitados

para a execução dos serviços, aliados ao não acompanhamento da execução pelo engenheiro responsável, ainda são fatores extremamente comuns e recorrentes em municípios de pequeno porte.

Quanto ao estado de conservação da estrutura, pode-se concluir que todos os elementos da obra já estão com o aço despassivado e em processo de corrosão iniciado ou se iniciando. Com as informações obtidas até o momento, aliadas às oscilações significativas nas lajes que causam intensa sensação de insegurança, pode-se concluir que, considerando os critérios da norma NBR 6118 (ABNT, 2014), a estrutura já alcançou o final da sua vida útil de projeto. 🏠



► **Figura 2.6.1**
Profundidade de carbonatação no pilar 21 (O autor, 2016)



a Inferior



b Superior

► **Figura 2.6.2**
Profundidade de carbonatação em pilares de ambos os pavimentos (O autor, 2016)

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FIGUEIREDO, Enio Pazzini. NETO, Gilberto N. de Araújo. ALMEIDA, Pedro A. de Oliveira. Monitoração de estruturas de concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.) Concreto: ciência e tecnologia. v. 2, 1. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2011.



Determinação de vida útil residual de estrutura de concreto de edifício residencial multifamiliar

CAROLINE ZENATO – ARQUITETA E URBANISTA, MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO

CASSIUS RIGHEZ DA SILVA – ARQUITETO E URBANISTA

CRISTINA B. DANIELESKI – ARQUITETA E URBANISTA, MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO

PATRÍCIA TROIS ROTH – ARQUITETA E URBANISTA

RICARDO FERRARO – ARQUITETO E URBANISTA

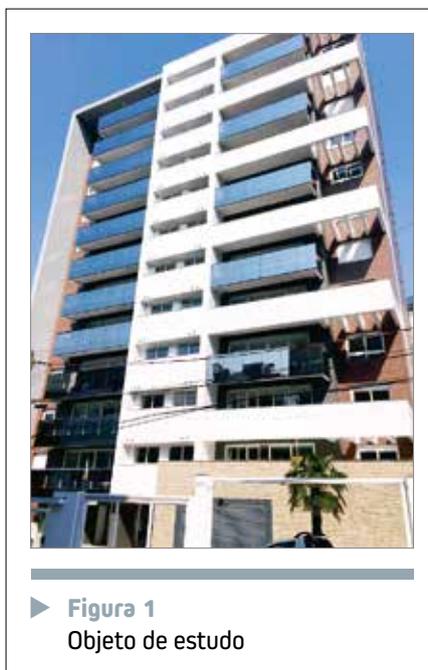
BERNARDO FONSECA TUTIKIAN – ENGENHEIRO CIVIL, DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS)

I. INTRODUÇÃO

A Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais estabeleceu, desde 2013, a preocupação com aspectos relacionados ao conforto, ao impacto ambiental, à segurança, à durabilidade e à manutenibilidade dos edifícios, garantindo que os sistemas construtivos apresentem, ao longo de sua vida útil, desempenho compatível com as condições pré-estabelecidas de uso e manutenção. Dentre os aspectos que interferem no ciclo de vida das construções, é relevante destacar não apenas a qualidade dos materiais, a plena execução das técnicas construtivas e as interferências do meio externo, mas também o cálculo da vida útil de projeto (VUP) e a realização de manutenções periódicas preventivas ou corretivas, que são responsáveis por conservar ou recuperar o desempenho da estrutura e dos elementos construtivos que integram os edifícios. (ABNT, 2013; TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

Diante do exposto, esse artigo



tem a finalidade de determinar a vida útil remanescente de uma estrutura de concreto de um edifício residencial multifamiliar na cidade de Caxias do Sul - RS. O método utilizado consistiu de inspeção cadastral, a fim de identificar e diagnosticar problemas patológicos, e de realização de ensaio não destrutivo em elementos da estrutura de concreto armado, visando à análi-

se da previsão de vida útil, segundo o modelo de Tuutti, de 1982, e os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 15575:2013.

2. MÉTODO

2.1 Objeto de estudo

O objeto de estudo, observado na Figura 1, consiste em um edifício residencial multifamiliar, localizado na cidade de Caxias do Sul – RS, região urbana que pode ser inserida na classe de agressividade II da ABNT NBR 6118. Com 6.268,59 m² construídos, com 15 pavimentos distribuídos em dois subsolos de garagem, térreo com garagem e áreas de uso comum, onze pavimentos com dois apartamentos por andar e pavimento técnico.

2.2 Inspeção cadastral

A inspeção cadastral foi realizada em duas etapas: inspeção preliminar e detalhada. Na etapa preliminar, fez-se



a



b



c

► **Figura 2**
Equipamentos: (a) pacômetro; (b) paquímetro; (c) sacos plásticos

o reconhecimento do objeto de estudo e a coleta de informações prévias por meio de exame visual em uma primeira vistoria na edificação e através de formulário preliminar encaminhado ao engenheiro responsável pela obra. Foram observados possíveis sinais aparentes de manifestações patológicas e registrados por meio de equipamentos fotográficos. Averiguou-se o meio ambiente em que a edificação se encontra inserida e buscaram-se informações sobre propriedades físicas com base em dados climáticos. A inspeção detalhada ocorreu na segunda visita à edificação e contou com revisão dos pontos críticos identificados na primeira etapa e análise em novos locais, incluindo possíveis locais de infiltração, como áreas relacionadas à piscina.

2.3 Vida útil estrutural

Este trabalho utilizou o modelo de Tuutti, de 1982, para obtenção da estimativa de durabilidade e vida útil de estruturas de concreto. O mode-

lo apresenta equação que envolve as principais variáveis no processo de degradação de estruturas de concreto por carbonatação: espessura carbonatada do elemento, tempo em anos do elemento e um coeficiente, que depende da difusividade efetiva do carbono no concreto, conforme a Equação 1.

$$e_c = k \cdot \sqrt{t} \quad 1$$

Onde: e_c é a espessura carbonatada (em milímetros); k representa o coeficiente dependente da difusividade efetiva do CO_2 no concreto; t é o tempo em anos. O tempo da estrutura de concreto foi obtido por meio do formulário preliminar e, para obtenção da espessura carbonatada (e_c), realizou-se um ensaio de pouca interferência na estrutura. Na Figura 2 observam-se alguns dos equipamentos utilizados no ensaio, como furadeira, pacômetro, paquímetro, sacos plásticos transparentes para coleta dos resíduos e identificação de informações necessárias, além de uma solução líquida à base de fenolftaleína.

Inicialmente, identificaram-se os elementos da estrutura de concreto localizados em áreas com maior concentração de dióxido de carbono: dois pilares do 1º subsolo e uma viga de concreto da casa de máquinas do pavimento técnico. Ressalta-se que os elementos do 1º pavimento de garagem caracterizam-se como pontos críticos em função de maior contato com o CO_2 e por possuírem apenas pintura a base PVA como proteção, enquanto que a viga se localizava em ambiente menos crítico e apresentava-se revestida com argamassa e pintura. Na Figura 3 observam-se os elementos definidos, intitulados como E1, E2 e E3, onde o elemento identifica-se pela letra “E”, seguido da numeração, conforme a ordem dos ensaios realizados *in loco*.

A espessura de cobrimento das armaduras de cada elemento foi obtida por meio da pacometria. Após, seguiu-se o seguinte processo:

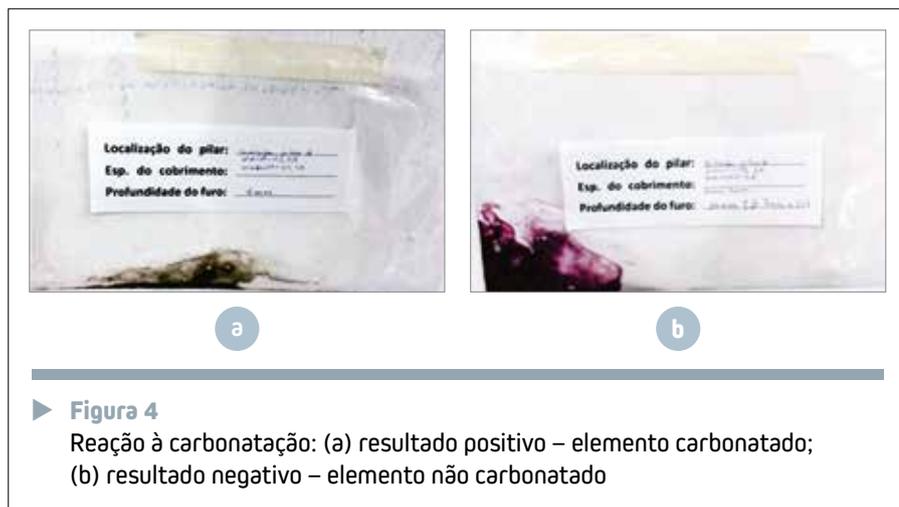
- a) Furação de 2mm de profundidade no elemento para obter o pó de concreto por meio de coletor plástico;





► **Figura 3**
Elementos ensaiados: (a) pavimento de garagem; (b) pavimento técnico

- b) Aspersão de solução à base de fenolftaleína, álcool etílico e água deionizada (solução de 1%, 49% e 50%, respectivamente) no pó de concreto captado; em contato com o material, a solução indica a existência de CO₂ na estrutura ao reagir com partículas de pH alcalino, sendo que, quando não há presença de CO₂, a mistura responde tornando-se colorida, na tonalidade rosada (PERIM, 2013);
- c) Conferência do resultado: obtendo reação positiva à carbonatação, fez-se novo furo de maior profundidade no elemento e o processo



► **Figura 4**
Reação à carbonatação: (a) resultado positivo – elemento carbonatado; (b) resultado negativo – elemento não carbonatado

repetiu-se até a identificação de resultado negativo ao CO₂, quando foi feita a medição do furo e obteve-se a espessura de carbonatação (ec).

Os resultados positivo e negativo para carbonatação, por meio de aspersão da solução de fenolftaleína em um dos elementos analisados, podem ser observados na Figura 4.

Obtida a espessura de carbonatação (ec) de cada elemento, foi aplicada a equação de Tuutti, e obteve-se a constante “k” da equação. Na segunda etapa, com o uso da mesma equação, utilizou-se a espessura de carbonatação (ec) obtida no ensaio e o coeficiente “k”, resultando no tempo (t) de vida útil de cada elemento de concreto. Na terceira etapa do cálculo, calculou-se o tempo de vida residual do componente. A fim de analisar as espessuras de cobrimento nominal das armaduras encontradas *in loco*, utilizou-se como base o valor de cobrimento para vigas e pilares indicados pela ABNT NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto, conforme observado na Tabela 1, tanto a versão da época do projeto quanto a atual, para a classe de agressividade II, de acordo com o local analisado.

3. RESULTADOS

Os exames visuais realizados nas inspeções permitiram constatar que a edificação possui ótimo nível de acabamento, característica de acordo com o padrão do empreendimento. Os locais inspecionados apresentaram elementos bem-acabados, sinalizações e equipamentos de emergência instalados, com as instalações funcionando de maneira adequada. Na inspeção

► **Tabela 1 – Cobrimento nominal (mm) para a classe de agressividade II**

Referência	Cobrimento nominal (mm)	Tolerância de execução (mm) – ΔC	Cobrimento mínimo (mm)
ABNT NBR 6118:2003	30	10	20
ABNT NBR 6118:2014	30	10	20

Fonte: adaptado de ABNT (2003), ABNT (2014)

► Tabela 2 – Medidas de cobrimento das armaduras obtidas *in loco*

Barras	Cobrimento das armaduras (mm)		
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3
Horizontais	10	9 e 10	8 e 6
Verticais	17 e 26	23 e 8	7 e 9

preliminar observaram-se manifestações patológicas pontuais, que foram confirmadas pela inspeção detalhada: fissuras externas e internas e corrosão.

3.1 Vida útil remanescente

A informação de início e término da execução da estrutura de concreto foi utilizada para a definição do tempo da estrutura, que é de 36 meses, ou 3 anos.

A Tabela 2 apresenta os valores de cobrimento das armaduras obtidos *in loco*. Para os cálculos, utilizou-se o menor valor de cada elemento. Salienta-se que nenhum dos componentes analisados apresentou cobrimento de 20 mm, que é o cobrimento nominal menos a tolerância de execução, conforme especificado no projeto estrutural e na ABNT NBR 6118.

Já a Tabela 3 apresenta os resultados obtidos com o ensaio de carbonatação do concreto.

Com os valores, utilizou-se a equação de Tuutti em três etapas para previsão da vida útil de cada elemento. A Tabela 4 apresenta as variáveis relacionadas na equação e os resultados alcançados, no qual destacam-se os valores de vida útil residual.

Os resultados indicam que nenhum dos elementos apresenta vida útil próxima dos 50 anos, valor estipulado pela ABNT NBR 15575:2013. O elemento 1 é o que mais se aproxima desse valor,

porém, apresenta-se abaixo do esperado, pois, ainda que a espessura de carbonatação seja de apenas 3 mm, o cobrimento da armadura também é baixo, de 10 mm. O elemento 2 já apresenta presença de carbonatação chegando na armadura da estrutura, uma vez que a espessura de carbonatação é de 10mm e a menor espessura de cobrimento é de 8mm. O elemento 3, componente com menor contato com o CO₂, apresentou valor abaixo do esperado, em função de sua espessura de cobrimento de apenas 6 mm.

► Tabela 3 – Resultados de carbonatação das estruturas de concreto

Elemento estrutural	Ordem de realização da medição	Espessura de carbonatação (mm)
1	1° furo	2
	2° furo	5
	3° furo	3
2	1° furo	2
	2° furo	5
	3° furo	7
	4° furo	10
3	1° furo	2

Para demonstrar a importância de uma execução da estrutura de concreto adequada, calculou-se a vida útil para os elementos caso o cobrimento estipulado pelo projetista fosse atendido. A Tabela 5 mostra os valores.

► Tabela 4 – Variáveis utilizadas na equação de Tuutti e resultados obtidos

Variáveis	Unidade	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3
Tempo real de uso	anos	3	3	1
ec – Espessura de carbonatação	mm	3	10	2
c – Cobrimento medido no local	mm	10	8	6
k – Constante calculada	mm/ano ^{1/2}	1,73	5,78	2,0
Tempo de vida útil projetada	anos	33	2	9
Tempo de vida residual	anos	30	-1	8

► Tabela 5 – Vida útil remanescente calculada para caso o cobrimento de projeto fosse atendido

Variáveis	Unidade	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3
Tempo real de uso	anos	3	3	1
ec – Espessura de carbonatação	mm	3	10	2
c – Cobrimento medido no local	mm	20	20	20
k – Constante calculada	mm/ano ^{1/2}	1,73	5,78	2,0
Tempo de vida útil projetada	anos	134	12	100
Tempo de vida residual	anos	131	9	99



Observa-se a importância de uma execução adequada, seguindo o pressuposto pela ABNT NBR 14931. Caso os cobrimentos previstos tivessem sido obtidos, a vida útil dos elementos 1, 2 e 3 subiria, respectivamente, 101, 10 e 91 anos, mostrando que o cobrimento de concreto das armaduras, para a durabilidade, é mais importante que a velocidade de entrada de agentes agressivos.

4. CONCLUSÃO

A inspeção cadastral realizada no objeto de estudo permitiu diagnosticar alguns problemas patológicos, além de verificar a vida útil de elementos estruturais, conduzindo a eventuais reparos.

De forma econômica, sem interferir na estrutura e rapidamente, pode-se determinar o tempo de vida útil remanescente de três elementos, que

apresentaram resultados insatisfatórios de acordo com Norma de Desempenho. Esta condição se deveu à baixa espessura de cobrimento identificada, considerada indispensável à proteção das armaduras. Portanto, reforça-se a importância de execução das estruturas, segundo as recomendações da ABNT NBR 14931, a fim de evitar problemas futuros e assegurar a vida útil de projeto mínima. 🏠

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- [2] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- [3] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- [4] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- [5] PERIM, J. R. Influência do metacaulim na durabilidade de concretos usuais de mercado sujeitos à carbonatação acelerada. Dissertação (Mestrado em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- [6] TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. Boletim Técnico 1: inspeção, diagnóstico e prognóstico na construção civil. ALCONPAT: Mérida, 2013.
- [7] TUUTTI, K. Corrosion of steel in concrete. Sweden: CBI, 1982.

Prática Recomendada IBRACON/ABECE

Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibra



Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre Uso de Materiais Não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras, a *Prática Recomendada* é um trabalho pioneiro no Brasil, que traz as diretrizes para o desenvolvimento do projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras.

Baseada no *fib Mode Code 2010*, a *Prática Recomendada* estabelece os requisitos mínimos de desempenho mecânico do CRF para substituição parcial ou total das armaduras convencionais nos elementos estruturais e indica os ensaios para a avaliação do comportamento mecânico do CRF.

Aquisição

www.ibracon.org.br
(loja virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-26-8

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 39

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2016

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

Patrocínio



Viabilidade econômica da utilização de fibra de carbono em reforço estrutural

ADRIANO SILVA FORTES – PROFESSOR DOUTOR

GABRIEL C. VILAS BOAS RIOS – TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES

IGOR RICARDO A. GOMES – TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES

VINICIUS H. CORREIA SANTOS – TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES

INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA – IFBA

I. INTRODUÇÃO

O ramo da construção civil é um dos mais importantes na formação de uma nação. De acordo com o *Civil Engineering Institution*, do Reino Unido, uma infraestrutura eficiente e adequada pode ser considerada como a base da economia de qualquer nação (Silva Filho, 1999 apud Beber, 2003). Como consequência, o seu progresso é fundamental para qualquer país, tendo o desenvolvimento de novos materiais e novas técnicas construtivas contribuído para o avanço da construção civil, viabilizando projetos cada vez mais arrojados. Segun-

do Fortes (2004), o desenvolvimento da tecnologia do concreto e suas respectivas técnicas construtivas, em conjunto com a implementação de ferramentas computacionais sofisticadas, capazes de reproduzir com grande precisão o comportamento do concreto e do aço, permitiram explorar, plenamente, suas propriedades.

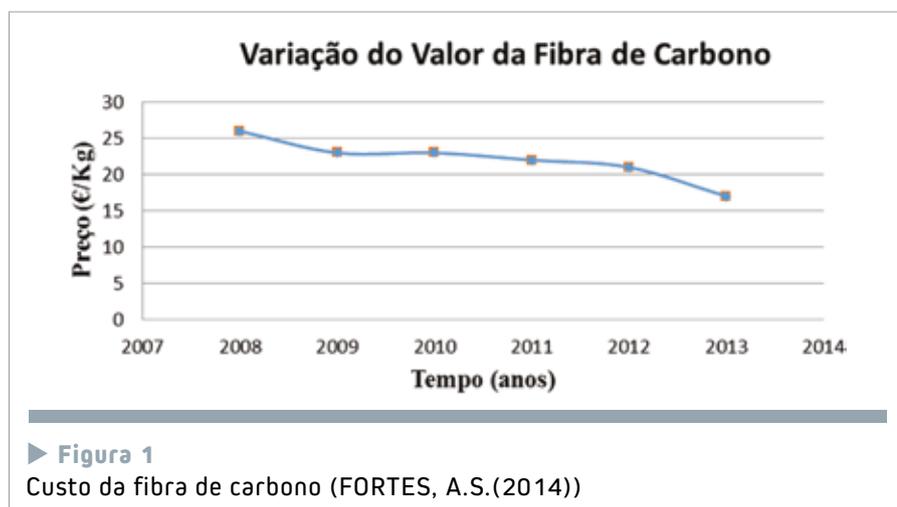
Recentemente, incorporou-se durabilidade ao conceito de estabilidade, pois não há sentido que uma estrutura seja estável por um período de tempo tão curto que a torne economicamente inviável (Souza e Ripper, 1998). A aplicação da fibra de carbono para reforço estrutural representa atualmente um dos meios mais importan-

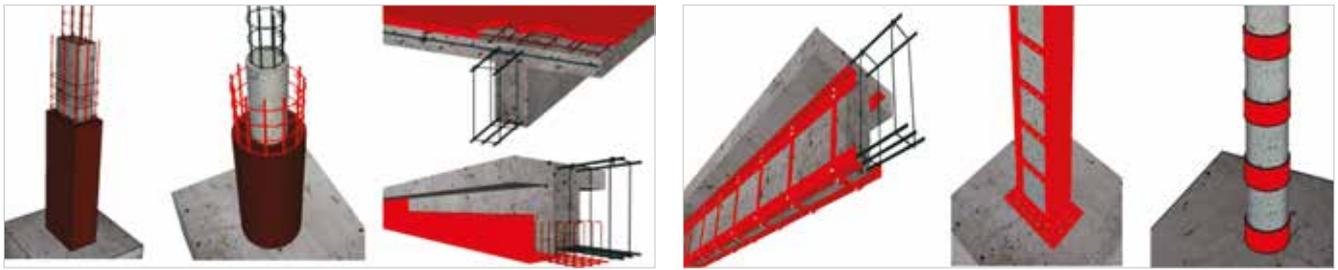
tes, modernos e eficazes para reabilitar uma edificação e garantir sua estabilidade, quando há falhas no projeto, modificação na utilização do edifício, modificação nas cargas sobre a estrutura e baixa resistência de materiais.

Neste trabalho, apresenta-se uma análise de custo do reforço estrutural, utilizando-se para isso uma comparação entre os métodos de colagem externa de mantas de fibras de carbono, de utilização de chapas metálicas e de aumento de seção da estrutura.

2. TÉCNICAS DE REFORÇO

Reis (2001) observa que geralmente é possível adotar mais de uma técnica de reforço numa estrutura e que existe uma conjugação de fatores que interferem na solução a ser adotada, tais como: a urgência da intervenção, os custos envolvidos, a possibilidade de interrupção do uso da estrutura, o tempo necessário para que a estrutura possa ser colocada sob carga, o ambiente em que se insere a peça, a intervenção arquitetônica, a coerência da técnica adotada com o quadro patológico e a análise do comportamento global da estrutura, devido às intervenções em suas partes.





► **Figura 2**

Esquemas das técnicas de aumento de seção e reforço com chapas metálicas coladas com epóxi (CHASTRE, C.(2014))

2.1 Fibra de carbono

A fibra de carbono é um material que possui propriedades interessantes para diversas áreas, entre elas: indústria automobilística, aeroespacial, de eletrodomésticos, da construção civil, entre outras. Apesar do aumento significativo da utilização do reforço pela aplicação de fibra de carbono, a técnica ainda é desconhecida para uma parcela significativa de profissionais. O gráfico apresentado na Figura 1 demonstra que o preço do material vem caindo nos últimos anos.

Existem basicamente três técnicas de reforço por aplicação de materiais compósitos à base de fibras de carbono que são mais empregadas na prática profissional - mantas coladas sobre a superfície do concreto, laminados colados sobre a superfície do concreto e laminados inseridos em entalhes realizados no concreto de cobertura dos elementos estruturais. Recentemente surgiram as aplicações de malhas de fibras de carbono inseridas como armaduras de concreto e a protensão de lâminas de fibras de carbono.

2.2 Aumento de seção

O reforço realizado por meio de aumento de seção consiste em adicionar

uma armadura ao elemento estrutural e recobri-la com concreto ou argamassa de alto desempenho, sendo normalmente indicado quando se quer restabelecer as condições de segurança e desempenho em estruturas com corrosão das armaduras ou quando é constatada uma baixa resistência do concreto ou armadura insuficiente. Atualmente, é muito empregada para aumentar a capacidade resistente de pilares nos quais o concreto não atingiu a resistência à compressão especificada em projeto (f_{ck}). Os materiais utilizados no processo de reforço por aumento de seção são bem simples, mas de difícil aplicação, o que acaba elevando o custo do reforço.

2.3 Chapa e perfil metálico

As chapas de aço são empregadas em reforços estruturais, coladas no concreto com resina epóxi e funcionam como uma armadura solidária ao elemento estrutural. Com o surgimento do método de aplicação de fibras de carbono, a utilização das chapas metálicas caiu em desuso, sendo esse um recurso empregado em última instância, principalmente pelo difícil manuseio e transporte dos materiais e pelo elevado custo de mão de obra. A necessidade de escoramento e emprego de chum-

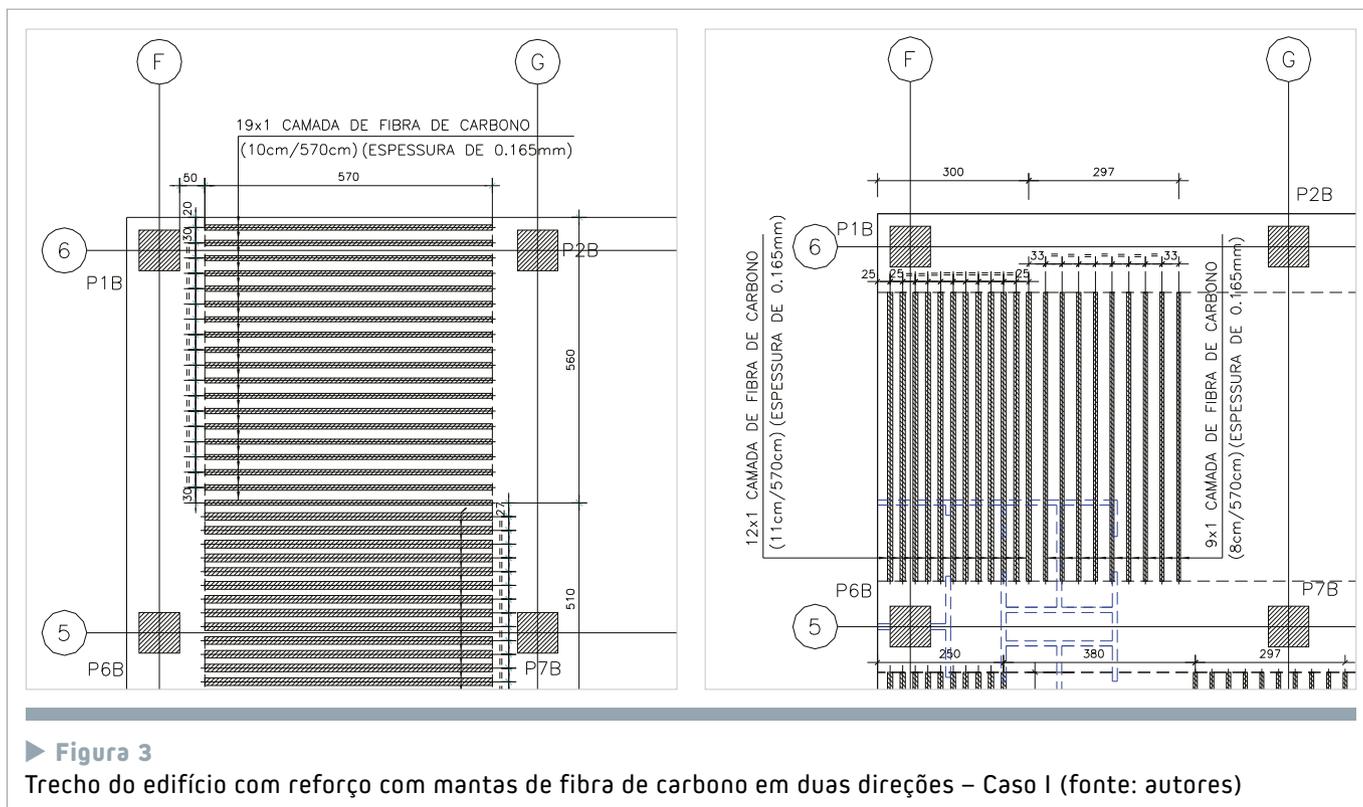
badores para transferência de esforços ao concreto também representam uma desvantagem significativa desse sistema em relação à aplicação de fibras de carbono. Dois métodos são utilizados na aplicação das chapas: colagem feita com adesivo epoxídico e emprego de chapas soldadas, conforme ilustra a Figura 2.

3. ESTUDO DE CASO

A seguir, apresentam-se três estudos de casos, comparando-se o custo do reforço segundo as técnicas de aplicação de fibras de carbono com as técnicas tradicionais de aumento de seção e de aplicação de chapas metálicas como elemento de reforço. Para melhorar a compreensão dos estudos e para se comprovar a melhor opção de custo e benefício, foram realizadas comparações de casos reais, em que a execução do reforço, em cada edificação, foi realizada de forma diferente, projetando-se os reforços alternativos para cada caso.

- Caso I – colagem externa de mantas de fibras de carbono;
- Caso II – aumento de seção dos elementos estruturais;
- Caso III – colagem de chapas metálicas.

Para se chegar ao valor final do reforço foi considerado: o tempo de



► **Figura 3**
Trecho do edifício com reforço com mantas de fibra de carbono em duas direções – Caso I (fonte: autores)

execução; os materiais; a mão de obra; as máquinas e equipamentos; as particularidades inerentes a cada técnica de execução; EPI dos operários e BDI de 30%.

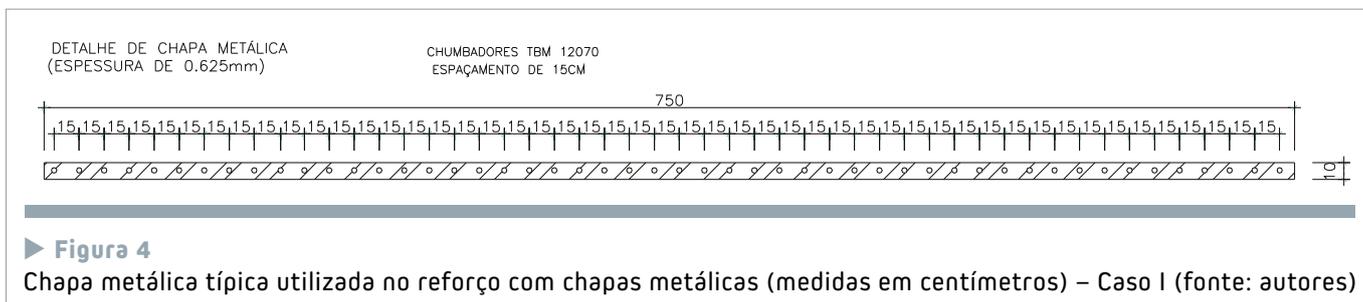
3.1 CASO I: REFORÇO DE LAJE COGUMELO

O caso I trata do reforço de uma laje apoiada diretamente nos pilares (laje cogumelo), do terceiro pavimento de um edifício comercial, localizado em Salvador-BA. O reforço foi necessário devido à modificação de utilização do edifício. A estrutura originalmente foi projetada para uma sobrecarga de

utilização de 3kN/m². Devido à necessidade de implantação de uma biblioteca em parte da laje, a sobrecarga foi aumentada para 5kN/m². No projeto de reforço da laje (Figura 3), foi adotada a técnica de colagem externa de mantas de fibras de carbono sobre a superfície do concreto da face inferior da laje. Foram empregadas faixas de mantas de fibras de carbono de 300g/m², com espessura de 0,167mm e larguras entre 80mm a 120mm. O comprimento das faixas variava em função do local de sua aplicação, conforme ilustra a figura 3. Para comparação, foram elaborados 2 projetos equivalentes ao de fibras de

carbono. No primeiro, adotou-se o método de colagem de chapas metálicas com conectores e, no segundo, o aumento de seção, conforme mostram as figuras 4 e 5.

► **Chapa metálica:** neste projeto utilizaram-se chapas metálicas coladas com adesivo bi-componente de base epóxi, com espessura de 0.625mm e dimensões variáveis para resistir aos esforços solicitantes. O projeto requeria a colagem da chapa sobre a superfície do concreto da laje nos mesmos lugares do projeto de fibras de carbono (ver Figura 3). No



de seção e praticamente a metade do valor do reforço com chapas metálicas.

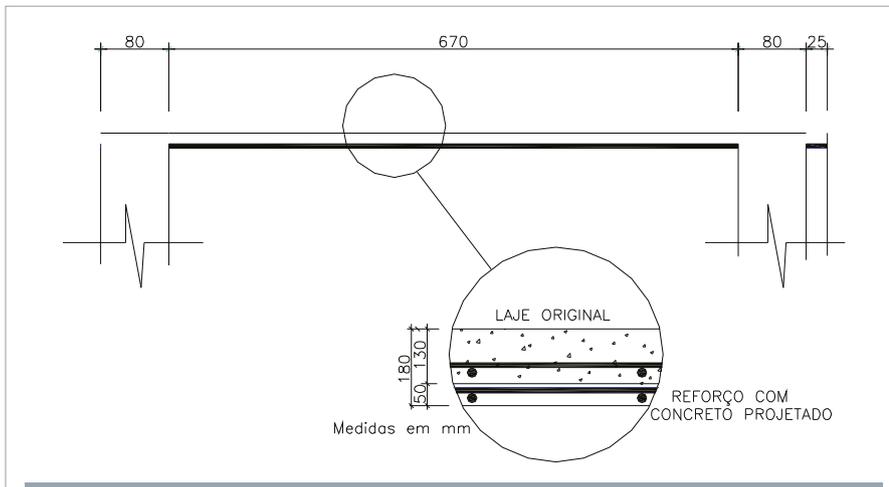
3.2 Caso II: reforço de laje nervurada

O caso II trata do reforço de uma laje nervurada, em dois sentidos perpendiculares, executado por aumento de seção das nervuras, do teto de um edifício comercial, localizado em Salvador-BA. O reforço estrutural foi necessário devido a falha de projeto.

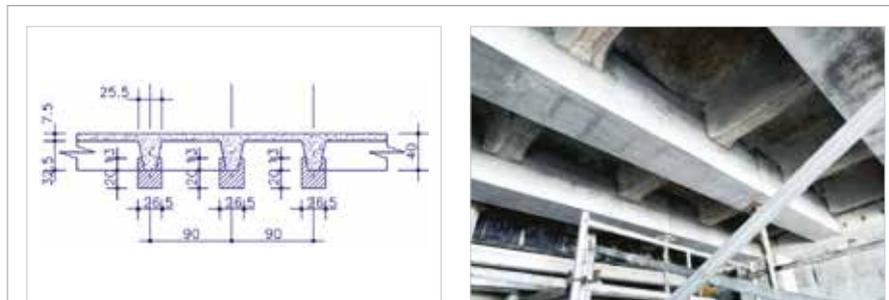
O reforço realizado neste caso foi o de aumento da seção das nervuras, empregando-se formas metálicas, armaduras de aço CA50, graute industrializado e película química de cura. Antes da execução do reforço, foi necessária a realização de macaqueamento da estrutura para reduzir as flechas existentes. A figura 6 mostra um trecho da laje nervurada reforçada e o aspecto das nervuras após a conclusão do reforço.

A concepção dos projetos de reforço para os outros dois casos, fibra de carbono e chapa metálica, foram as seguintes.

- **Fibra de carbono:** para a fibra de carbono, como a estrutura em questão precisava de um aumento significativo da rigidez, com o objetivo de redução das flechas finais da estrutura, foi necessário adotar um reforço misto. Adotou-se, portanto, o emprego de lâminas pultrudadas de fibras de carbono coladas



► **Figura 5**
Trecho da laje com reforço por aumento de seção – Caso I (fonte: autores)



► **Figura 6**
Esquema do reforço por aumento de seção das nervuras (esquerda) e aspecto do reforço (direita), (fonte: autores)

entanto, o comprimento das chapas metálicas ficou um pouco maior do que o comprimento das fibras de carbono em função de sua ancoragem. Também foram empregados chumbadores de elevada resistência, com o intuito de transferir esforços para o interior do concreto.

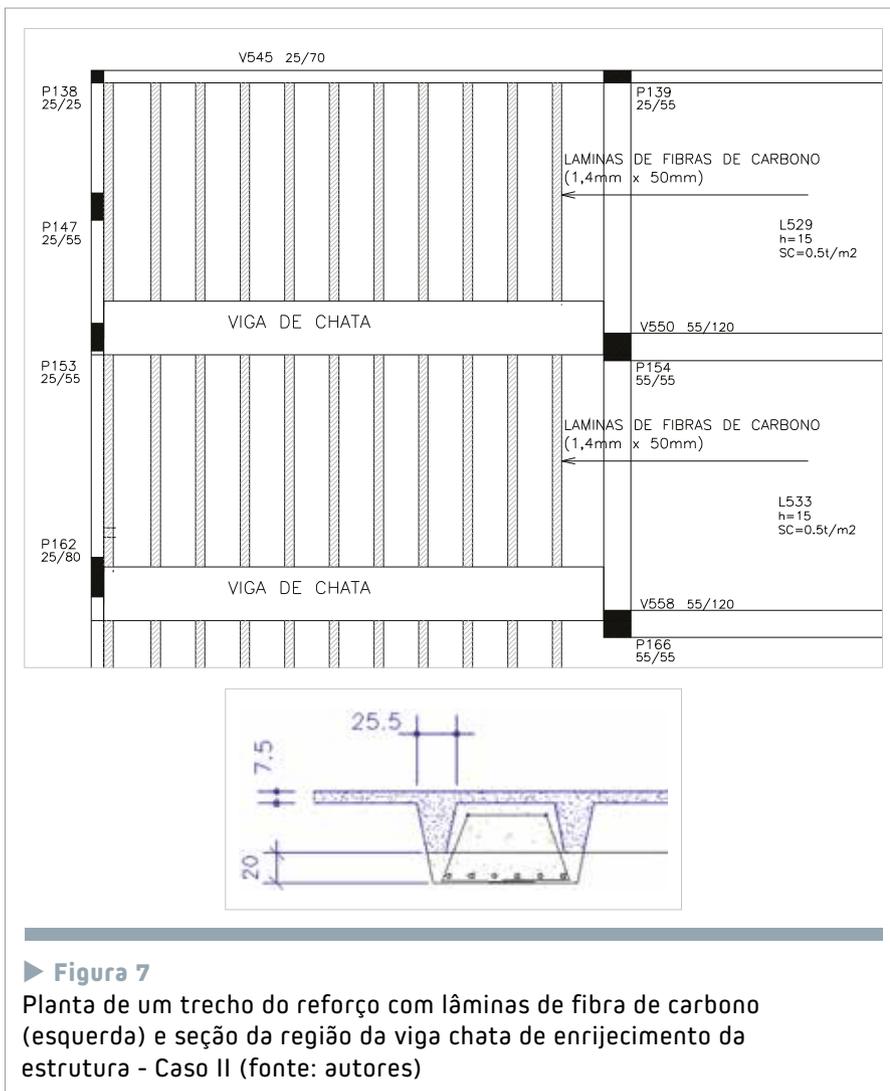
- **Aumento de seção:** para esse projeto adotou-se o aumento de seção alterando a laje do pavimento reforçado em 50mm, passando a sua espessura de 0,13m para 0,18m, com a adição de uma malha de aço nova, dimensionada para as solicitações de projeto. O aumento de seção foi projetado para a aplicação

de concreto projetado, devido à sua velocidade de execução.

O primeiro caso foi executado em fibras de carbono num prazo de duas semanas, enquanto que nas outras técnicas (chapa metálica e aumento de seção), o prazo estimado foi de 6 semanas. Conforme mostra o Quadro 1, o reforço com fibras de carbono ficou abaixo da metade do valor do aumento

► **Quadro 1 – Comparação de preços do Caso I (fonte: autores)**

Técnica de reforço	Custo da obra (R\$)	Relação
Fibra de Carbono (FC)	108.000,00	1,00
Chapa Metálica (CM)	200.300,00	1,85
Aumento de Seção (AS)	237.900,00	2,20

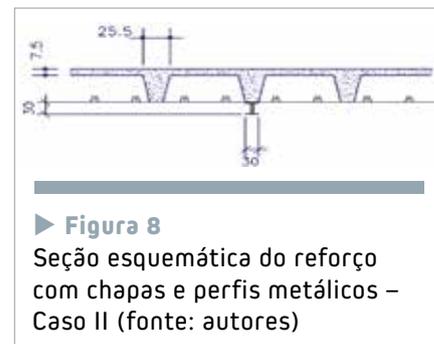


sobre a face inferior das nervuras. Além disso, para ganho de rigidez, a cada cinco nervuras transversais foi realizado um preenchimento da região entre elas, criando uma viga chata, executada com graute industrializado de elevada resistência ($f_{ck} = 50\text{MPa}$).

A Figura 7 ilustra um trecho do pro-

jeto de reforço com utilização de fibras de carbono e uma seção da viga chata utilizada para aumentar a rigidez da estrutura.

► **Chapa metálica:** a solução utilizada foi semelhante ao do reforço com fibras de carbono. Nesse caso foi resolvido pelo emprego de um perfil metálico de elevada rigidez, colado



na face inferior da nervura, disposto a cada três nervuras. As nervuras da direção perpendicular ao perfil seriam reforçadas com chapas metálicas de 100mm de largura por 1/4" de espessura. Essas chapas teriam abas laterais, para possibilitar a utilização de chumbadores mecânicos colados na lateral das nervuras, conforme ilustra a Figura 8, já que na sua face inferior seria inviável, devido a armadura longitudinal. A viga principal metálica utilizada nesse caso foi um perfil H de 300mm de altura, colada com adesivo bi-componente com base epóxi na face inferior das nervuras de concreto. A figura 8 ilustra o projeto adotado para a técnica de utilização de chapas e perfis metálicos.

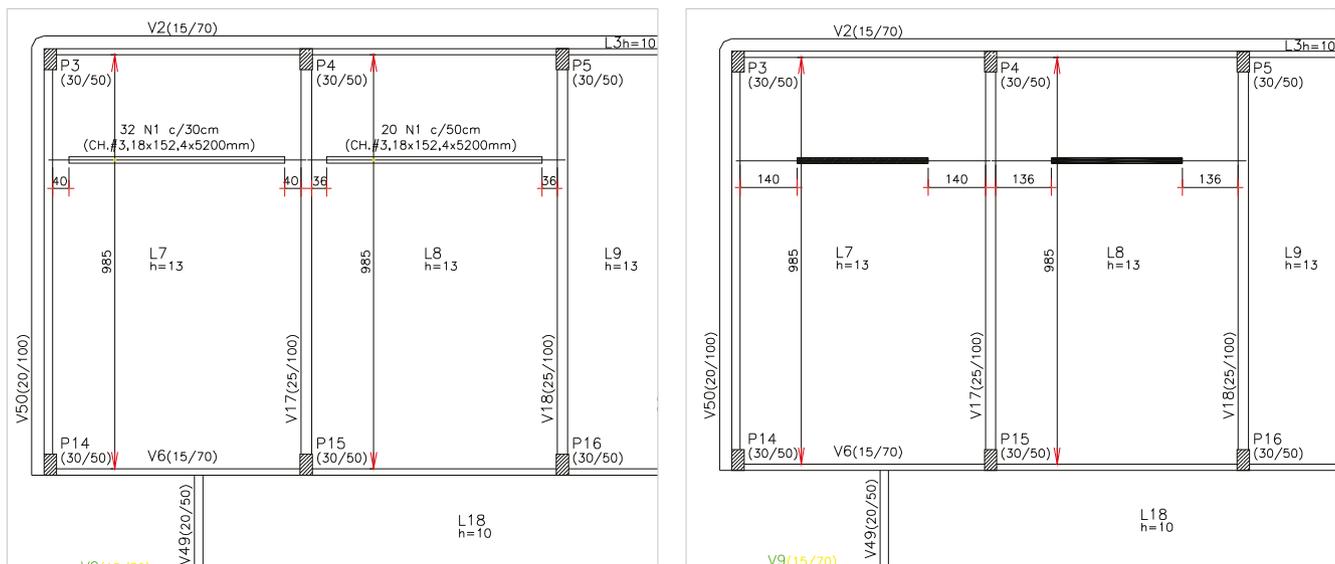
A execução do reforço da estrutura por meio da técnica de aumento de seção das nervuras foi de 4 meses. Para a fibra de carbono e a chapa metálica, o prazo de execução foi estimado em 2 e 3 meses, respectivamente.

Observa-se no Quadro 2 que o reforço pela aplicação de fibras de carbono ficou mais econômico do que as demais técnicas em questão. No entanto, vale ressaltar que a diferença de valores foi inferior ao primeiro caso, isso porque foi empregado um sistema misto de fibras de carbono com aumento de seção. Mesmo assim, a diferença de custo atingiu os 19%, comparado com

► Quadro 2 – Comparação de preços do Caso II

Técnica de reforço	Custo da obra (R\$)	Relação (CM/FC ou AS/FC)
Fibra de Carbono (FC)	688.360,00	1,00
Chapa Metálica (CM)	1.025.900,00	1,49
Aumento de Seção (AS)	818.350,00	1,19





► **Figura 9**
Reforço com chapas metálicas (esquerda) e reforço com fibra de carbono (direita) - Caso III (fonte: autores)

o aumento de seção e os 49%, com chapas metálicas.

3.3 Caso III: reforço de laje convencional

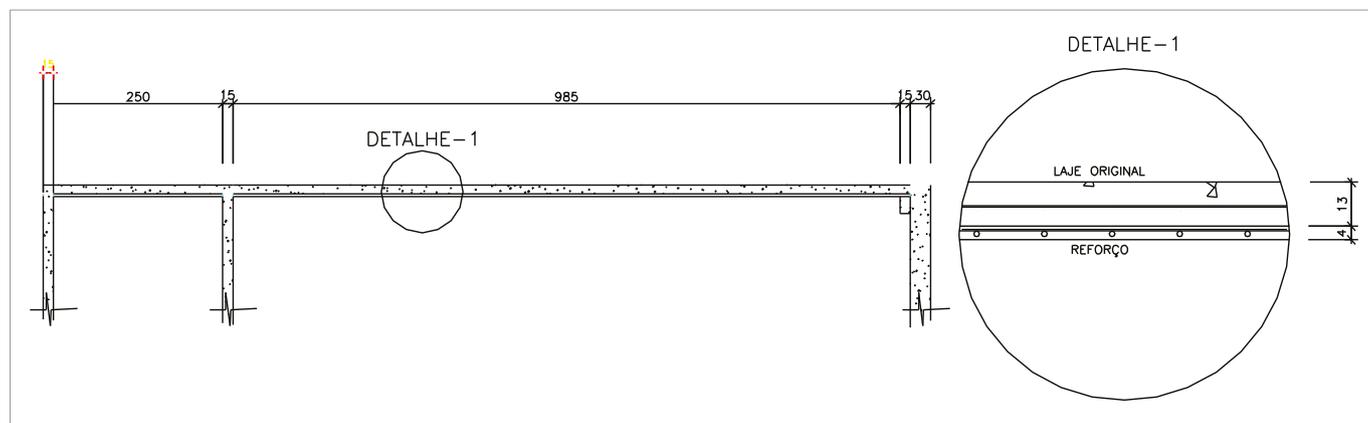
O caso III trata do reforço de armadura positiva de lajes do primeiro pavimento e da cobertura de uma escola localizada em Lauro de Freitas-BA. O reforço foi necessário porque houve uma modificação na utilização do edifício, transformando-se salas de aulas em laboratórios técnicos com cargas significativamente superiores às adotadas em projeto. Para se alcançar

a resistência necessária, o reforço escolhido pelo projetista foi o emprego de chapas metálicas (Figura 9 - esquerda), adotando faixas de chapas de 1/8" de espessura e de dimensões que variavam de acordo com o tamanho do vão, sendo coladas e fixadas com conectores na face inferior das lajes.

Para a comparação dos preços foram realizados outros dois projetos, um com fibra de carbono (Figura 9 - direita), e outro por aumento de seção (Figura 10). Os projetos foram modelados de forma a adequar o projeto de reforço ao projeto original, obtendo-se o acréscimo de capacidade resistente pretendido.

► **Fibra de Carbono:** Para o reforço com o polímero reforçado com fibras de carbono foi utilizado o mesmo esquema do projeto da adição das chapas metálicas. No entanto, foram empregadas faixas com 1 camada de manta de fibra de carbono, cada uma com 200mm de largura. O comprimento das faixas de fibras de carbono foi inferior às faixas de chapas metálicas devido à sua melhor ancoragem e transferência de esforços ao concreto.

► **Aumento de seção:** O projeto para reforço por meio do método de aumento de seção para o caso III



► **Figura 10**
Trecho da laje com reforço por aumento de seção - Caso III (fonte: autores)

► **Quadro 3 – Comparação de preços, Caso III (fonte: autores)**

Técnica de reforço	Custo da obra (R\$)	Relação (CM/FC ou AS/FC)
Fibra de Carbono (FC)	193.400,00	1,00
Chapa Metálica (CM)	516.440,00	2,67
Aumento de Seção (AS)	344.560,00	1,78

► **Quadro 4 – Comparação dos preços finais entre os estudos de caso (fonte: autores, 2015)**

Estudo de caso	Custo da obra		
	Fibra de carbono	Chapa metálica	Aumento de seção
1	108.000,00	200.300,00	237.900,00
2	688.360,00	1.025.900,00	818.350,00
3	193.400,00	516.440,00	344.560,00

consistiu na adição de 40mm na espessura da laje, passando de 0,13m de espessura para 0,17m, com adição de armaduras e revestimento em concreto projetado. A Figura 10 mostra um trecho da laje reforçada por aumento de seção.

O tempo de execução desse projeto para chapa metálica foi de aproximadamente 6 meses. A estimativa de tempo de execução para os outros dois tipos de reforços, admitidos nesse projeto, foi de aproximadamente 45 dias para a fibra de carbono e de 4 meses para o reforço por aumento de seção.

Também, neste caso, conforme

mostra o Quadro 3, o reforço com fibras de carbono ficou inferior aos demais reforços. A diferença entre chapas metálicas e aplicação de fibras de carbono foi superior ao dobro, enquanto que o aumento de seção superou em 78% o reforço com fibra de carbono.

Vale salientar também que o tempo de execução do serviço admitido seria significativamente inferior no sistema de aplicação de fibras, obtendo-se ganhos indiretos, que não foram avaliados no presente trabalho.

4. ANÁLISE DE DADOS

Por intermédio da análise dos três

casos e suas respectivas comparações de preço, puderam-se obter resultados encorajadores para a utilização da técnica de reforço pela aplicação de fibras de carbono, já que, em todos os casos, o custo do sistema de reforço com fibras de carbono se mostrou inferior às demais técnicas estudadas – adição de chapas metálicas e aumento de seção (Quadro 4). Além disso, o parâmetro “tempo” também apresentou resultados positivos em relação aos outros métodos estudados. Embora o ganho por redução de tempo de obra, favorável ao reforço com fibras de carbono, não tenha sido levado em consideração neste estudo.

Em todos os casos, a execução do reforço com fibra de carbono seria realizada em um prazo muito inferior aos demais tipos de reforços estudados. No caso I o período para a execução era de um mês, mas acabou sendo feito em apenas 2 semanas. Ademais, o prazo para a ação implementada para os outros dois tipos de reforços (chapa metálica e aumento de seção) ultrapassariam em até 2 meses o prazo da fibra (Quadro 5). Por isso, além do orçamento, o fator tempo se mostrou relevante no estudo e fundamental para a decisão de qual projeto de reforço deve ser adotado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo implementado de comparação entre as três técnicas de reforço é interessante para esclarecer a questão de custo do reforço, pois, normalmente, não se dispõe de tempo para fazer estudos aprofundados sobre qual método é o mais proveitoso, ficando essa decisão por conta do projetista do reforço, baseado geralmente em suas convicções. Algumas vezes a escolha da técnica utilizada no projeto

► **Quadro 5 – Comparação do tempo de execução entre os estudos de caso (fonte: autores)**

Método de execução	Tempo de execução (semanas)		
	Caso I	Caso II	Caso III
Fibra de carbono	2	8	6
Chapa metálica	4	12	24
Aumento de seção	4	16	16



de reforço poderia ser diferente se fosse antecedido por uma análise técnica e econômica.

Com base nos estudos, consideram-se as seguintes conclusões:

- ▶ O reforço pela aplicação de fibra de carbono se mostrou mais econômico do que o aumento de seção e a colagem de chapas metálicas;

além disso, a sua execução é realizada em um tempo significativamente inferior às demais técnicas de reforço estrutural;

- ▶ A concepção do projeto de reforço é fundamental para garantir a eficácia do sistema, considerando-se principalmente o custo do reforço e o tempo necessário para a sua execução;

- ▶ Deve-se levar sempre em conta a facilidade de execução do método por aplicação de fibra de carbono e o seu tempo, pois mesmo que, em algum projeto, outro método venha a ter um menor custo, a diferença de tempo de entrega do serviço de reforço compensa o custo do material. ◀

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] BEBER, A. J. Comportamento Estrutural de Vigas de Concreto Armado Reforçadas com Compósitos de Fibra de Carbono. Tese de Doutorado (Engenharia Civil), UFRGS, Porto Alegre-RG, 2003.
- [02] CHASTRE, Carlos. Materiais e Tecnologias de Reforço de Estrutura de Betão – Potencialidade e Limitações. Universidade NOVA de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia Departamento Engenharia Civil. Santander, p. 1-10, abr. 2014.
- [03] FORTES, Adriano Silva. Estruturas de Concreto Submetidas à Flexão Reforçadas com Laminados de CFRP Colados em Entalhes. Tese de Doutorado- Universidade Federal de Santa Catarina/Univ. Minho-PT, Florianópolis-SC, 2004.
- [04] FORTES, Adriano Silva. Vigas reforçadas com cabos externos de fibra de carbono. 2014. 1º Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado. Salvador-BA, 2014.
- [05] REIS, Lília Silveira Nogueira. SOBRE A RECUPERAÇÃO E REFORÇO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte-MG, 2001.
- [06] SOUZA, V. C. de e RIPPER, T. (1998). Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. PINI Ltda. São Paulo-SP, 1998.

▶ Programação de Cursos Master PEC (www.ibracon.org.br/educacao-continuada)

Curso	Palestrantes	Data	Carga horária	Local	Realização
Structural analysis and rehabilitation of concrete dams and spillways	Eduardo Fairbain, Selmo Kuperman, Walton Pacelli de Andrade, Francisco Rodrigues Andriolo	17 de setembro	8 horas	DAM WORLD 2018 Recanto Cataratas Foz do Iguaçu	IBRACON LNEC
Small dams	Laura Caldeira, José Bilé Serra, João Marcelino, José Melo, Teresa Vizeu	17 de setembro	8 horas	DAM WORLD 2018 Recanto Cataratas Foz do Iguaçu	IBRACON LNEC
Reforços de pilares de concreto armado: métodos e procedimento	Douglas Couto	19 de setembro	4 horas	60º CBC Recanto Cataratas Foz do Iguaçu	IBRACON
O fenômeno térmico do concreto massa	Eduardo de Aquino Gambale	19 de setembro	4 horas	60º CBC Recanto Cataratas Foz do Iguaçu	IBRACON
Desempenho aplicado às estruturas de concreto armado	Alexandre Brites	20 de setembro	4 horas	60º CBC Recanto Cataratas Foz do Iguaçu	IBRACON
Reforços com fibra de carbono: aspectos relevantes de projeto e execução	Adriano Silva Fortes	20 de setembro	4 horas	60º CBC Recanto Cataratas Foz do Iguaçu	IBRACON
Concreto protendido	Evandro Porto Duarte	21 de setembro	8 horas	DAM WORLD 2018 Recanto Cataratas Foz do Iguaçu	IBRACON
Workshop on Canadian Dam Association's technical bulletin on dam safety reviews	CDA instrutors	21 de setembro	8 horas	DAM WORLD 2018 Recanto Cataratas Foz do Iguaçu	IBRACON LNEC

Inspeção e diagnóstico em estrutura de concreto pré-fabricado

RACHEL MORAIS – ENGENHEIRA

DOUGLAS COUTO – ENGENHEIRO

PAULO HELENE – DIRETOR

PHD ENGENHARIA

I. INTRODUÇÃO

Este estudo consiste de um trabalho de inspeção, onde foram realizados ensaios físicos e químicos detalhados, além da análise de projeto estrutural, para assim proceder com o diagnóstico referente à ocorrência de diversas manifestações patológicas em uma estrutura de concreto pré-fabricado, construída em uma área urbana e li-

torânea do Brasil. O objetivo principal deste trabalho foi a avaliação dos parâmetros de segurança e durabilidade desta estrutura.

A estrutura em questão está inserida em uma atmosfera classificada, em seu macroclima (fachada e partes externas), de acordo com a normalização brasileira, como Classe de Agressividade III (agressividade forte, urbana e marinha), Classe II nos interiores aber-

tos e Classe I nos ambientes internos e climatizados, conforme classificação da Tabela 6.4.2 da ABNT NBR 6118:2014 [1], apresentada na Tabela 1.1.

De acordo com os relatos dos usuários, os problemas estruturais iniciaram no primeiro ano de uso da edificação, onde detectou-se o aparecimento de fissuras com diversas medidas de abertura, excesso de vibração nas lajes, deformações nas portas. Essas ocorrências e percepções levaram, em um primeiro momento, à execução de reparos paliativos e intermitentes.

Essas medidas, realizadas durante os cinco anos de uso do edifício não foram suficientes, em virtude de não haver um diagnóstico adequado dos problemas dessa estrutura, sendo então impossível corrigir a real causa dos problemas patológicos, que, neste caso, como será visto, trata-se de problemas patológicos congênitos de projeto e execução, acrescidos por outros adquiridos ao longo dos anos, devido ao desempenho insatisfatório e reparos insuficientes.

Tendo em vista que diversas partes da estrutura apresentavam deficiências em seu desempenho

► Tabela 1.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
I	Fraca	Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{1,2}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹	Grande
III	Forte	Industrial	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{1,2}	Elevado
IV	Muito forte	Respingo de maré ^{1,3}	Elevado

¹ Pode-se admitir um micro clima com classe de agressividade um nível mais brando para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviços de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

² Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes das estruturas protegidas de chuvas em ambientes predominantemente secos ou regiões onde chove raramente.

³ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazém de fertilizantes, indústrias químicas.



em serviço, as verificações e análises foram realizadas segundo as respectivas normas técnicas, neste caso, a ABNT NBR 6118:2014 [1] e ABNT NBR 9062:2006 [2], entre outros documentos normativos nacionais e internacionais, admitidos como complementares a estas normas.

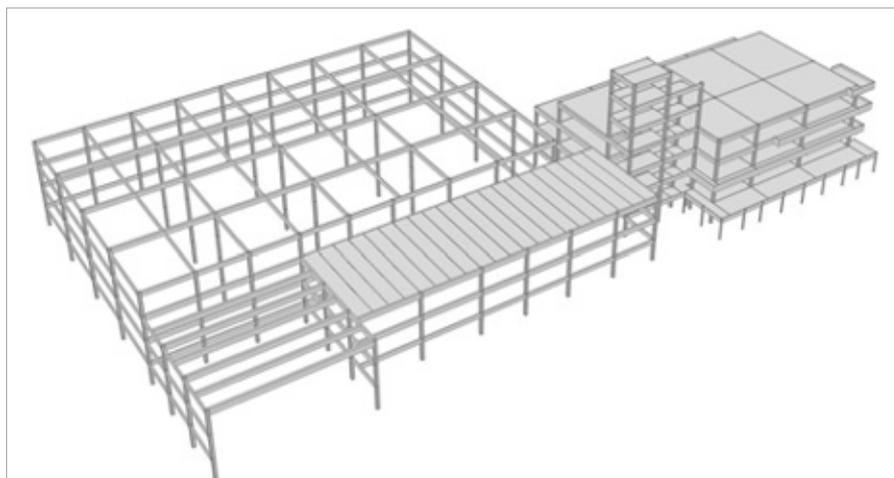
Diante do exposto, este trabalho explana os aspectos compreendidos na avaliação de uma estrutura de concreto, neste caso pré-fabricado, com diversos tipos de manifestações patológicas, ocasionadas em parte pela insuficiência de especificações e detalhamentos no projeto estrutural, aliadas à execução inadequada. Também são enfatizadas as etapas de avaliação, ensaios e métodos de análise que guiaram este diagnóstico.

2. DESCRIÇÃO SUSCINTA DA ESTRUTURA

A estrutura, situada em um terreno de 10.747 m² consta de três blocos, incluindo um edifício administrativo e um galpão de depósito, sem juntas de dilatação, totalizando uma área construída de 5.650 m², subdividida conforme descrito abaixo. O modelo 3D do edifício está ilustrado na Figura 2.1.

- ▶ Térreo;
- ▶ 1º Pavimento;
- ▶ 2º Pavimento;
- ▶ Cobertura;
- ▶ Casa de máquinas;
- ▶ Reservatório superior.

O sistema estrutural foi concebido em vigas e pilares pré-fabricados, além de lajes compostas por vigotas pré-fabricadas, unidirecionais, com enchimento de poliestireno expandido (EPS) e vãos livres da ordem de 9 m.



▶ **Figura 2.1**
Modelo 3D da estrutura de concreto pré-fabricado

90% a 95% das peças pré-fabricadas foram produzidas fora do canteiro por empresa de pré-moldados e 5% a 10% da estrutura foi moldada no canteiro.

As possíveis ações ambientais sobre a estrutura de concreto estão diretamente relacionadas com os ambientes onde a mesma está inserida, dando origem aos chamados macro e microclimas. Neste caso, a edificação em questão está localizada a aproximadamente 600m de uma baía e a 2,5km da costa do mar aberto.

A região em questão apresenta elevadas temperaturas, com média climatológica mensal, nos últimos 12 meses, variando entre 23°C e 30°C de acordo com dados coletados no CPTEC/INPE [3]. Outro ponto observado está associado à alta salinidade (elevada concentração de cloretos na atmosfera), devido à proximidade ao mar, e, considerando ainda que a umidade relativa média mensal nos últimos 12 meses variou de 65% a 75%, configura-se um ambiente com agressividade forte e grande risco de deterioração para estruturas de concreto armado e protendido, conforme alertado pelo CEB (1992).

3. INSPEÇÃO DETALHADA

3.1 Considerações

A inspeção detalhada consistiu preliminarmente na análise dos projetos existentes (arquitetônico e estrutural), visita ao local para conhecimento dos problemas e sequencialmente foram especificados ensaios de campo e de laboratório. Os locais da estrutura, escolhidos para realização dos ensaios, foram selecionados visando obter a melhor representatividade do todo, considerando tanto regiões de baixo risco como regiões potencialmente de maior risco de ocorrência de manifestações patológicas. Em todas as regiões selecionadas foram realizados inspeções visuais e ensaios localizados (destrutivos e não destrutivos), para comprovação das hipóteses de trabalho, definidas na inspeção preliminar e na análise dos projetos.

3.2 Inspeções e ensaios

3.2.1 COBRIMENTO DAS ARMADURAS

O cobrimento foi medido através



► **Figura 3.1**

Registro do procedimento realizado para detectar o posicionamento das armaduras utilizando o pacômetro “HILTI-Ferroskan”

do ensaio de pacometria e por prospecção *in loco*. Para os ensaios de pacometria foi utilizado o aparelho portátil “HILTI-Ferroskan”, representado na Figura 3.1, para determinar a espessura de cobrimento da armadura em pilares, conforme método adaptado de normas internacionais como: BS 1881 204:1988, ACI 228.2R-21 2004, entre outras. Ressalta-se que ainda não há método brasileiro normalizado sobre este ensaio.

3.2.2 MEDIÇÃO DA PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO

A velocidade de carbonatação e sua profundidade dependem de inú-

meros fatores, desde aspectos ligados ao próprio material, como porosidade e reserva alcalina, a aspectos ligados ao clima, como umidade relativa do ar, temperatura, ocorrência de chuvas ácidas, teor de CO₂ no ambiente e incidência e duração de ciclos de umedecimento e secagem.

Para a determinação da profundidade de carbonatação, podem-se utilizar indicadores químicos e colorimétricos, do tipo solução alcoólica de fenolftaleína e/ou timolftaleína, aplicada por *spray* sobre uma prospecção recém-fraturada. As determinações foram feitas segundo o método CPC-18 da RILEM, utilizando solução alcoólica de fenolftaleína a 1%.



► **Figura 3.2**

Aspersão de solução de fenolftaleína para medição da profundidade de carbonatação e verificação das espessuras carbonatadas

A medida da profundidade de carbonatação foi realizada em superfície recém-fraturada do concreto, coletando em cada medida a profundidade mínima e máxima da frente de carbonatação, registrando a média de avanço dessa frente. Na Figura 3.2 está ilustrado o procedimento do ensaio.

3.2.3 CONTAMINAÇÃO POR ÍONS CLORETO

O teor de íons cloreto é uma medida importante para orientar um programa de manutenção e proteção superficial da estrutura, visto que as peças estruturais por eles contaminadas apresentam uma velocidade de corrosão da armadura maior do que quando os cloretos não estão presentes.

O procedimento empregado em campo envolveu a coleta do material (pó) para ser ensaiado no laboratório, conforme disposto na ASTM C 1152, considerando também os conceitos do procedimento expresso na ASTM C 1202. Na Figura 3.3 pode-se observar o procedimento de extração de amostras representativas, realizado com auxílio de uma perfuratriz.

3.2.4 RESISTIVIDADE ELÉTRICA

Trata-se de método de ensaio para determinação da resistividade elétrica do concreto, considerada um dos parâmetros decisivos no controle da velocidade da reação de corrosão das armaduras. A resistividade elétrica controla o fluxo de íons que se difundem no concreto através da solução aquosa presente nos seus poros, sendo altamente sensível ao teor de umidade de equilíbrio e à temperatura do concreto, reduzindo-se com o aumento desta (HELENE, 1993) [7].

Para determinações de campo



ou para acompanhamento tipo monitoramento de estruturas, pode ser adaptada a metodologia proposta por Wenner para medida da resistividade de solos pelo sistema dos quatro eletrodos, ou seja, o método ASTM G57-06. (HELENE, 1993) [7]

3.2.5 POTENCIAL DE CORROSÃO

Este ensaio consiste no método padrão, normalizado pela ASTM C 876, que através de um eletrodo de referência (o mais comum é o de cobre/sulfato de cobre), é possível medir a diferença de potencial de eletrodo do sistema armadura-concreto (semi-pilha) comparativamente ao potencial do eletrodo de referência secundário, em regiões próximas ao ponto de aplicação do eletrodo de referência na superfície do concreto (HELENE, 1993) [7].

Um voltímetro de alta impedância ($\geq 10M\Omega$), para reduzir os efeitos de polarização, é conectado entre a armadura e o eletrodo de referência que fica apoiado sobre a superfície do componente estrutural. O resultado obtido é também conhecido por potencial eletroquímico ou potencial de corrosão da armadura no concreto.

Para o ensaio do potencial de corrosão foi utilizado um milivoltímetro de alta impedância, equipado com um eletrodo de referência de cobre-sulfato de cobre ($Cu + CuSO_4$).

3.2.6 VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS

Este método de ensaio não destrutivo determina a velocidade de propagação de ondas longitudinais, obtidas por pulsos ultrassônicos. O objetivo deste ensaio foi de verificar a



► **Figura 3.3**
Coleta do material utilizando uma perfuratriz para detectar a contaminação de cloretos

homogeneidade do concreto e eventuais vazios internos (ninhos) nos elementos estruturais, em conformidade com a ABNT NBR 8802:2013 [8].

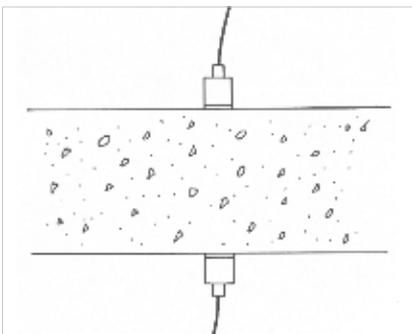
Para realização do ensaio foi utilizado um equipamento de ultrassom modelo *Pundit Lab*, fabricado pela *Proceq*. Na Figura 3.4 podem ser observados respectivamente os transdutores posicionados em faces opostas e o procedimento do ensaio.

3.2.7 AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL DO CONCRETO

Para o ensaio de avaliação da dureza superficial do concreto foi adotado o método da ABNT NBR

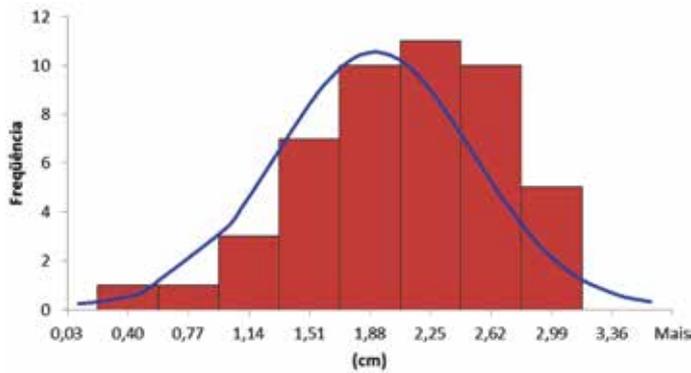
7584:2013 [9], empregando-se, para obtenção do índice esclerométrico médio, uma malha de dezesseis pontos para cada local de ensaio. Os resultados são apresentados como média aproveitável de cada local de ensaio, em porcentagem de reflexão, conforme ABNT NBR 7584:2013 [9].

Para as medidas *in loco*, foi utilizado esclerômetro de energia de impacto de 2,25N.m (tipo N), fazendo a média aproveitável das dezesseis percussões do pistão do aparelho, sendo que os pontos de impactos foram uniformemente distribuídos, obedecendo sempre a distância mínima de 30mm entre os centros dos pontos, conforme recomenda a norma.



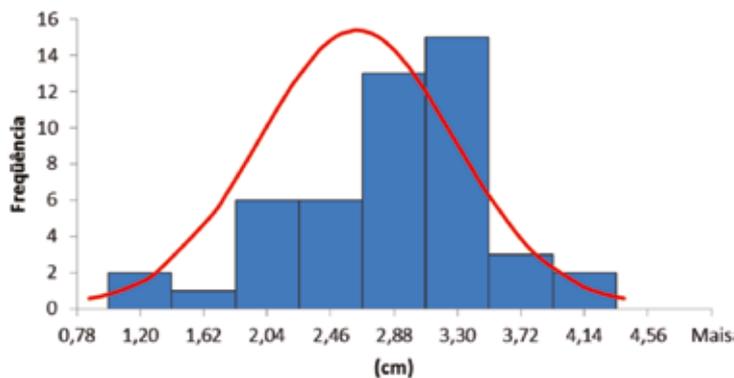
► **Figura 3.4**
Transdutores posicionados em faces opostas e realização do ensaio

Carbonatação (cm)



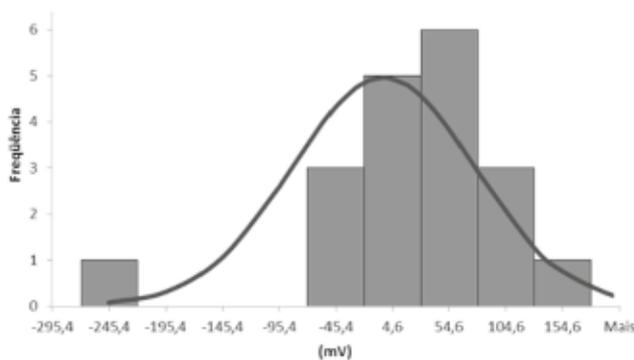
► **Figura 4.1**
Distribuição normal dos resultados de profundidade de carbonatação média

Cobrimento (cm)



► **Figura 4.2**
Distribuição normal dos resultados de espessura média de cobrimento das armaduras

Potencial de corrosão (mV)



► **Figura 4.3**
Distribuição dos resultados de potencial de corrosão

O resultado deste método é chamado de índice esclerométrico médio, que guarda uma relação com a resistência à compressão do concreto, propriedade de muita importância para avaliação do material do ponto de vista do comportamento mecânico, da homogeneidade da execução da estrutura e da durabilidade.

3.2.8 EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS

Para avaliação da resistência do concreto à compressão, foram realizadas extrações de testemunhos de concreto conforme procedimento da ABNT NBR 7680:2007¹ [4]. Com o uso de um detector de barras de aço (pacômetro) procedeu-se no local uma investigação minuciosa do posicionamento das armaduras longitudinais e transversais para evitar o corte das mesmas.

Para realização das extrações foram escolhidos 10 pilares, de forma representativa, e o diâmetro indicado do cálice para as extrações foi de Ø 75mm, com objetivo de agredir o mínimo possível a estrutura de concreto. Sequencialmente às extrações, foram realizados os preenchimentos dos óculos resultantes da retirada dos testemunhos.

3.2.9 APRECIÇÃO PETROGRÁFICA

Os procedimentos recomendados para execução de apreciação petrográfica em materiais naturais são destinados para direcionar a utilização dos agregados no concreto. São métodos de ensaio normalizados pela ASTM C 856 e ABNT NBR 7389:2009 [10].

Para realização do ensaio foram examinadas visualmente e com lupa estereoscópica as superfícies íntegras dos testemunhos de sondagem denominados EC-127 03 e EC-127 08,



extraídos de dois pilares distintos. Foram também examinados os agregados graúdos e miúdos retirados dos testemunhos por impacto e tratados quimicamente para separá-los do cimento.

4. RESULTADOS

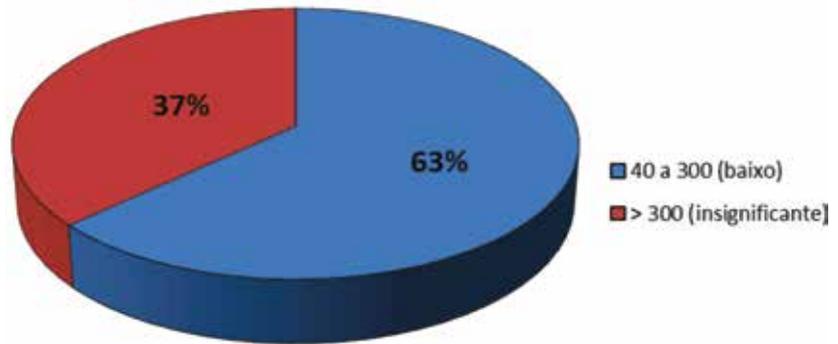
Tendo em vista os ensaios acima descritos e realizados tanto em campo como em laboratório, apresentam-se nas figuras 4.1 a 4.6, os resultados obtidos nos respectivos ensaios.

Verifica-se na comparação dos resultados de ensaio de carbonatação e verificação do cobrimento (Figs. 4.1 e 4.2), que em mais de 50% das amostras a frente de carbonatação atinge ou supera o cobrimento medido. Nos ensaios de resistividade elétrica e potencial de corrosão (Figs. 4.3 e 4.4), pôde-se observar que a maior parte das amostras apresenta nível baixo ou insignificante de probabilidade de início de processo de corrosão.

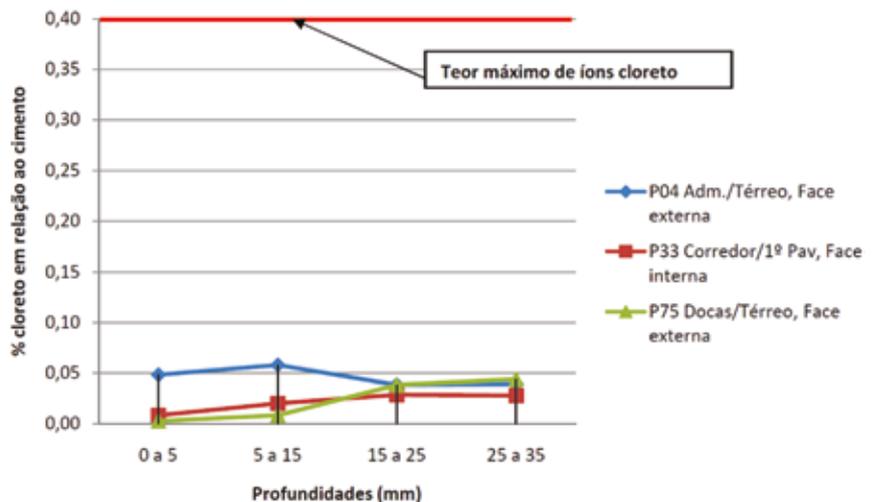
Observa-se que os teores de íons cloreto obtidos nos ensaios (Fig. 4.5) não excedem o limite de 0,4% conforme estabelecido na *Tabela 5* da ABNT NBR 12655:2006² [6], ou seja, são insuficientes para desencadear e acelerar a corrosão do aço das armaduras.

Conforme se observa na Figura 4.6, os resultados obtidos comprovaram uma correlação fraca, pois o coeficiente de correlação de Pearson (R^2) não atingiu 0,50. Essa dispersão exagerada dos resultados se deve ao fato de, possivelmente, a estrutura estar carbonatada e com alto grau de umidade, além de fatores ligados as operações de manuseio e de adensamento do concreto e variabilidade intrínseca do método esclerométrico. Em suma, estes resultados foram utilizados como auxiliares nas análises dando-se preferência aos resultados obtidos no ensaio de

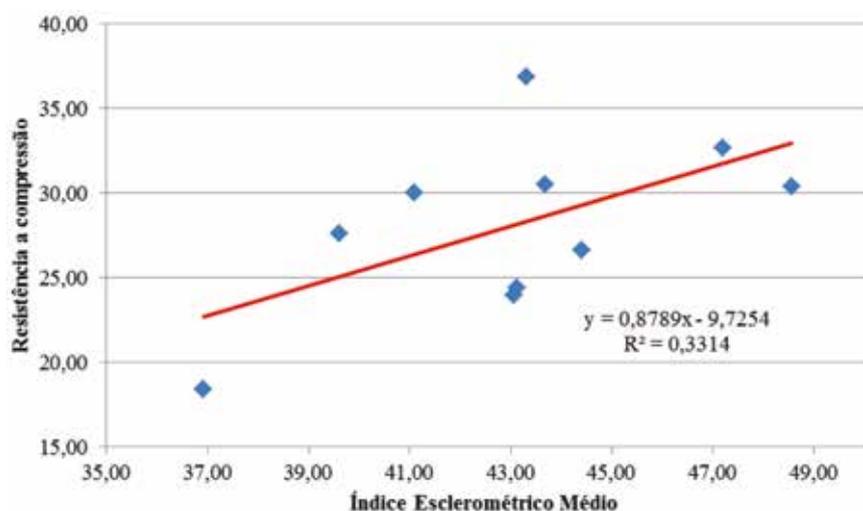
Resistividade elétrica (kΩ.cm)



► **Figura 4.4**
Resistividade elétrica



► **Figura 4.5**
Teores de íons de cloreto



► **Figura 4.6**
Correlação entre o índice esclerométrico médio e resistência à compressão axial

² NORMA REVISADA EM 2015. CONSULTAR CATÁLOGO DA ABNT.

compressão axial de testemunhos, por estes serem mais representativos.

Tratando-se da análise do ensaio de apreciação petrográfica, verificou-se que os agregados graúdos extraídos dos corpos de prova são de rocha granítica, cujas feições micro e macroscópicas indicam potencialidade inócua quanto à reação álcali-agregado. O agregado miúdo foi identificado como areia detrítica natural sem indícios de reatividade potencial.

O ensaio de ultrassom apresentou resultados com média de 4421m/s, desvio padrão de 130m/s e coeficiente de variação de 2,9%. Esses resultados mostram que o concreto se apresenta em boas condições, do ponto de vista de continuidade e adensamento.

Já os resultados de resistência à compressão de testemunhos extraídos apresentaram resistência média de 28,6MPa, desvio padrão de 5,2MPa e coeficiente de variação de 18%. Embora a maior parte dos resultados tenha atendido ao especificado no projeto estrutural, e os valores do desvio padrão e coeficiente de variação estejam em um patamar aceitável para resultados de testemunhos, nota-se que a resis-

tência obtida e especificada no projeto estrutural é inadequada à classe de agressividade ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos ensaios realizados em campo e em laboratório conduziram à elaboração de um projeto de intervenção corretiva, com o intuito de garantir a durabilidade e desempenho estrutural adequado desta estrutura. A intervenção, com vistas à durabilidade, prevê a aplicação de proteção superficial, com o objetivo de compensar a deficiência do material de cobrimento, bem como desacelerar o processo de carbonatação, já bastante adiantado nessa estrutura.

Os problemas de ordem estrutural, encontrados através de avaliação específica, foram objeto de um projeto de reabilitação estrutural, elaborado em conjunto com as recomendações de durabilidade mencionadas neste artigo. Entretanto, não foi objetivo dos autores tratar dos aspectos estruturais neste documento, pois se considera tema para um trabalho futuro e mais específico.

Diante das análises realizadas nas alvenarias, houve a necessidade de

demolir todas as alvenarias internas e externas, substituindo as paredes internas por placas de gesso acartonado, e as paredes externas por painéis de placa cimentícia. Após a análise estrutural realizada, o projeto de intervenção contemplou a redução dos vãos de determinadas lajes, inserindo vigas metálicas transversais às vigotas, diminuindo assim o desconforto aos usuários causado pelas vibrações excessivas.

Por fim, observados os problemas e análises realizados, constata-se que o uso de solução em concreto pré-fabricado constitui sempre uma alternativa viável para esse tipo de edificação, desde que procedimentos adequados de projeto, aderentes à normalização vigente e às boas práticas de construção sejam empregadas, evitando, assim, manifestações patológicas como as indicadas neste artigo.

6. AGRADECIMENTOS

Registra-se agradecimento à Tecomat Engenharia, de Recife-PE, dirigida pelo Prof. Tibério Andrade, que foi contratada para realizar os ensaios, em especial à equipe liderada pelo Eng. João Ribeiro. 📧

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. "ABNT NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto. Procedimento". Rio de Janeiro, 2014.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. "ABNT NBR 9062. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado". Rio de Janeiro, 2006.
- [3] CPTEC – "Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climatológicos" / INPE – "Instituto Nacional de Pesquisa Espacial", site: www.cptec.inpe.br consultado no dia 22 agosto de 2014.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS "ABNT NBR 7680. Concreto – Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto". Rio de Janeiro, 2007.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS "ABNT NBR 8681. Ações e segurança nas estruturas – Procedimento". Rio de Janeiro, 2003.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS "ABNT NBR 12655. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento". Rio de Janeiro, 2006.
- [7] HELENE, P. R. L. "Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado". Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. "ABNT NBR 8802. Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica". Rio de Janeiro, 2013.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. "ABNT NBR 7584. Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio". Rio de Janeiro, 2013.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. "ABNT NBR 7389 – 1 e 2. Análise petrográfica de agregado para concreto. Parte 1: Agregado miúdo e Parte 2: Agregado graúdo". Rio de Janeiro, 2009.



Reforço para viabilizar uma nova arquitetura em edificação modernista de painéis pré-moldados de concreto no plano piloto em Brasília

JÉSSICA BRANDÃO – ARQUITETA E URBANISTA

JOÃO DA COSTA PANTOJA – PROFESSOR

NATÁLIA GUEDES – ENGENHEIRA CIVIL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

I. INTRODUÇÃO

O estudo foi desenvolvido a fim de mostrar como as soluções de reabilitação, através de reforço estrutural, podem viabilizar nova arquitetura em estrutura de painel pré-moldado de concreto. São vários os motivos que se têm para reformar um edifício, seja por segurança, seja por busca de mais qualidade no ambiente.

Algumas das superquadras da capital foram construídas utilizando estruturas de concreto pré-moldado. Com essa técnica de construção, as paredes, além de dividir os ambientes, também são parte da estrutura do edifício, o que dificulta o processo de reforma.

Para o desenvolvimento do estudo foram realizadas vistorias em um apartamento da Superquadra 404 sul em Brasília - DF, construído com painéis de concreto pré-moldado, em que se pretendia realizar uma reforma arquitetônica em algumas de suas paredes estruturais. A partir da vistoria do local,



FONTE: BRASÍLIA: A CIDADE-SONHO. WWW.BRASILIA.DF.GOV.BR/HISTORIA

► Figura 1

Marco Zero e Esplanada dos Ministérios em 30/9/1958

Foto: ARQUIVO PÚBLICO DO DISTRITO FEDERAL

foram feitos relatórios e uma avaliação da atual condição da estrutura, culminando em um projeto de reforço, que, posteriormente, foi executado.

O reforço na estrutura consiste, basicamente, numa redistribuição de tensões ao longo das superfícies de

contato. Na hipótese de uma parede estrutural ser deslocada, cortada ou retirada, é necessário redirecionar as tensões que estavam sendo sustentadas por ela. Assim é possível garantir o bom desempenho da estrutura como um todo.



FONTE: CRIADO ATRAVÉS DO GOOGLE EARTH, 2016

► **Figura 2**
Superquadra 404 Sul,
Brasília – DF

2. CONCEPÇÃO DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA

Brasília começou a ser viabilizada em 1891, quando a determinação de sua área foi incluída na primeira Constituição da República Brasileira. Em 1956, com nova demarcação da futura capital, o então Presidente da República, Juscelino Kubitschek (JK), deu início de fato à realização do projeto. Brasília então começou a ser erguida às margens do Lago Paranoá (Figura 1).

Ainda no mesmo ano foi lançado o “Concurso Nacional do Plano Piloto da Nova Capital do Brasil”, com o objetivo de selecionar projetos urbanísticos para a construção da cidade. A proposta vencedora foi a do arquiteto e urbanista Lúcio Costa, justamente pela sua simplicidade: a ideia era um traçado de dois eixos cruzando-se em ângulo reto, como uma cruz.

Com o projeto aprovado, Oscar Niemeyer foi escolhido por JK como arquiteto responsável pela construção dos monumentos. Em 21 de abril de 1960, Brasília nascia para o mundo, surgia uma cidade sob formas inovadoras, diferente de tudo já feito até então (COSTA, 1986).

2.1 Superquadras

As superquadras foram projetadas com um conceito de arquitetura total-

mente novo. A intenção era criar uma cidade jardim com um conceito de vizinhança. Para isso, os prédios foram elevados por pilotis, criando um espaço de transição sob eles, como mostra a Figura 2. Além das residências, as superquadras foram projetadas para ter os serviços necessários no cotidiano a fácil alcance, como áreas de convívio social, escolas e recreação (AMORIM, 2005).

O projeto piloto de Lúcio Costa abrigava apenas as superquadras 100, 200 e 300, com térreo sobre pilotis e mais seis andares. Mais tarde, com a necessidade do aumento de setores residenciais, foram inseridas as superquadras 700 e 400.

As superquadras 400 foram criadas com o objetivo de abrigar a população de menor renda da cidade, sendo assim, elas contêm algumas diferenças das demais. São quadras duplas, ou seja, a mesma entrada e saída para duas quadras, com cerca de 20 edifícios; os apartamentos são relativamente menores comparados aos das outras superquadras; não existe obrigatoriedade de garagem; e possuem apenas três andares sobre pilotis. A disposição dos edifícios é definida, na maior parte dos casos, por meio de projeções longilíneas (BRAGA, 2005).



FONTE: ACERVO PESSOAL

► **Figura 3**
Fachada frontal

2.2 Bloco H, SQS 404

Como Brasília foi concebida às pressas, para ter agilidade na construção da cidade uma técnica muito utilizada foi a de painéis de concreto pré-moldado, pois a repetição dos blocos permitia uma repetição de peças, fazendo com que o custo dos edifícios e o prazo de entrega ficassem menores. Isso tornou o concreto pré-moldado uma opção prática, de menor custo e rápida para concretizar a construção da cidade.

Muitos blocos das superquadras 400 foram concebidos a partir dessa técnica construtiva. O Bloco H da Superquadra 404 Sul é uma dessas edificações. Esse edifício é composto por três andares sobre pilotis, 24 apartamentos com três quartos cada e não possui elevadores e nem garagem como mostra a Figura 3 e Figura 4 (FERREIRA, 2009).

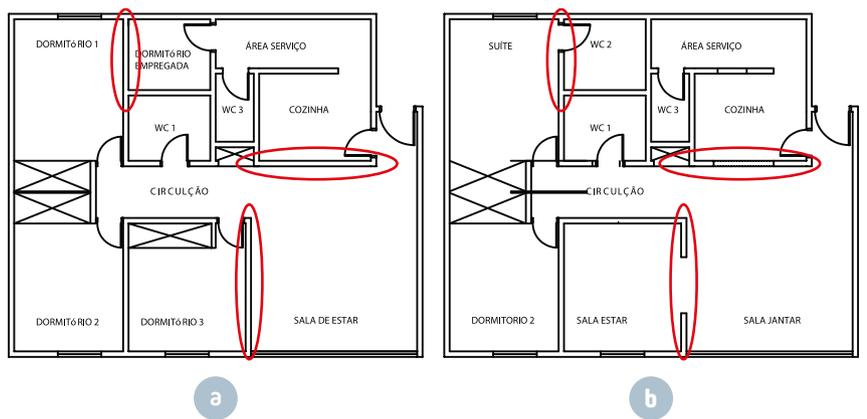
Os painéis de concreto pré-moldado são peças estruturais fabricadas na unidade de produção e montada no canteiro de obras. A montagem dos painéis é feita na posição vertical, com fôrmas de aço, apoiadas sobre quadro metálico. Sua altura é igual ao pé-direito do edifício e seu comprimento máximo é de 4 metros. As paredes formadas por painéis estruturais não podem



FONTE: ACERVO PESSOAL

► **Figura 4**
Fachada posterior





FONTE: CRIADO ATRAVÉS DO AutoCAD 2016

► **Figura 5**
 Planta simplificada da residência originalmente (a);
 Planta simplificada do resultado da reforma (b)

ser total ou parcialmente demolidas (SILVA, 2011).

As instalações elétricas são embutidas nos painéis de parede por eletrodutos posicionados na fôrma dos painéis antes da concretagem. As instalações hidráulicas, tanto de água fria quanto esgoto, são posicionadas em shafts; as tubulações de água fria de pequeno porte são externas aos painéis estruturais pré-moldados de concreto, as portas e janelas são posicionadas nos ressaltos

existentes nos painéis e fixadas lateralmente aos painéis, com parafusos. Complementarmente, a vedação da junta entre o painel e janela é feita com selante de poliuretano. As faces dos painéis podem receber pintura ou revestimento cerâmico, aplicados conforme normas técnicas pertinentes (SILVA, 2011).

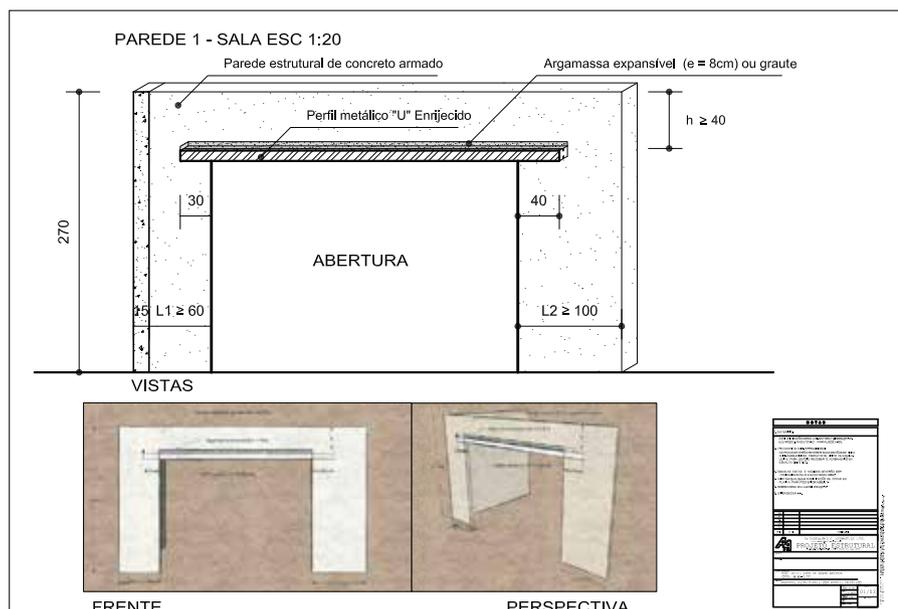
3. MÉTODO PARA DEFINIÇÃO DA REFORMA

Inicialmente realizou-se uma vistoria

no apartamento do Bloco H da Superquadra 404 Sul com objetivo de identificar possíveis interferências entre a arquitetura proposta e a estrutura existente. Para isso foram realizadas pequenas aberturas nas paredes, a fim de verificar a qualidade do aço e do concreto utilizados na construção do edifício e sua conservação. Foi possível perceber, a partir daí, que, apesar do tempo decorrido, os painéis pré-moldados se encontravam íntegros e bastante homogêneos, sem a presença de manifestações patológicas comuns a esse tipo de tecnologia construtiva. Alguns relatórios fotográficos e descritivos das atividades foram gerados para auxiliar na execução do projeto. Após os testes de verificação de qualidade da parede estrutural, um levantamento de carregamentos permanentes e acidentais foi realizado nos andares anteriores através da área de influência para cada painel pré-moldado existente. A partir desse levantamento, foi desenvolvido um modelo numérico para determinar as tensões solicitantes nas aberturas, considerando os carregamentos impostos.

A concentração de cargas verticais nos trechos laterais às novas aberturas foram verificadas, através da comparação entre as tensões principais atuantes relativas às combinações de ações feitas via estado plano de tensões para cada trecho de parede com sua respectiva verga metálica e as tensões resistentes obtidas com base no resultado dos ensaios realizados.

Para redistribuição das tensões na estrutura, foram utilizados os seguintes materiais: perfil em aço em chapa dobrada seção duplo “U” e argamassa polimérica. Assim, o projeto arquitetônico pode ser implantado, trazendo conforto, modernidade, e valorizando o apartamento do Bloco H na SQS 404.



FONTE: JOÃO DA COSTA PANTOJA

► **Figura 6**
 Projeto de reforço: sala

4. ESTUDO DE CASO

A Superquadra 404 Sul é umas das quadras de Brasília cujos blocos foram construídos com estruturas de concreto pré-moldado. Como suas paredes internas têm funções estruturais, esses blocos não permitem todo tipo de reforma.

A reforma do apartamento residencial da Superquadra 404 sul tinha como propósito ambientes mais espaçosos, confortáveis e modernos. Para isso, foi necessário criar aberturas em três das paredes estruturais da residência: a parede que se encontra entre a cozinha e a sala de estar; a parede entre a sala de estar e o dormitório 3; e a parede entre o dormitório 1 e o dormitório de serviço, como detalha a Figura 5(a).

Com a nova arquitetura, o cômodo que antes abrigava o dormitório 3 passa a ser a nova sala de estar; o cômodo que era usado como sala de estar se tornou a sala de jantar; e o dormitório que antes era para serviços virou um amplo banheiro para complementar o Dormitório 1, fazendo dos dois ambientes uma espaçosa suíte. Já, a cozinha ganhou uma abertura com um grande balcão para melhor aproveitamento do espaço e maior integração entre os ambientes (Figura 5 (b)).

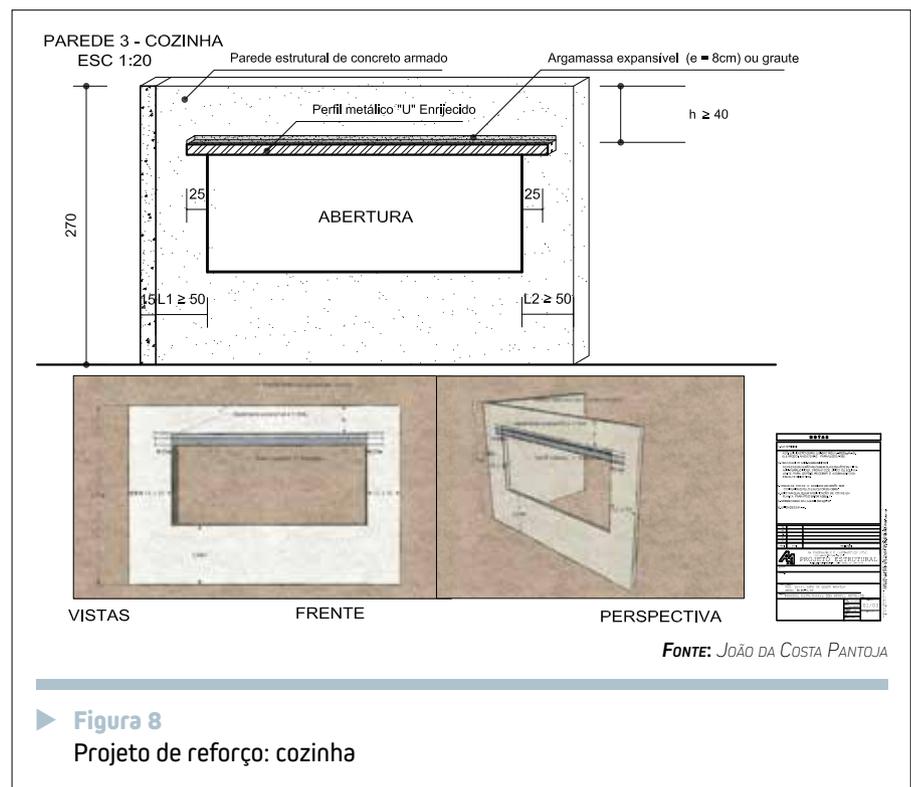
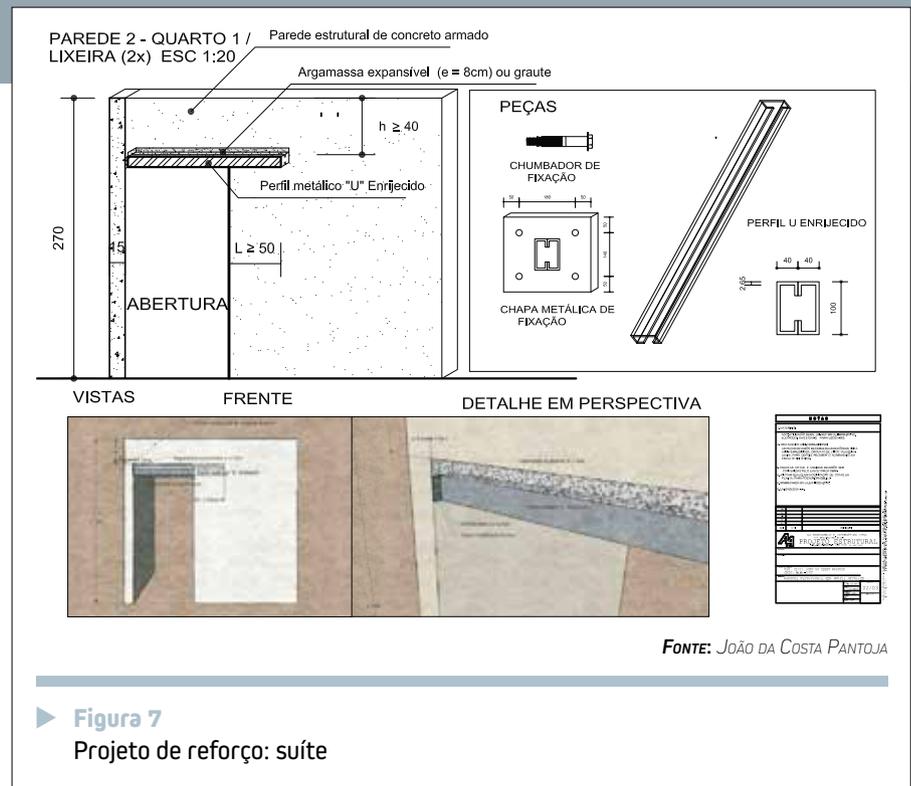
Para viabilizar o projeto de reforma arquitetônico foi necessário executar um reforço nas paredes estruturais de concreto pré-moldado, utilizando perfis de aço em chapa dobrada do tipo duplo “U” e argamassa polimérica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Projeto de reforço

Nas Figuras 6, 7 e 8, pode-se observar os projetos de reforço detalhados dos ambientes sala, suíte e cozinha, respectivamente.

O projeto especifica o reforço com



perfis de aço em chapa dobrada do tipo duplo “U”. São chapas versáteis e resistentes, desenvolvidas a partir de necessidades específicas de projeto. Esses perfis garantem as dimensões homogêneas e um acabamento perfeito. Para a fixação foi especificada a

argamassa polimérica, porque além de ser um material semiflexível ela ajuda a receber as tensões da estrutura e permite um excelente acabamento.

As chapas são implantadas nas paredes horizontalmente, bem acima das aberturas; dessa forma, elas conseguem distribuir as tensões que antes se





FONTE: ACERVO PESSOAL

► **Figura 9**
Escoramento da laje e abertura da parede



FONTE: ACERVO PESSOAL

► **Figura 10**
Perfil de aço fixado na abertura

concentravam nas paredes que já não existem mais.

5.2 Processo construtivo

Inicialmente foi executado um escoramento da laje, com auxílio de toras de madeira próximas de onde seriam realizadas as aberturas. Finalizado o escoramento, foram feitas as aberturas nos painéis de concreto armado, com as medidas especificadas no projeto de reforço, para o encaixe dos perfis de aço e no projeto arquitetônico de reforma (Figura 9). Em seguida, foram fixados nas paredes os perfis de aço em chapa dobrada e então realizou-se o acabamento com a argamassa polimérica, colocando-a entre a viga e o perfil de aço (Figura 10).

Em alguns casos, para que a vista externa da edificação não fosse comprometida, foi necessária a utilização de chumbadores na fixação da cha-



FONTE: ACERVO PESSOAL

► **Figura 11**
Chapa fixada com auxílio de chumbadores

pa. Pode-se observar essa técnica na Figura 11.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

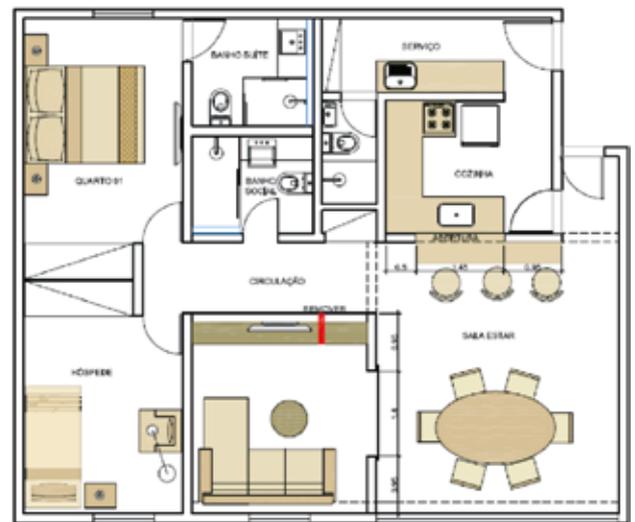
A técnica de reforço estrutural possibilitou a reforma arquitetônica no apartamento. Com isso foi possível trazer para a residência ambientes mais amplos e modernos, de acordo com a necessidade de quem o ocupa. O projeto arquitetônico final do apartamento está representado pela Figura 12, bem como fotografias do resultado da reforma executada (Figuras 13, 14, 15 e 16).

Com a execução do reforço da estrutura e da reforma arquitetônica, o apartamento situado no Bloco H da Superquadra 404 Sul ganhou um novo aspecto, agora muito mais moderno e espaçoso.

A reforma nas paredes estruturais do apartamento e o projeto de reforço estrutural viabilizaram uma arquitetura de qualidade no ambiente. Sem a execução do reforço na estrutura não seria possível cortar ou retirar as paredes, pois assim a estrutura perderia parte de sua resistência,

podendo levar o edifício à ruína.

As paredes estruturais são uma boa opção de construção por sua rapidez e conseqüentemente seu custo, mas elas possuem uma grande limitação para reformas, que só são possíveis diante de um reforço estrutural.



FONTE: ARQUITETA NATALIA NOLETO

► **Figura 12**
Projeto arquitetônico final



FONTE: ARQUITETA NATALIA NOLETO

► **Figura 13**
Sala de estar reformada



FONTE: ARQUITETA NATALIA NOLETO

▶ **Figura 14**
Sala de jantar reformada



FONTE: ARQUITETA NATALIA NOLETO

▶ **Figura 15**
Cozinha reformada



FONTE: ARQUITETA NATALIA NOLETO

▶ **Figura 16**
Sala de jantar reformada

De tempos em tempos é necessário fazer uma reforma em qualquer edifício, seja para melhorar a

qualidade de vida de quem o ocupa, seja por manutenção. Sendo assim, a reabilitação estrutural se torna

uma boa opção no mercado, sendo essa possível a partir de projeto específico. 🏠

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMORIM, C.N.; FLORES, A.L. Edifícios residenciais das Superquadras do Plano Piloto, Brasília: aspectos de preservação e conforto ambiental. FAU, Universidade de Brasília, UnB, 2005.
- [2] BRAGA, D.K. Arquitetura residencial das Superquadras do Plano Piloto de Brasília: aspectos de conforto térmico. Dissertação de mestrado, FAU: UnB, 2005.
- [3] COSTA, Lúcio (1957) Relatório do Plano Piloto de Brasília, Modulo, Rio de Janeiro, edição especial, nº 89/90, Jan/Fev/Mar/Abril 1986.
- [4] FERREIRA, M.M.; GOROVITZ, M. A invenção da Superquadra: o conceito de unidade de vizinhança em Brasília. Brasília: Iphan, 2009.
- [5] HISTÓRIA: Brasília: a cidade-sonho. Brasília: a cidade-sonho. Disponível em: < <http://www.brasilia.df.gov.br/index.php/2015/10/21/historia/> >. Acesso em: 13 abr. 2016.
- [6] Projeto de Reforço em perfis de chapa dobrada colada para painéis em alvenaria armada – Arquivo: João da Costa Pantoja.
- [7] SILVA, Fernando Benigno da. Sistemas Construtivos: Painéis estruturais pré-moldados maciços de concreto armado para execução de paredes. Técnica, São Paulo, v. 180, p.24-27, dez. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/180/artigo2868983.aspx>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais

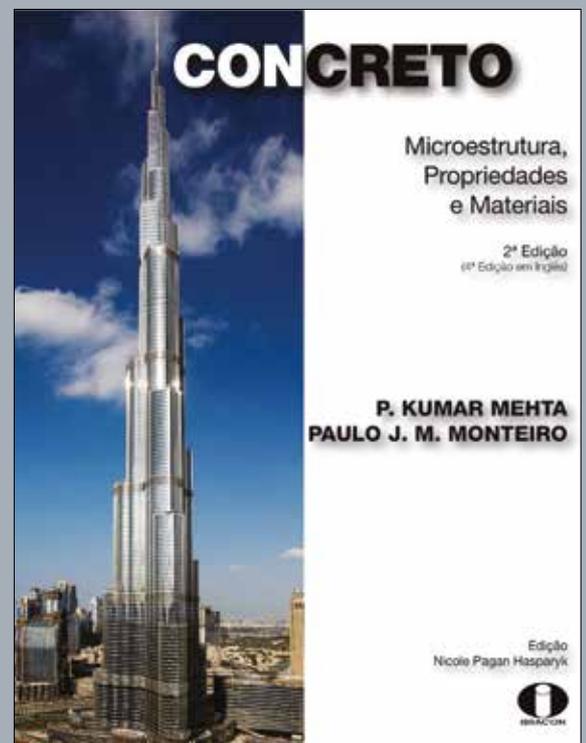
- **Autores** P. Kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro (Universidade da Califórnia em Berkeley)
- **Coordenadora da edição em português** Nicole Pagan Hasparyk (Eletrobras Furnas)
- **Editora** IBRACON • 4ª edição (inglês) • 2ª edição (português)

Guia atualizado e didático sobre as propriedades, comportamento e tecnologia do concreto, a quarta edição do livro "Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais" foi amplamente revisada para trazer os últimos avanços sobre a tecnologia do concreto e para proporcionar em profundidade detalhes científicos sobre este material estrutural mais amplamente utilizado. Cada capítulo é iniciado com uma apresentação geral de seu tema e é finalizado com um teste de conhecimento e um guia para leituras suplementares.

→ **Informações:** www.ibracon.org.br

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-21-3
Edição: 2ª edição
Formato: 18,6 x 23,3cm
Páginas: 782
Acabamento: Capa dura
Ano da publicação: 2014



Patrocínio



Investigación participativa para crear viviendas durables

P. CASTRO-BORGES

T. CASTILLO

F. DICKINSON

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN, UNIDAD MÉRIDA – MÉRIDA, YUCANTÁN, MÉXICO

A. A. TORRES-ACOSTA

UNIVERSIDAD MARISTA DE QUERÉTARO – QUERÉTARO, MÉXICO

C. GARCÍA

FACULTAD DE CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN – YUCATÁN, MÉXICO

I. INTRODUCCIÓN

¿Por qué la corrosión deteriora la vivienda de concreto? Podemos hacerle esta pregunta al niño de 9 años o al anciano de 80 que caminan como abuelo y nieto por la playa. Las respuestas serán muy parecidas a las que darían la mayor parte de la gente que vive en ese ambiente: ¡se deteriora porque el salitre se la come!, ¡Tiene el cáncer de la corrosión! Etcétera. Pocos de ellos pueden darnos información más relevante sobre las verdaderas causas que, quizá, no conocemos ni entendemos por completo.

Lo cierto es que, si ese anciano, ese pequeño y, en general, la gente que no tiene conocimientos científicos en

el área de la corrosión y las patologías de la construcción, pudiesen ayudar a crear cultura para la prevención del problema, la respuesta a la pregunta sería diferente. Imaginemos sus respuestas en este caso: ¡se deteriora porque la sal del mar afecta al acero de concretos mal hechos! ¡Se deteriora porque usaron arena de mar sin lavar! ¡Se deteriora porque el acero quedó muy superficial o expuesto! etcétera. Es decir, si bien las respuestas ya no serían coloquiales, tampoco serían muy técnicas, pero, desde luego, denotarían la apropiación de un conocimiento y su utilización para comprender el fenómeno.

Lograr lo anterior no es fácil, pero tampoco imposible. Entre 1994 y 2012, un grupo de investigadores que inclu-

yó, entre otros profesionales, a ingenieros civiles, arquitectos, antropólogos, ecólogos humanos, biólogos y físicos, se dio a la tarea de interactuar con la gente de dos pequeños puertos de Yucatán, México, donde la mayor parte de las mujeres son amas de casa y los hombres son pescadores, cuyo nivel de estudios es bajo, incluso con cerca de 10% de población analfabeta. Mediante metodologías participativas, comunitarias (Dickinson y Castillo 2003; Castillo Burguete, Viga de Alva et al. 2008), los antropólogos nos enseñaron a los demás participantes a ¡llevarle a la gente! Con una interacción entre los lugareños y los acompañantes del equipo de investigación, los primeros aportaron su bagaje de conocimientos de la vida cotidiana y su sentido común aprendiendo también a realizar investigación participativa (IP), y los segundos, entrenados en la metodología de (IP), tradujeron los conceptos provenientes del conocimiento científico a un lenguaje común, cotidiano. Se logró, con los participantes de El Puerto, una de las dos comunidades, concebir una vivienda durable y comenzar a generar una cultura para prevenir la corrosión (Castro Borges P., 2007a) mediante la apropiación de conocimientos básicos de fisicoquímica, independientemente de la baja escolaridad de algunos de



Figura I – Miembros de El Puerto entrenándose en conceptos de corrosión

los participantes, entre los cuales había algunos que incluso no sabían leer ni escribir; hombres y mujeres adultos y niños pudieron participar activamente en la construcción aplicando los conceptos adquiridos. La Figura 1 muestra algunas de las sesiones de entrenamiento, la Figura 2 una de las etapas de construcción y la Figura 3 la vivienda terminada. Las respuestas que previamente sugerimos como supuestas, ahora son más realistas.

Gracias a esta interacción, los facilitadores, es decir, los miembros de la comunidad que participaron en la IP, han hecho un gran trabajo: la divulgación. Ahora otros habitantes de El Puerto están conscientes, opinan y tratan de cumplir aspectos elementales para que sus viviendas no se deterioren y empiezan a pasar este conocimiento a sus hijos y otros lugareños.

Las causas fundamentales por las que una estructura se deteriora pueden ser claramente entendidas por cualquiera, sin importar si es ingeniero, arquitecto, estudiante de secundaria o ama de casa. Una de ellas es la utilización de materiales para construcción inapropiados. Por ejemplo, la gente de El Puerto sabe que no se debe usar arena de mar para construir con fines estructurales. Entendieron por qué no usar la arena de mar.

Otra causa es la utilización de materiales buenos pero que no son aplicables, por razones técnicas, económicas o arquitectónicas, al trabajo que se realiza. Por ejemplo, la gente de El Puerto entiende ahora por qué no es correcto pintar el acero para protegerlo de la corrosión cuando está embebido en el concreto, si no se conoce el tipo de pintura y no se hace una buena preparación superficial.

Una causa más de deterioro es la

supervisión, que puede ocasionar problemas por inexperiencia o corrupción. En El Puerto, ahora es más difícil que un usuario permita que a su concreto “se le eche agua de más para agilizar el colado”.

Una de las causas que más deteriora la infraestructura es su mismo diseño arquitectónico y estructural (Castro et al, 2006). Ahora los participantes de El Puerto tienen conocimientos empíricos para trabajar la arquitectura de sus casas y prever problemas de corrosión. Por ejemplo, evitando dejar sin protección el acero expuesto como preparación para el crecimiento de la vivienda sino protegiéndolo con dados de concreto pobre o pintura, que serán retirados al continuar la construcción; aumentando el recubrimiento de concreto sobre el acero para proteger a éste de la corrosión, o; hacer ellos mismos sus techos sin necesidad de acero como el Domozed (Figura 4) o de ferrocemento (Figura 2). Desafortunadamente, la falta o poca disponibilidad de clases especializadas en el área de corrosión para los alumnos de ingeniería y arquitectura, ocasiona que los proyectos, desde



Figura 2 – Miembros de El Puerto participando en la construcción de su vivienda

su concepción, propicien el deterioro por corrosión u otras patologías.

Aunque se ha estado trabajando para generar asignaturas de posgrados en esta área (Castro Borges,



Figura 3 – Vivienda tipo Palafito de concreto terminada





Figura 4 – Ejemplo de piezas Domozed sin acero, fabricadas por las habitantes

2007a), en el caso de El Puerto la gente no sólo se apropió de los conocimientos ya descritos, sino que están incorporando la prevención (Dickinson 2002a; Dickinson 2002b) a su cultura. De los seis prototipos que se han construido, cinco en El Puerto y el último en Chelem, los dos últimos contienen pequeños aditamentos (Figura 5) que sirven para hacer un seguimiento continuo de las variables más relacionadas con el deterioro, como temperatura, humedad y el potencial y la velocidad de corrosión. Estos aditamentos se pueden construir de una manera fácil y con poco costo. La gente de la localidad, el arquitecto o ingeniero, pueden colocarlos desde la construcción de la vivienda o a través de una intervención ex profeso. Se espera lograr, en otras etapas de nuestro trabajo de IP, que miembros de la comunidad aprendan a hacer y colocar estos aditamentos y a medir parámetros de corrosión y a interpretarlos a nivel elemental. La

idea es que puedan dar un seguimiento a la evolución de los agentes agresivos en su vivienda y acudan a un experto para que los apoye en su interpretación. Se está usando como base el kit y la filosofía que la Asociación Internacional de Corrosión (NACE Internacional) usa para educar a los jóvenes de las secundarias y preparatorias en plan piloto en algunos lugares del mundo (Figura 6). Lo que hicimos aquí, fue adaptarla a comunidades con nivel de escolaridad bajo y generar, además, en forma original, la parte de la prevención del problema patológico que es muy importante.

No cabe duda de que la mayor cantidad de gente afectada por el problema de corrosión en vivienda es aquella con menos recursos. Una acción concertada como la que aquí describimos permitirá que las comunidades tomen mayor conciencia del problema, pero también tengan más y mejores elementos para enfrentar el problema de deterioro de sus viviendas, en especial en las costas del país. El primero y segundo prototipo de vivienda con estos criterios y participación comunitaria en varias etapas se hizo antes del paso del huracán Isidoro sobre la Península de Yucatán, en 2002 (Dickinson 2002a; Dickinson 2002b); después se construyeron los demás prototipos; el proyecto llegó hasta la fase de prefabricación de los elementos estructurales de los palafitos. Hacia 2010 se introdujo, en el puerto de Chelem, un palafito mejorado con aceptación cultural, bajo



Figura 5 – Columna con aditamentos insertados desde la construcción para poder medir humedad, temperatura, potencial y velocidad de corrosión

impacto ambiental, durable y resistente a huracanes.

Poco a poco, trabajos como éste y otros están dando lugar en México a la generación de normativa en el campo de la corrosión de estructuras de concreto, en unión con organismos importantes como ONNCCE, IMCYC, CINVESTAV y otras instituciones y empresas mexicanas (Castro Borges, 2007b))

Usted y nosotros, que ahora conocemos unas cuantas causas del problema de la corrosión en la vivienda costera y también las formas en que nuestra comunidad puede participar para controlar el problema, podemos cuidar y hacer cuidar esos detalles que retrasarán los daños a nuestra infraestructura nacional e internacional.

2. CONCLUSIÓN

La vivienda de países como México está expuesta a ambientes agresivos como el costero, donde las construcciones se deterioran por efecto de la brisa marina, malos materiales de construcción, su uso inadecuado o mala supervisión, entre otros. Las comunidades



Figura 6 – Kit de accesorios que la comunidad o cualquier usuario puede utilizar con un entrenamiento básico

afectadas por esta situación, pero en particular las vernáculas, son capaces de apropiarse empíricamente de conocimientos que les permitan controlar los daños y construir sus propias viviendas con criterios de prevención de problemas patológicos, a través de procesos de investigación participativa llevados a cabo por especialistas.

3. AGRADECIMIENTOS

Al Conacyt (financiamiento 28402S),

Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (convenio A2-99/002.2000-2002), Comisión Ordenadora del Uso del Suelo del Estado de Yucatán, CIAM, Conacyt-Fondos Mixtos del Estado de Yucatán (YUC-2004-C03-018 y 2008-107301), y, por sus apoyos en especie, a Cinvestav, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, Universidad Marista de Querétaro y a Cemex y Galvex, empresas mexicanas. ➤

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Castillo Burguete, M. T., Viga de Alva, M. D., et al. (2008). Changing the culture of dependency to allow for successful outcomes in participatory research: Fourteen years of experience in Yucatan, Mexico. *The Sage Handbook of Action Research. Participative Inquiry and Practice*. P. Reason and H. Bradbury. Los Angeles, SAGE: 522-533.
- [2] Castro P., Pereira F., Landmann R., "Influencia del diseño arquitectónico en la durabilidad de estructuras de hormigón", *Revista Concreto*, Año 34, No , ISSN 1 806-9673, Ibracón, pp. 39-42, 2006.
- [3] Castro Borges, P. (2007a). Prevención de problemas patológicos en estructuras de concreto. Desarrollo de modelos, normativas programas de certificación profesional y de apoyo a posgrados. Proyecto CONACYT- CIAM, 54826, Colaboración Interamericana de Materiales, 2007-2009.
- [4] Castro Borges, P. (2007b). Generación de propuestas de normativa sobre durabilidad del concreto armado basada en datos de diversos proyectos de ciencia básica y aplicada para ambientes tropicales marinos, Proyecto Ciencia Básica CONACYT 57420, 2007-2010.
- [5] Dickinson, F. (2002a). Innovando para vivir mejor, Informe Técnico Final del Proyecto (28402-S), del mismo nombre. Mérida, México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- [6] Dickinson, F. (2002b). Innovando viviendas para conservar ecosistemas costeros. Fase I, Informe Técnico final del Proyecto A2-99/002, del mismo nombre. Mérida, México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- [7] Dickinson, F. and M. T. Castillo (2003). "Participación comunal e innovación de vivienda en la costa de Yucatán." *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán* 18(224): 53-66.



Recuperação da barragem de Jucazinho

CLÁUDIO NEVES OURIVES – ENGENHEIRO, DIRETOR EXECUTIVO

PENETRON BRASIL

LUIZ EDUARDO CARDOSO – ENGENHEIRO, DIRETOR, PROFESSOR

JLC ENGENHARIA, UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ)

FRANCISCO HOLANDA – ENGENHEIRO, PROFESSOR, DIRETOR

RAPHAEL HOLANDA – ENGENHEIRO, DIRETOR TÉCNICO

RICARDO HOLANDA – ENGENHEIRO, DIRETOR

HOLANDA CONSULTORIA

BRUNO VENTURA – ENGENHEIRO, DIRETOR TÉCNICO

VICTOR MELO – ENGENHEIRO, DIRETOR

CONCREPÓXI ENGENHARIA

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta as atividades técnicas aplicadas na recuperação da face de montante da barragem de Jucazinho, na cidade de Surubim (PE), em 2017, através do tratamento de fissuras com injeção de resinas de poliuretano, da pulverização de selador à base de silicato e da aplicação por projeção via úmida de argamassa à base de cimento modificada com polímero. Essas atividades tinham como objetivo garantir o aumento da impermeabilidade da face de

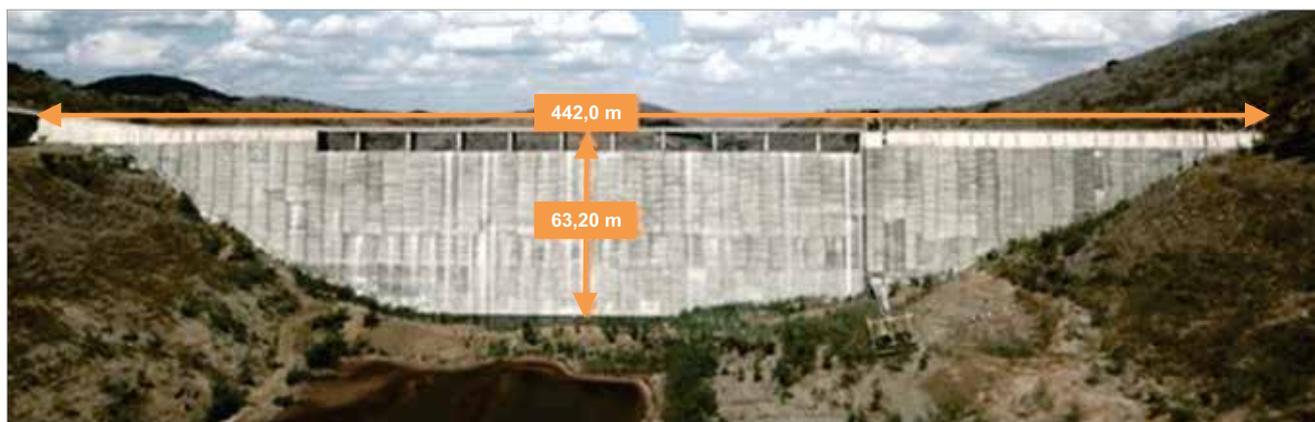
concreto convencional dessa barragem de concreto compactado a rolo (CCR). O concreto da galeria de drenagem também sofreu intervenções de recuperação, através de projeção de concreto com adição de aditivos cristalizantes.

O principal objetivo da barragem de Jucazinho, que tem 63m de altura e 442m de largura, era de criar um reservatório para atender às necessidades de água potável para mais de 10 cidades, entre elas Caruaru e Surubim, até 2020. Foi concluída em 1998, com volume total de concreto

de 476.000 m³, dos quais 360.000 m³ em CCR.

Após a pior seca em 60 anos, decorrente de 6 anos de estiagem, a barragem ficou sem água em seu reservatório. Por esta razão, foi possível iniciar o serviço de recuperação em janeiro de 2017 (Figura 1).

As observações e registros técnicos de campo colaboraram para a qualidade das atividades de campo e para conferir os melhores índices de durabilidade e longevidade das estruturas de concreto da barragem de Jucazinho.



► **Figura 1**

Vista da face de montante, com reservatório seco

Como ferramenta adicional utilizada na composição da metodologia de recuperação, proteção e cura, foi realizado previamente um estudo de mesoclima na região da barragem, que permitiu melhor conhecimento do clima do local e maior controle das atividades de aplicação.

A verificação do mesoclima forneceu importantes informações para a execução dos trabalhos iniciais em laboratório e na obra, para projeção da argamassa e definição do melhor método de cura em ambientes de clima seco e quente. O procedimento de verificação consiste em desenvolver uma malha georeferenciada no campo de trabalho para coletar informações como temperatura do ambiente, umidade, velocidade do vento e sua direção, que constituem amostras do microclima local nos períodos da manhã e da tarde. A verificação do mesoclima foi desenvolvida de acordo com as recomendações do ACI 305R-10 *Guide to Hot Weather Concreting*.

2. PROJETO DE RECUPERAÇÃO

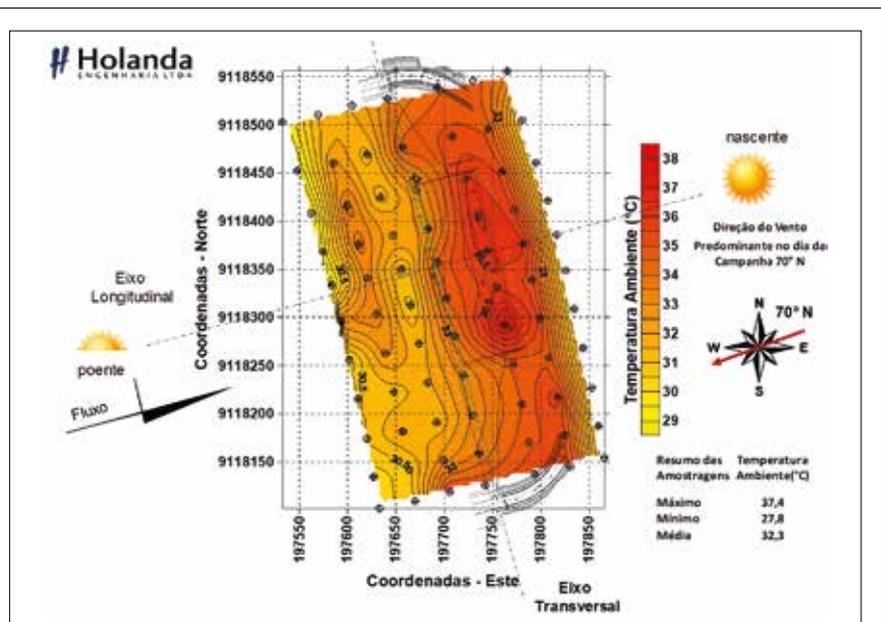
O projeto de recuperação dessa barragem aborda vários itens de recuperação estrutural à montante e à jusante, previstos em relatório da Geotechnique, de 2013, entregue ao DNOCS. Nesse trabalho, são abordadas as atividades de recuperação à montante e na galeria de drenagem, que foram contratadas e executadas em 2017, conforme segue abaixo. O escritório de consultoria JLC participou como consultor técnico do consórcio vencedor, composto pelas empresas Concrepoxi, Jatobeton, Rocha e Brasvia. A Holanda Engenharia foi responsável pela tecnologia do concreto e ensaios de laboratório e campo. Em negrito, são as atividades executadas:



► **Figura 2**

Imagem de satélite da localização do empreendimento incluindo a malha da campanha do mesoclima e suas principais estruturas (Zona 25M) entre as coordenadas 197695,59 E / 9118359,80 S

- **Tratamento da Fundação Rochosa com Injeção de Cimento;**
- **Tratamento das trincas do maciço de CCV com resina de poliuretano;**
- **Recuperação da face de montante;**
- **Recuperação de danos estruturais nas paredes e teto da galeria;**
- Construção de degraus intermediários nos trechos inclinados da galeria;
- Fechamento das entradas da galeria com portão de ferro galvanizado e iluminação da galeria;
- Poços de alívio;
- Escadaria de acesso à entrada da galeria de drenagem da ombreira direita;



► **Figura 3**

Detalhes da temperatura ambiente no perímetro das estruturas da barragem



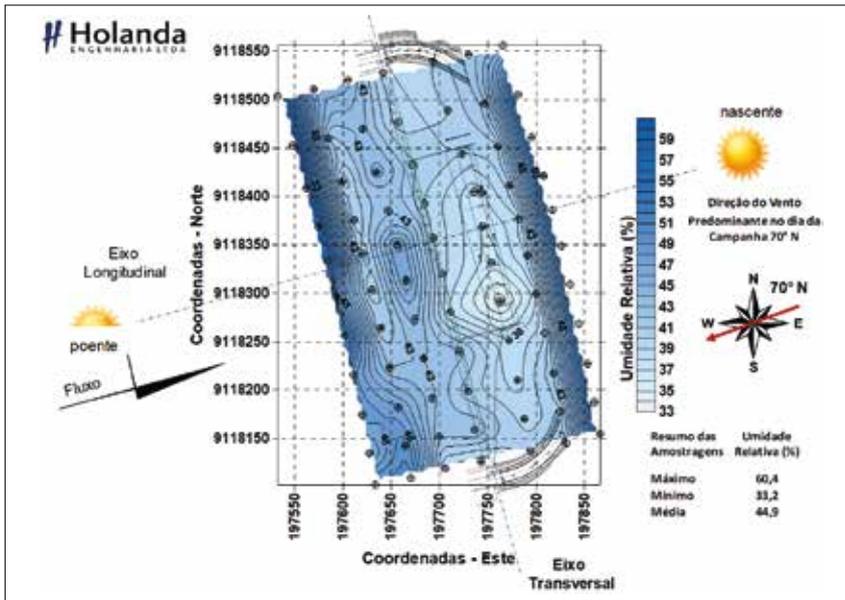


Figura 4
 Detalhes da umidade relativa do ar no perímetro das estruturas da barragem

- ▶ Recuperação das estruturas hidroelétricas da tomada d'água/descarga de fundo;
- ▶ Instrumentação;
- ▶ Recuperação do concreto de face dos degraus de jusante da barragem;
- ▶ Recuperação da estrutura da casa de comando da válvula dispersora. Na face de concreto convencional à montante, com área de 20.000 m² aproximadamente, foram executadas as seguintes etapas:

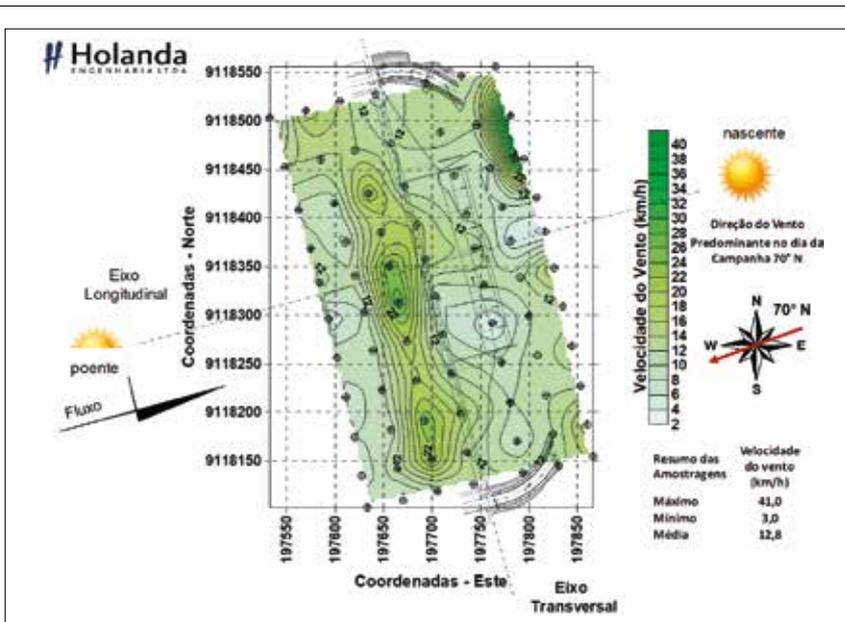


Figura 5
 Detalhes da velocidade do vento no perímetro das estruturas da barragem

- ▶ Hidrojateamento de alta pressão em todo o concreto;
- ▶ Injeção de resina de poliuretano flexível em fissuras e juntas frias (6.000m);
- ▶ Pulverização de selador sub-superficial à base de silicatos (20.000 m²);
- ▶ Projeção de argamassa polimérica de reparo estrutural, com fibras, com espessura de 2 cm (20.000 m²);
- ▶ Instalação de juntas tipo ômega em juntas de dilatação verticais.

Na galeria de drenagem, foram realizados:

- ▶ Limpeza dos drenos;
- ▶ Remoção de concreto deteriorado do teto;
- ▶ Projeção de concreto projetado via seca com adição de aditivo redutor de permeabilidade por cristalização integral, tipo PRAH, conforme classificação do ACI 212.3R.

3. ESTUDO DO MESOCLIMA

Na Figura 2, é apresentada a imagem de satélite incluindo a malha de monitoração do mesoclima. As atividades relativas à determinação do mesoclima foram realizadas no período de 07 a 09 de fevereiro de 2017.

O mesoclima apresentado é relativo ao período da campanha de 7 a 9 de Fevereiro de 2017. A campanha foi realizada a partir das 08:00 da manhã à jusante da barragem até as 13:00 horas, seguida do perímetro de montante das 14:00 até as 18:00.

Para realização desse estudo, foram coletados e considerados no processamento os seguintes parâmetros:

- ▶ Temperatura ambiente (Figura 3);
- ▶ Umidade relativa do ar (Figura 4);
- ▶ Velocidade do vento (Figura 5);
- ▶ Temperatura do concreto.

O resultado apresentado no

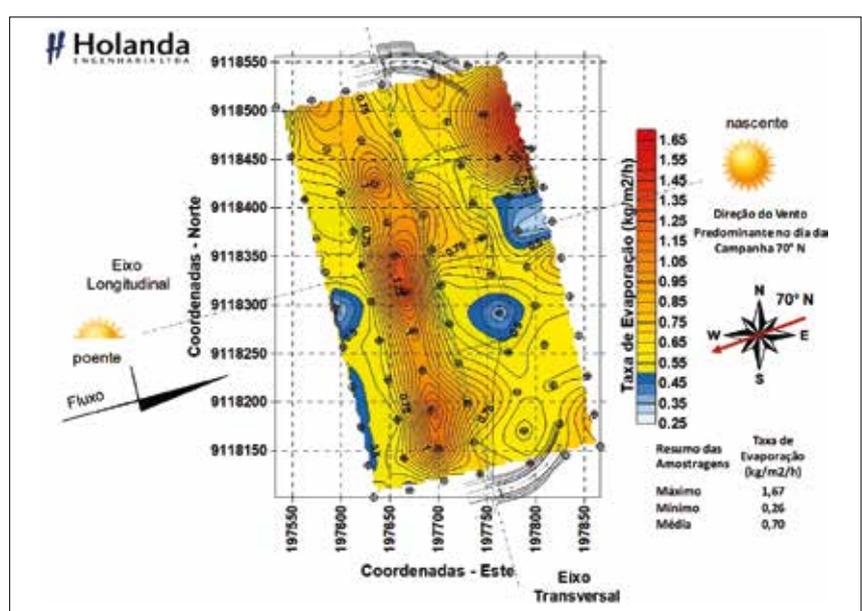
nomograma $E_{max} = 0,66 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ (Figura 8) foi obtido empregando os valores médios de temperatura ambiente, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura do concreto, indicados na Figura 7.

3.1 Análise dos dados e recomendações

No período da campanha e coleta dos dados, o vento tinha como direção predominante a direção 70° N .

No perímetro estudado, não existem estruturas ou bloqueios que podem mudar a direção e a ação das velocidades e rajadas dos ventos, que, por consequência, incidem diretamente na jusante e montante da barragem, onde seria realizada a projeção da argamassa polimérica.

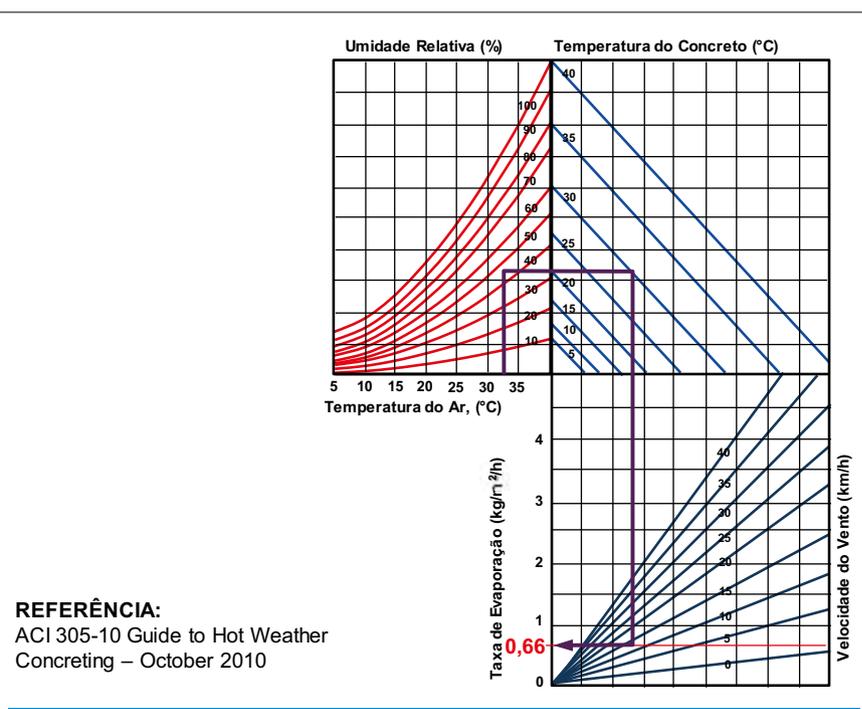
- ▶ Os parâmetros médios do ambiente foram $32,3^\circ\text{C}$ de Temperatura, $44,9\%$ de umidade e $12,8 \text{ km/h}$ de velocidade do vento e uma taxa de evaporação de $0,66 \text{ kg/m}^2/\text{h}$;
- ▶ Os valores das amostragens do microclima resultaram em valores de $0,50$ a $1,67 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ no período da campanha – esses resultados já indicaram a necessidade de proteção do concreto quanto às condicionantes do clima, que poderiam provocar fissuração superficial do concreto por retração plástica no perímetro previsto para execução das obras;
- ▶ Em todo perímetro monitorado, o processamento dos dados indicaram que $75,2\%$ dos índices de evaporação observados resultaram acima de $0,50 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, em uma faixa de $0,50$ a $1,67 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, taxas consideradas elevadas quando comparadas aos limites de aceitação, que poderiam gerar patologias importantes nas obras de revestimento



▶ **Figura 6**
Detalhes da taxa de evaporação no perímetro das estruturas da barragem

NOMOGrama DE TAXAS DE EVAPORAÇÃO DA ÁGUA				
Área Monitorada: Perímetros de Montante e Jusante da Barragem de Jucazinho				Resultado da Monitoração:
Temperatura Ambiente °C	Temperatura do Concreto °C	Umidade Relativa %	Velocidade do Vento kph	Taxa de Evaporação kg/m²/h
32,3	30	44,9	12,8	0,66

▶ **Figura 7**
Valores médios dos parâmetros verificados e processamento da taxa de evaporação $E_{max} = 0,66 \text{ kg/m}^2/\text{h}$



REFERÊNCIA:
ACI 305-10 Guide to Hot Weather
Concreting – October 2010

▶ **Figura 8**
Nomograma da taxa de evaporação da Barragem de Jucazinho



NOMOGRAMA DE TAXAS DE EVAPORAÇÃO DA ÁGUA				
Área Monitorada: Perímetros de Montante e Jusante da Barragem de Jucazinho			Resultado da Monitoração:	
Temperatura Ambiente °C	Temperatura do Concreto °C	Umidade Relativa %	Velocidade do Vento kph	Taxa de Evaporação kg/m ² /hr
32,3	27	44,9	12,8	0,46

Figura 9
Simulação com a redução da temperatura do concreto e valores médios dos parâmetros verificados e processamento da taxa de evaporação (E_{max} = 0,46 kg/m²/h)

do barramento da barragem com argamassa polimérica projetada.

Os parâmetros observados na campanha, indicaram a necessidade de se adotar algumas ações com o objetivo de mitigar e minimizar ao máximo as prováveis patologias que têm como causa as variações do microclima no perímetro da obra, com base nas taxas de evaporação extremas. Deste modo, especificaram-se os parâmetros e materiais como descritos a seguir.

3.1.1 ARGAMASSA POLIMÉRICA

Os sacos devem ser acondicionados em locais frescos e arejados até o momento de sua utilização, buscando manter o material abrigado do sol e de forma que ele fique com sua temperatura mais baixa quanto possível, não superior a 30°C.

3.1.2 ÁGUA DE AMASSAMENTO

O emprego de água de amassamento com temperatura de 15°C, buscando uma temperatura da mistura para projetar não superior a 27°C graus. Mantendo-se essa temperatura com os parâmetros de clima observados, a taxa de evaporação recuou para 0,46 kg/m²/h, (Figura 9), que associada a uma boa proteção de cura reduz a probabilidade de fissuração por retração plástica para níveis recomendados pelo ACI 305, como indicado na Figura 9.

3.1.3 EQUIPAMENTO DE PROJEÇÃO

O equipamento de projeção deve ser mantido abrigado do sol durante todo o período que durar a obra, mesmo em casos em que as condições do

microclima sejam favoráveis. O mesmo cuidado deve-se adotar para o mangote de projeção e, caso se observe uma perda de temperatura acentuada, deve-se prever a proteção do mangote das ações dos raios solares.

3.1.4 CURA

Os parâmetros de microclima verificados indicam que a proteção do concreto empregando o processo de cura rigoroso evita que a água de amassamento e de hidratação do cimento evapore das regiões superficiais da argamassa, uma vez que a incidência de velocidades de vento, baixa umidade e insolação estarão presente na montante da barragem, em pelo menos metade do período laboral.

A cura adequada é fundamental para que a argamassa alcance o seu melhor desempenho, tornando-a mais impermeável, com baixa absorção de água, com alta resistência à carbonatação e à difusão de íons, ou seja, com resistência mecânica e durabilidade adequadas.

A não execução da cura acarretará em uma argamassa mais porosa, permeável, com baixa resistência superficial e sujeita ao ataque dos agentes agressivos.

A água é parte integrante do processo de reação química com o cimento, devendo permanecer o maior tempo possível na argamassa, pois a mesma fará parte dos compostos resultantes da hidratação do cimento. Recomendamos adotar o processo de cura química, com material impermeável ou compostos que formem membrana.

3.1.5 TEMPERATURA DO SUBSTRATO DO CONCRETO

A campanha de verificação da

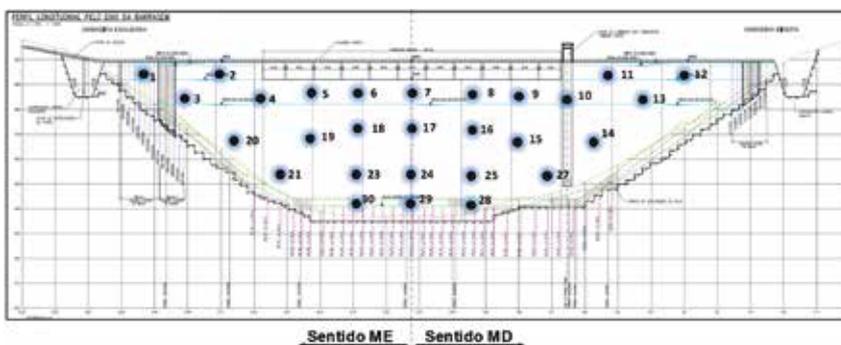


Figura 10
Vista de montante: pontos para verificação da temperatura do substrato do concreto

temperatura do substrato foi executada com termômetro de pistola a laser, tomando como orientação os alvos indicados na Figura 10 entre a margem esquerda, eixo longitudinal e margem direita, onde foi executada a projeção da argamassa, com três medidas no período da manhã e duas no período da tarde (Figura 10).

O resultado da análise estatística dos dados obtidos na campanha de campo indica que no período da manhã entre 07:00 e 08:00 as temperaturas resultaram em um mínimo de 23,9 °C, máxima de 27,7 °C e uma média de 26,2 °C, que se mantêm até próximo as 10:00 horas.

A partir das 11:00 até às 13:00, intervalo este no qual a incidência dos raios solares é direta no substrato que será revestido com a argamassa polimérica, as temperaturas resultaram em um mínimo de 35,4 °C, máxima de 38,6 °C e uma média de 37,0 °C. Estes patamares de temperatura se mantêm, de modo geral, até próximo às 16:00 horas, quando as temperaturas iniciam uma alteração de gradiente que resultaram em um mínimo de 29,3°C, máxima de 34,3 °C e uma média de 32,3 °C.

As temperaturas registradas entre 11:00 até às 16:00 foram consideradas extremas e desfavoráveis para aplicação do revestimento. Admitindo-se os parâmetros do mesoclima indicados nesse relatório, associados a uma temperatura elevada do substrato, a probabilidade de surgir um quadro severo de fissuração por retração plástica seria muito provável.

Para mitigar e neutralizar a influência das altas temperaturas do substrato, durante o processo de aplicação da argamassa polimérica, recomendou-se manter a temperatura do substrato inferior a 30,0°C, empregando aspersão

de água por um período de pelo menos trinta minutos antes da aplicação da argamassa polimérica. Precedente a aplicação da argamassa, sugeriu-se verificar se temperatura do substrato estaria na envoltória da temperatura recomendada de aplicação.

Para garantir um período laboral de produção durante todo o turno diurno, especificou-se que as temperaturas do substrato devessem estar nas condições verificadas entre as 07:00 e 08:00 da manhã.

4. ENSAIOS PRELIMINARES DE LABORATÓRIO

Antes do início dos serviços de recuperação foram realizados ensaios em amostras do selador à base de silicato modificado, da argamassa polimérica com fibra e do produto de cura, que são relacionados a seguir:

- ▶ Resistência à compressão axial;
- ▶ Resistência à tração na flexão;
- ▶ Permeabilidade por penetração de água sob pressão;
- ▶ Resistência de aderência à tração;
- ▶ Eficiência do produto de cura química.

Em relação aos resultados desses ensaios são feitas as seguintes observações:

- a) Nos ensaios com a argamassa, foram testadas 8 misturas experimentais, sendo escolhida uma delas para uso na obra, designada por EXP-008/17. Houve alterações na relação água/ pó original da argamassa polimérica, para que pudesse ter consistência para projeção.
- b) Os ensaios foram comparativos, comparando-se os resultados obtidos na mistura escolhida, com uma argamassa de referência, registrada como sendo N° E005/17.

4.1 Ensaio de aderência

No ensaio de resistência de aderência à tração, foram experimentadas três condições de aplicação da argamassa (Figura 11):

- 1) Argamassa aplicada em substrato não escarificado e sem aplicação do selante de silicato modificado;
- 2) Argamassa aplicada em substrato escarificado e sem aplicação do selante de silicato modificado;
- 3) Argamassa aplicada em substrato escarificado, com aplicação do selante de silicato modificado.

As tensões de aderência obtidas da argamassa polimérica sobre o substrato com aplicação do silicato modificado, variaram de 0,56 MPa a 1,24 MPa, com valor médio de 0,78 MPa, que são bem superiores à resistência mínima exigida pelas normas brasileiras para esse parâmetro nas argamassas de revestimento, que é de 0,3 MPa.

Para a garantia da aderência, sugeriu-se a execução de uma campanha de “bate-choco” na argamassa aplicada no paramento de montante. Caso esse descolamento fosse detectado em alguma região, a recomendação foi



▶ **Figura 11**
Diferentes substratos para ensaio de aderência de argamassa polimérica





▶ **Figura 12**
Vista do exemplo de ensaio de penetração de água sob pressão

remover e aplicar uma nova argamassa de revestimento.

4.2 Determinação de penetração de água sob pressão

A determinação da propriedade é rea-



▶ **Figura 13**
Penetração de água em concreto de referência > 20mm



▶ **Figura 14**
Penetração de água em argamassa polimérica aplicada < 7mm

lizada através do ensaio, de acordo com o procedimento especificado na norma ABNT NBR 10787:2011 – Concreto endurecido – Determinação de penetração de água sob pressão (Figura 12). O ensaio consiste em fixar o corpo de prova entre dois perfis metálicos, mantendo-se a superfície inferior em contato com água sob pressões crescentes e consecutivas, da seguinte forma: a) 48 horas à pressão de $0,1 \pm 0,01$ MPa; b) 24 horas à pressão de $0,3 \pm 0,03$ MPa; c) 24 horas à pressão de $0,7 \pm 0,07$ MPa. Após estes períodos de aplicação de água sob pressão, o corpo de prova é partido ao meio, ortogonalmente à face onde foi exercida a pressão, medindo-se a profundidade máxima de penetração de água, em milímetros, e o perfil de distribuição da água penetrada (Figuras 13 e 14).

No ensaio de permeabilidade por penetração de água sob pressão, os resultados obtidos foram menores que 7 mm (Figura 14), bem abaixo dos 50 mm, que é o limite adotado em diversas normas para definir se um concreto ou argamassa apresenta um alto grau de impermeabilidade (Figuras 13 e 14).

Quanto aos parâmetros ensaiados, nota-se que a argamassa atendeu às condições exigidas nas normas brasileiras e internacionais e da obra: consistência adequada para projeção, elevada aderência e baixa permeabilidade à água.

A argamassa polimérica e o selante foram aplicados no paramento de montante, somente no trecho compreendido desde o nível da fundação até o nível d'água máximo previsto no projeto.

Os materiais empregados no tratamento do paramento de montante foram aprovados e todos os serviços foram acompanhados pelo DNOCS, que confirmou as exigências contidas no Relatório HE-EG-BJUC-RT-

-F-001-Rev 0 “Recomendações técnicas para aplicação do revestimento de argamassa polimérica no barramento de montante de Jucazinho”.

4.3 Estudo de agentes de cura

O estudo teve por objetivo contabilizar a eficácia do agente químico de cura para proteger a argamassa / concreto dos efeitos sazonais do clima, equiparadas às informações das condições verificadas no mesoclima no local da obra. O agente de cura deve ter um desempenho inferior à taxa de evaporação limite de $0,50 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, conforme o ACI 305. A seguir estão descritas as etapas que foram realizadas em laboratório.

▶ Moldagem da argamassa padrão (Figura 15);



▶ **Figura 15**
Vista do corpo de prova padrão e com agentes de cura em teste



▶ **Figura 16**
Vista lateral da face de montante da barragem antes da limpeza



► **Figura 17**
Limpeza da face de concreto com hidrojato



► **Figura 18**
Fissuras da face de montante da barragem

- Moldagem da argamassa com agente de proteção e cura química;
- Controle da água perdida sistematicamente;
- Controle do aspecto e registro de fissuras, redução de volume, etc.

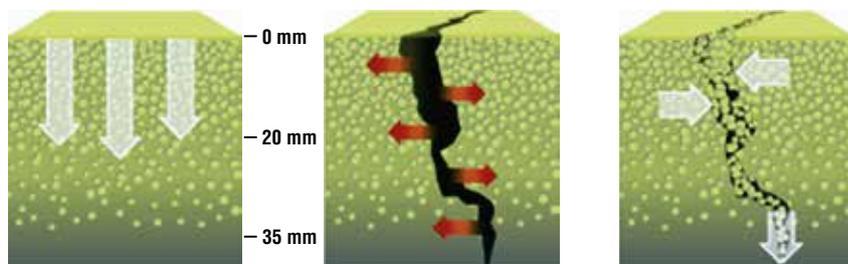
5. SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO DA FACE DE MONTANTE E GALERIA

5.1 Limpeza do substrato com jato de água de alta pressão

Foi realizada limpeza em toda a superfície de concreto da face de montante com jato de água de alta pressão, para remoção de impurezas incrustadas durante anos (Figuras 16 e 17).



► **Figura 19**
Injeção de resina de poliuretano em fissuras da face de montante



► **Figura 20**
Selamento de poros e microfissuras após a reação do silicato modificado com a pasta de cimento

5.2 Tratamento das trincas e fissuras

No paramento de montante, foram observadas diversas fissuras, tendo algumas delas uma abertura bastante significativa (Figura 18).

As fissuras foram tratadas com uma resina de poliuretano flexível, própria para injeção em fissuras com movimentação e com pouco fluxo d'água (Figura 19).

5.3 Selador à base de silicato modificado

O selador à base de silicato mo-

dificado tem a função de reduzir a permeabilidade do substrato de



► **Figura 21**
Pulverização do silicato modificado sobre substrato seco e limpo



concreto em profundidade, formando um gel de C-S-H (silicato de cálcio hidratado) nos poros e microfissuras (Figura 20). Foi aplicado como um primer antes da argamassa polimérica através de pulverizador costal de baixa pressão (Figura 21).



► **Figura 22**
Vista lateral da face de montante com parte do serviço de projeção de argamassa realizado



► **Figura 23**
Controle de temperatura do substrato. Máxima de 30°C

5.4 Revestimento com argamassa polimérica

A metodologia executiva proposta foi aplicada de forma escalonada por panos (Figura 22) alternados de projeção de argamassa polimérica com monitoração contínua (Figura 23), para o controle de retração, cura, aderência e homogeneidade.

A aplicação da argamassa projetada foi por via úmida (Figura 26), processo no qual todos os ingredientes, a água e a argamassa em pó são misturados antes de serem introduzidos no próprio misturador do equipamento de projeção (Figura 24). Antes, o substrato era saturado na condição SSS, ou seja, saturado superfície seca (Figura 25).



► **Figura 25**
Saturação do substrato antes da projeção



► **Figura 24**
Mistura da argamassa



► **Figura 26**
Projeção da argamassa polimérica

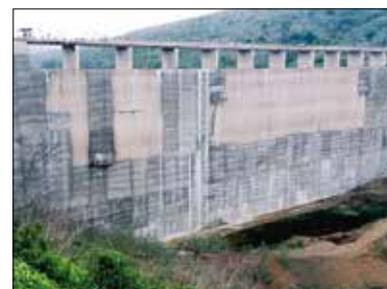
A cura foi aplicada imediatamente depois da aplicação da argamassa, com utilização de um produto químico que forma uma película sobre a superfície curada (Figura 27).

5.5 Selamento das juntas de dilatação

A Barragem possui 13 juntas de dilatação verticais, tipo perfil de PVC (FUNGENBAND). Na inspeção realizada, constatou-se a existência de fissura vertical na superfície do concreto na região das juntas verticais de dilatação, nas extremidades da parede de montante. No relatório de inspeção da Geotechnique são relatados casos graves de potencial rompimento



► **Figura 27**
Aplicação imediata de agente de cura química que atende o ACI 305



► **Figura 28**
Sequência dos serviços de projeção da argamassa polimérica

dessas juntas, com infiltrações graves nas Estacas EST 1 + 0,60m e EST 18 + 13,0 m. Dessa maneira, foram injetadas com resina de poliuretano as áreas fissuradas ativamente e, também, foi introduzida uma nova junta de proteção, externa, tipo PERFIL JEENE JJ2626Ω, executada conforme Figura 30.

A aplicação desse perfil foi após a execução do revestimento de argamassa polimérica com 2cm.

5.6 Injeção de calda de cimento para a cortina

A disposição dos equipamentos de injeção foi tal que a calda de cimento pode circular continuamente pela tubulação, a fim de evitar sua obstrução e, ao mesmo tempo, per-



▶ **Figura 29**
Finalização da projeção da argamassa polimérica



▶ **Figura 30**
Detalhe de instalação de perfil de vedação tipo ômega

mitindo um controle acurado da pressão no furo, por menor que tenha sido o volume da calda absorvida.

O misturador foi equipado com um medidor de água, com leitura em litros e frações, para controle de quantidade de água. Foram tomadas providências que asseguraram que as operações de injeção fossem contínuas. Manômetros na boca do furo indicaram que a pressão nos furos e nas tubulações foram devidamente controladas por registros (Figura 31).

A calda para injeção foi composta basicamente de água e cimento, sendo o uso de adições não requerido nesta etapa de atividades na obra. Nos trabalhos de injeção, foi empregada essencialmente calda de cimento com dosagem água/sólidos expressa em peso de 2:1, 1:1, 0,7:1 e 0,5:1, significando que a quantidade de água para o peso unitário dos sólidos será de 2, 1, 0,7 e 0,5, respectivamente.

Em princípio, todas as perfurações foram executadas sem recuperação de testemunhos, empregando-se perfuratrizes com diâmetro de 2 ½" a 3". Todos os furos foram abertos seguindo as locações e direções indicadas nos projetos da Geotechnique, observando-se a máxima retilinearidade, direção e inclinação. Dessa forma, todos os furos tiveram os seus alinhamentos rigorosamente controlados, desde os seus posicionamentos (Figura 32).

Todos os furos foram locados topograficamente e as cotas de suas bocas niveladas.

A lavagem dos furos foi concluída e antes do início de qualquer injeção, os detritos resultantes das perfurações foram removidos por meio de

lavagem, até que a água retornasse limpa, a critério da Fiscalização.

Os furos de 1ª fase (primários) foram indiscriminadamente injetados sem ensaios de perda d'água. Os furos de 2ª fase (secundários) foram todos ensaiados para perda d'água. Os furos eventuais (2ª, 3ª fases) foram também ensaiados, sendo que todos os furos foram ensaiados com água limpa, sob pressão, até atingir a pressão de injeção prevista no trecho em ensaio. Esses ensaios foram executados em um único estágio de pressão, durante 10 minutos, em trechos ascendentes de 3,0 metros ou conforme as diretrizes da ABGE, e fizeram parte integrante da presente Especificação Técnica.



▶ **Figura 31**
Vista da bomba de injeção no topo da barragem



▶ **Figura 32**
Perfuratriz executando os furos para injeção de calda de cimento

Durante a injeção, as pressões tiveram medições constantes no manômetro instalado na tubulação, à entrada do furo, sendo, em princípio, de 0,25 kg/cm² por metro de profundidade, nos três primeiros metros de profundidade, e de 0,50

kg/cm² por metro de profundidade, para os demais trechos entre a superfície da rocha e a extremidade inferior do trecho a ser injetado. Essas pressões, assim como a pressão no trecho superficial, puderam ser alteradas, a critério da Fiscalização, de acordo com as condições reais da rocha, no decorrer das operações, e em função do comportamento do maciço rochoso.

ção em relação ao peso do cimento (Figuras 33, 34 e 35).

As condições de preparação dos locais, onde foram realizadas a recuperação da galeria de inspeção e drenagem, se apresentaram adequadas quanto à preparação do substrato, limpeza e instalação das barras de ancoragens horizontais e verticais, para fixação da tela de aço do teto da galeria. A prática de projeção também seguiu em conformidade, de acordo com o evidenciado nas visitas técnicas de campo.

Recomendou-se, sempre que oportuno, que fosse intensificado o processo de cura, para evitar surgimento de patologias associadas à deficiência de cura, além de conferir um aumento na qualidade do produto final.

5.7 Galeria

A recuperação da galeria, em atendimento ao projeto da empresa Geotechnique, mapeou e injetou com resina de poliuretano as fissuras principais solicitadas em projeto.

Em relação às recuperações do concreto de revestimento do teto da galeria, foram aplicadas armaduras complementares em aço CA 50, reconstituindo o concreto original com aplicação de concreto projetado aditivado com 1% de aditivo de cristaliza-

4. CONCLUSÃO

O planejamento dos serviços preliminarmente e o estudo de mesoclima foram fundamentais para os ajustes dos materiais na etapa de laboratório e no controle da aplicação em campo nas condições de baixa umidade, alta temperatura ambiente e do substrato, e vento.

Havia uma preocupação quanto ao período de chuvas que pudesse vir. Por esta razão, todo esse planejamento foi necessário para a perfeita execução dos serviços em balancins elétricos numa superfície vertical de 63m e por uma extensão de 442m. Como resultado, os serviços puderam ser executados em 3 meses. 🏗️



▶ **Figura 33**
Instalação de tela no teto



▶ **Figura 34**
Concreto projetado com aditivo de cristalização integral



▶ **Figura 35**
Acabamento final após projeção de concreto na galeria

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Relatório final Barragem do Jucazinho, HE-EG-BJUC-RT-F-004, Holanda Eng (Nov, 2017).
- [2] Relatório de consultoria da JLC Engenharia
- [3] Relatório de ensaio Holanda Engenharia, LT-LC00-058-17-R3 (Mar, 2017)
- [4] Relatório fotográfico da CONCREPOXI Eng.
- [5] Relatório fotográfico da PENETRON BRASIL.

Dosagem, caracterização e autocicatrização de compósitos cimentícios de altíssimo desempenho reforçados com fibras de aço (UHPFRC)

TAMARA NUNES DA C. MOREIRA – ENGENHEIRA CIVIL, MESTRE

SIDICLEI FORMAGINI – PROFESSOR DOUTOR

ROMILDO DIAS TOLEDO FILHO – PROFESSOR DOUTOR

PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL – COPPE - UFRJ

I. INTRODUÇÃO

Os avanços na tecnologia do concreto, especialmente no campo da dosagem científica e das adições químicas e minerais, permitiram o desenvolvimento de concretos com resistência à compressão próximos a 200 MPa [1] [2] [3]. Na dosagem dos concretos dessa classe de resistência normalmente se utiliza agregados de pequena dimensões (tipicamente menores que 1-2mm) e baixos fatores água/cimento (tipicamente inferiores a 0,25), resultando em microconcretos de menor heterogeneidade e sem os efeitos da zona de transição pasta-agregado normalmente observados nos concretos normais. Esses microconcretos apresentam, além de maior resistência, maiores valores de módulo de elasticidade e durabilidade a ataques químicos devido à baixa permeabilidade dos mesmos. Quando fibras de aço são usadas nessas

matrizes de cimento confere-se as mesmas uma maior ductilidade resultando nos materiais compósitos de altíssimo desempenho.

O advento dos compósitos cimentícios de altíssimo desempenho permitiu que projetos arquitetônicos com formas mais arroçadas e esbeltas, onde uma armadura convencional não seria passível de utilização, pudessem ser idealizados. Assim, elementos estruturais combinando inovação, leveza e durabilidade passaram a ser utilizados em obras civis. Recentemente se demonstrou que além das características já mencionadas, os compósitos cimentícios de altíssimo desempenho possibilitam a autocicatrização de fissuras com abertura de 100-200 μm [4].

A autocicatrização, de maneira geral, é um fenômeno antigo, datado desde a existência da vida, ocorrendo em animais, plantas e seres humanos e, recentemente, esse fenômeno

passou a ser estudado em concretos [5]. De acordo com o Comitê Técnico da RILEM, os altos custos com a manutenção das obras civis gerou uma demanda por estruturas com capacidade de autocicatrização, resultando em economia com serviços de manutenção, já que elas apresentariam maior durabilidade. O estudo dos custos de manutenção de pontes nos EUA indicam um gasto anual médio de aproximadamente \$5,2 bilhões. Além disso, existem custos indiretos com engarrafamentos e perdas associadas à produtividade, que podem representar 10 vezes o valor com reparos e manutenção das estruturas [6].

Para que a autocicatrização ocorra, é necessária a presença de agentes autocicatrizantes, sejam eles intrínsecos (ex: fator água/material cimentício, grãos de cimento não hidratados, materiais cimentícios suplementares, agregados porosos

leves) ou não intrínsecos (ex: bactérias, agentes cristalizantes, cápsulas contendo polímero, etc.).

No caso de compósitos cimentícios de altíssimo desempenho, sua baixa relação água/material cimentício, o alto consumo de cimento e a presença de materiais cimentícios suplementares são fundamentais para garantir a cicatrização intrínseca de fissuras, já que grãos anidros de cimento se encontram na estrutura do microconcreto e quando em contato com a água, pode ocorrer a hidratação desses materiais [4]. A autocicatrização, que resultará no selamento das fissuras, impedirá a entrada de agentes agressivos e promoverá a maior durabilidade ao concreto. O fenômeno ocorre pela reação do CO_2 dissociado em água em CO_3^{2-} com o Ca^{2+} proveniente da matriz cimentícia, formando $CaCO_3$. [7]

No presente artigo apresenta-se os princípios da dosagem, produção e as propriedades nos estados fresco e endurecido de compósitos cimentícios de altíssimo desempenho. Além disso, mostra-se que essa família de materiais avançados possui capacidade de autocicatrização.

2. DOSAGEM, MISTURA E PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO DE UHPFRC

2.1 Dosagem

A dosagem dos compósitos cimentícios de altíssimo desempenho estudados foi realizada utilizando-se as premissas do modelo de Empacotamento Compressível de Partículas (MEC) proposto por De Larrard e colaboradores [8]. Fibras de wollastonita

► Tabela 1 – Dosagem do UHPFRC

Materiais	Traço otimizado		Traço utilizado
	Fração volumétrica	Peso (kg/m ³)	Peso (kg/m ³)
Cimento CO III 40	0,3381	1016,6	1011
Sílica ativa	0,0261	58,4	58
Sílica flower 325#	0,0301	80,1	79
Areia 150-300µm	0,0225	60,5	60
Areia 425-600µm	0,3082	827,5	823
Microfibra de wollastonita	0,0263	76,7	76
Fibra de aço	0,0200	158,0	158
Dispersante PA	0,0450	50,0	50
Água	0,1626	162,6	162
Ar aprisionado	0,0368	3,68%	3,75

ta e de aço em frações volumétricas de 2,63% e 2,00%, respectivamente, foram utilizadas como reforço. Cimento Portland CP III 40, sílica ativa, sílica sand com dimensão média de 18 µm e duas classes mono tamanho de areia natural, com dimensão dos grãos entre 150 µm e 300 µm e entre 425 µm e 600 µm, respectivamente, foram utilizados na matriz. O fator água/materiais cimentícios foi de 0,17 e 1,5% (massa de sólidos/massa de materiais cimentícios) de um aditivo químico de terceira geração a base de policarboxilatos. A Tabela 1 apresenta o traço utilizado. Maiores detalhes podem ser obtidos em [9].

2.2 Produção

A produção de concretos do tipo UHPFRC requer o uso de misturadores de alta intensidade de energia e a adequada sequência de adição dos materiais constituintes. No presente estudo, utilizou-se um misturador planetário com controle de consumo de energia do misturador e a sequência de adição dos constituintes foi reali-

zada de acordo com as etapas indicadas na Figura 1.

Foram realizados ensaios para a caracterização do compósito tanto no estado fresco quanto no endurecido. Para tanto, realizou-se na mistura fresca o ensaio da caixa em “L”, onde foi medido o tempo médio de escoamento do compósito e verificado o seu nivelamento no fundo da caixa, e o espalhamento por meio do ensaio do tronco de cone invertido conforme a norma ASTM C1611.

Para avaliação do comportamento mecânico no estado endurecido foram realizados ensaios de flexão em corpos



► Figura 1
Energia dispendida de acordo com a fase da mistura durante a produção do UHPFRC

de prova de 100 x 20 x 400 mm, de tração direta em corpos de prova de 12 x 50 x 200 mm e de compressão em corpos de prova cilíndricos de 50 x 100 mm. Os ensaios mecânicos foram realizados em uma máquina Shimadzu, servo-controlada, com capacidade de carga de 1000 kN. O ensaio de resistência à compressão uniaxial foi executado com controle de deformação axial a uma taxa de 0,005 mm/min. A deformação axial do corpo de prova foi lida a partir da média fornecida por dois transdutores elétricos de deslocamento (LVDT), acoplados por anéis metálicos posicionados na região central do corpo de prova. O ensaio de flexão em quatro pontos foi executado com controle do deslocamento do travessão a uma taxa de 0,1 mm/min. A deflexão no meio do vão foi medida por um LVDT preso a um suporte metálico. O ensaio de tração direta também foi executado com controle de deslocamento do travessão a uma taxa de 0,1 mm/min. O alongamento médio foi medido por dois LVDTs posicionados em lados opostos do corpo de prova.

2.3 Resultados e discussões

2.3.1 PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

O resultado do ensaio utilizan-

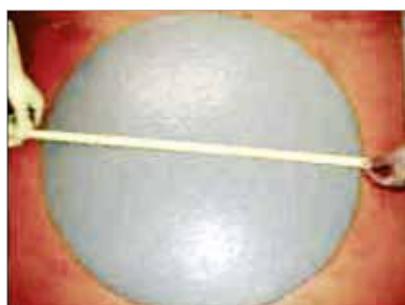
do a caixa em forma de “L” indicou um tempo médio de escoamento do UHPFRC até seu autonivelamento de 30 segundos. O diâmetro médio do espalhamento no ensaio de tronco de cone invertido foi de 73 cm (Figura 2).

2.3.2 PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO

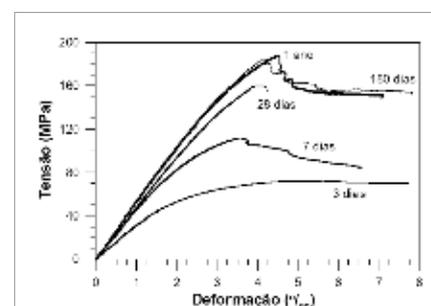
Curvas típicas do comportamento tensão-deformação sob compressão para diferentes idades (3, 7, 28, 180 e 365 dias) em condições de cura úmida são mostradas na Figura 3. Analisando-se as curvas tensão-deformação, observa-se uma maior não linearidade nas primeiras idades (3 e 7 dias), do que nas idades mais avançadas (28 a 365 dias) quando as misturas já apresentam maturidade mais avançada. Observa-se, também, um comportamento dúctil (pós-pico) mostrando a eficiência das fibras no controle do ramo descendente das curvas, permitindo que o carregamento permanecesse elevado mesmo para altos valores de deformação. A resistência média à compressão aos 28 dias foi de 162,1 MPa (com coeficiente de variação, CV, de 1,9 %) e na idade de um ano foi atingida uma resistência a compressão de cerca de 190 MPa (com CV de 1,6%).

Curvas típicas da tensão equivalente elástica de tração na flexão versus deflexão no meio do vão obtida aos 28 dias de idade são mostradas na Figura 4. Observa-se a natureza dúctil do compósito cimentício estudado, sendo obtida uma tensão média de primeira fissura de 17,3 MPa (com CV de 3,3%) a uma deflexão de aproximadamente 0,6 mm, e uma máxima tensão pós-fissuração de 35 MPa (com CV de 9,7%), para uma deflexão de aproximadamente 7,9 mm. Uma múltipla fissuração foi observada em toda as amostras ensaiadas a flexão. Após a carga de pico ser atingida ocorreu a localização e o crescimento de uma fissura principal com a gradual redução da carga com o aumento da deflexão (ver ramo descendente da curva carga-deflexão).

Uma curva típica do comportamento tensão na tração direta versus alongamento é mostrada na Figura 5. Observa-se uma tensão média de primeira fissura, indicada pelo ponto B, de 10,2 MPa (com CV de 15,1%) correspondendo a um alongamento de 0,026 mm enquanto que a máxima tensão pós-fissuração (ponto C da Figura 21), de aproximadamente 11,1 MPa (com CV de 7,3%), ocorreu para

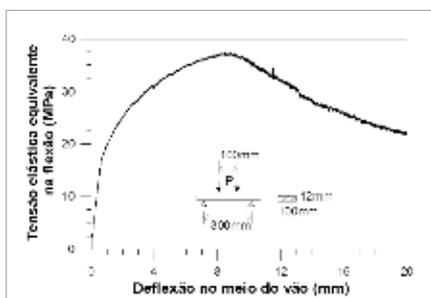


► **Figura 2**
Ensaio de espalhamento de tronco invertido do UHPFRC

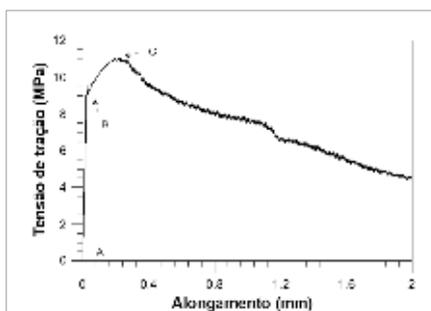


► **Figura 3**
Curvas tensão-deformação sob cargas de compressão uniaxial ao longo do tempo do UHPFRC





► **Figura 4**
Curva tensão equivalente de tração na flexão versus deflexão no meio do vão do UHPFRC



► **Figura 5**
Curva tensão de tração versus deslocamento do UHPFRC

um alongamento de 0,213 mm. Note que o alongamento na máxima tensão é cerca de 8 vezes maior que aquele observado na primeira fissura. A partir do ponto C foi observado o comportamento de amolecimento com a abertura crescente de uma das fissuras observadas no material.

Observa-se, também, que mesmo com um alongamento tão elevado como 0,4 e 0,5 mm (15 a 20 vezes o alongamento de primeira fissura) e que o compósito ainda resiste a esforços equivalentes ao da tensão de primeira fissura.

2.4 Autocicatrização do concreto de altíssimo desempenho reforçado com fibras de aço

Para o estudo da autocicatrização

utilizou-se um compósito cimentício de altíssimo desempenho reforçado apenas com uma fração volumétrica de fibras de aço de 1,28%. A matriz era composta por cimento Portland CP V – ARI e escória de alto forno como materiais cimentícios e areia fina com dimensão máxima de 2 mm. O fator água/materiais cimentícios foi de 0,18 e uma dosagem de 0,9% (sólidos do SP/sólidos de materiais cimentícios) de superplastificante a base de policarboxilato foi utilizada na mistura. O traço utilizado é apresentado na Tabela 2.

Corpos de prova prismáticos de 30 x 60 x 300 mm foram moldados e, após os 28 dias de cura em câmara úmida (95% U.R. e 23°C), induziu-se, nas amostras, fissuras sob cargas de tração direta utilizando-se, para isso, a máquina Shimadzu de 300 kN com o controle da abertura de fissura sendo realizado por dois LVDT's fixados no terço central da amostra. Entalhes de 10 mm de profundidade em cada lado do corpo de prova foram induzidos de modo a concentrar as tensões e obtenção de uma única fissura. Após a indução das fissuras, as amostras foram submetidas a ciclos de molhagem e secagem durante 6 meses para propiciar a autocicatrização da fissura. Ao término dos 6 meses de condicionamento, os corpos de prova foram ensaiados à tração direta até a ruptura para se identificar o efeito da cicatrização no comportamento das amostras. Maiores detalhes do processo de produção das amostras, do condicionamento e dos ensaios estão disponíveis em [4].

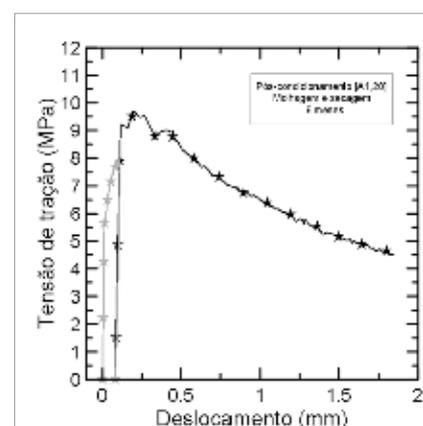
A figura 6 apresenta uma curva tensão-deslocamento em linha cinza que corresponde a indução da fissura após os 28 dias de cura da amos-

tra e o resultado do ensaio de tração após se submeter a amostra a ciclos de molhagem e secagem é também apresentado na mesma figura (ver curva com a linha preta).

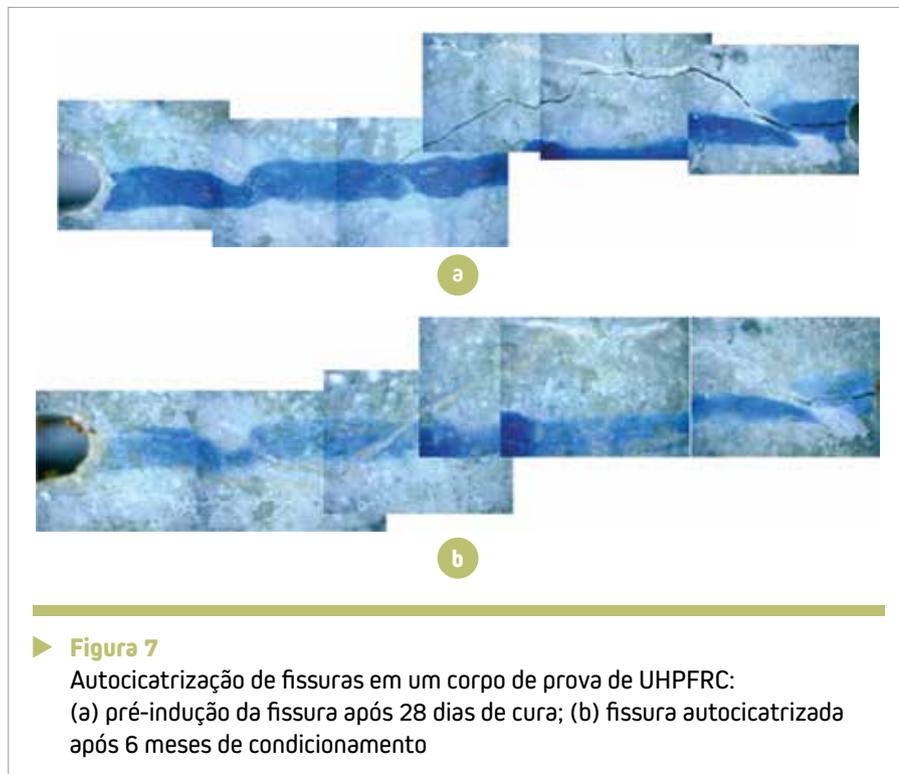
O valor da tensão de primeira fissura foi de 5,60 MPa e a tensão máxima observada no processo de indução da fissura foi de 7,96 MPa (ver curva cinza na Figura 6). O módulo elástico do UHPFRC foi de 45 GPa. Após submeter as amostras a ciclos de molhagem e secagem durante 6 meses, nota-se que a amostra apresentou ganho na tensão máxima obtida quando da

► **Tabela 2 – Dosagem do UHPFRC autocicatrizante**

Materiais	Dosagem (kg/m ³)
Cimento CP V – ARI	600
Escória de alto forno	500
Água	200
Superplastificante	33
Areia (0-2 mm)	983
Fibras de aço	100



► **Figura 6**
Curva tensão de tração x deslocamento durante a indução da fissura após 28 dias de cura (curva cinza) e curva tensão-deslocamento após condicionamento da amostra



► **Figura 7**
Autocicatrização de fissuras em um corpo de prova de UHPFRC:
(a) pré-indução da fissura após 28 dias de cura; (b) fissura autocicatrizada
após 6 meses de condicionamento

indução de fissura, já que tensão máxima observada no ensaio de tração direta após o condicionamento foi de 9,73 MPa. O módulo de elasticidade, no entanto, foi de 37 GPa.

A Figura 7 apresenta a fissura induzida na amostra após a cura (a) e a mesma fissura selada depois de seu condicionamento (b). Observa-se que ocorreu uma autocicatrização pratica-

mente total da fissura de 81 μm aberta na etapa de pré-indução da fissura. O principal material responsável pelo selamento da fissura foi o carbonato de cálcio [4]. Acredita-se que a recuperação mecânica apresentada se deu devido à densificação da interface fibra-matriz pela hidratação tardia de grãos de cimento anidro e pela lenta reação da escória [4].

3. CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados é possível concluir que:

- O método de empacotamento compressível mostrou-se bastante adequado para a dosagem de concretos de altíssima performance e que o uso de misturadores de alta intensidade energética permitem a produção de misturas homogêneas de elevada trabalhabilidade;
- Os resultados mecânicos mostraram a elevada resistência à compressão, flexão e tração direta dos compósitos cimentícios de altíssimo desempenho reforçado com fibras de aço.
- A alta densidade de finas fissuras e a elevada ductilidade das misturas indicam o alto potencial de aplicação desses materiais, principalmente em situações de alta agressividade.
- Os UHPFRC mostraram também uma ótima capacidade de autocicatrização de microfissuras, já que ocorreu o selamento quase que completo de fissuras de até 80 μm após 6 meses de ciclos de molhagem e secagem. ↩

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Orange, G., Dugat, J. and Acker, P., Ductal: New Ultra High Performance Concretes. Damage Resistance and Micromechanical Analysis. Fifth RILEM Symposium on Fiber-Reinforced Concretes (FRC), Lyon, France, September 2000, p. 781-790.
- [2] Mazloom, M., Ramezani-pour, A. A., & Brooks, J. J. (2004). Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete. *Cement and Concrete Composites*, 26(4), 347-357.
- [3] Plank, J., Schroeel, C., Gruber, M., Lesti, M., & Sieber, R. (2009). Effectiveness of polycarboxylate superplasticizers in ultra-high strength concrete: the importance of PCE compatibility with silica fume. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 7(1), 5-12.
- [4] MOREIRA, T. "Investigação do Fenômeno de Auto-Cicatrização de Fissuras em Microconcreto de Alta Performance Reforçado com Fibras de Aço e Sisal". 2017. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2017.
- [5] NEVILLE, A. "Autogenous healing - a concrete miracle?" *Concrete International*, v. 24, n. 11, pp. 76-82, 2002.
- [6] Self-Healing State of Art, 2012. TC 221 RILEM.
- [7] EDVARDSEN, C. "Water permeability and autogenous healing of cracks in concrete", *ACI Materials Journal-American Concrete Institute*, v. 96, n. 4, pp. 448-454, 1999.
- [8] DE LARRARD, F., *Concrete Mixture Proportioning: a Scientific Approach*, Modern Concrete Technology Series, E&FN SPON, London, 1999.
- [9] FORMAGINI, S. "Dosagem Científica e Caracterização Mecânica de Concretos de Altíssimo Desempenho". 2005. 259 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.



Reliability calibration by carbonation exposure class deemed-to-satisfy prescriptions of spanish concretes

CARMEN ANDRADE

NURIA REBOLLEDO

INSTITUTE OF CONSTRUCTION SCIENCES "EDUARDO TORROJA" (CSIC), MADRID, SPAIN

MIGUEL ÁNGEL SANJUÁN

SPANISH INSTITUTE OF CEMENT AND ITS APPLICATIONS (IECA), MADRID, SPAIN

I. INTRODUCTION

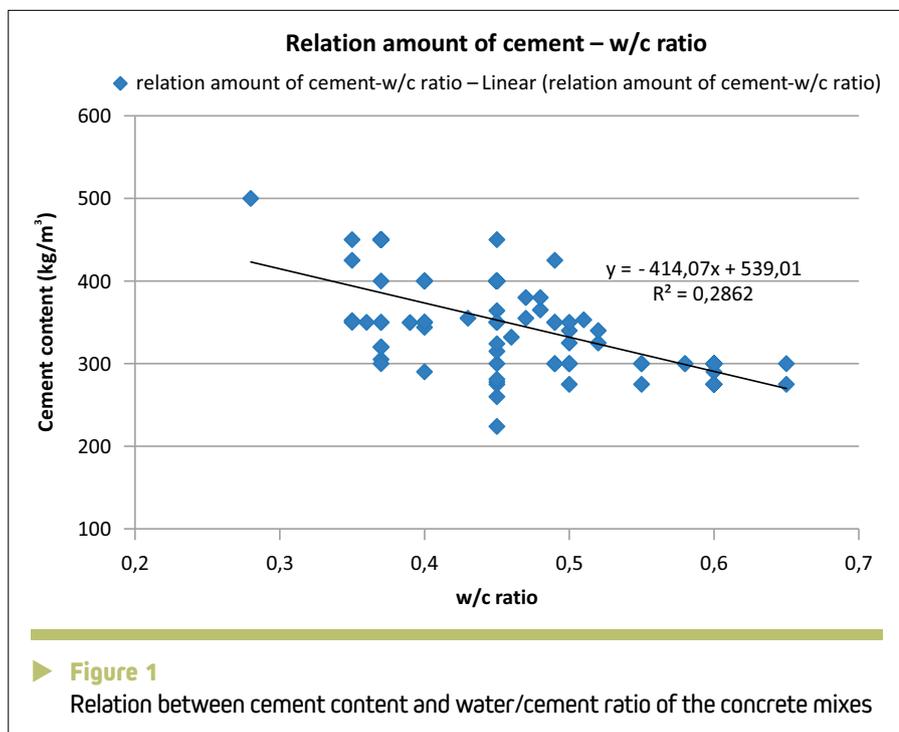
Nowadays, sustainable development is a worldwide challenge in the building field and durability of concrete structures has become one of the most important topics with regard to the economical and social sustainability in particular because it affects directly to the quality of life of the community. Concrete carbonation is becoming one of the major deleterious processes in concrete in industrial areas and big cities. This complicated physicochemical process leads to reinforcing steel corrosion due to pH drop in the pore solution when concrete cover is carbonated [1, 2]. Then, it can be said that carbonation is one of the most important factors that determine the service life of the reinforced concrete structures, then, it should be taken into account in the design of reinforced concrete structures. Carbonation depth has been related to several factors such

as cement content, type of binder, water to cement ratio, type of binder and environmental conditions [3]. Carbon dioxide ingress in concrete is determined by diffusion coefficient so that carbonation performance is mainly dependent on the diffusion coefficient. For reasonable evaluation of natural carbonation process, derivation of carbon dioxide diffusion coefficients or carbonation rates by natural conditions testing is essential.

Carbon dioxide reactivity with concrete constituents, mainly, cement depends essentially upon the type and the content of cement and the hydration degree and, therefore, the water/cement ratio. Also, the carbonation conditions, i.e. relative humidity and carbon dioxide concentration affect intensively in this chemical process. Steel bars are protected from corrosion in reinforced concrete by the highly alkaline environment inside the concrete provided by the

pore solution reaching pH values about 13. When pore solution's pH decreases, the steel protection ceases. Consequently, the steel bar starts to corrode. Given that, the rust formed from the reinforcement usually leads to an extreme pressure on the cover which induces a reduction of the durability of the structure.

Reinforced concrete structures have undergone deterioration phenomena due to natural carbonation exposure conditions and some calculation models have failed with regard to the expected service life prediction. Therefore, the interest in the use of predictive durability models has been promoted recently [4]. This trend has been considered in the Model Code [5] by incorporating some durability models and their reliability analysis application. The use of durability models in Spain began when they were incorporated to the Spanish



Structural Concrete Code [6] in 2008. However, the weak point of these models is the lack of calibration beyond 30 years ago, when the service life models begun to be proposed. Therefore, the precision of their predictions sometimes is not good enough. Eurocode 2 on concrete Structures [7] is being revised by the European technical committee on standardization CEN/TC 250. This revision has promoted the assessment of the most common durability models. Also, the fib Commission 8 on Durability is undertaking some calibration exercises within this context.

In addition to the probability of failure, another commonly used probabilistic parameter of safety is the reliability index. Then, mentioned assessment could be performed by calculating the reliability index with regard to the cover depth defined in each exposure class through the use of carbonation models [8]. Thus, from the deemed-

to-satisfy-rules prescribed in EN 206 [9] carbonation rates were ascribed and the reliability index with respect to the reinforcement cover is calculated. However, this calculation lacks of proper testing of the concretes because the rate-determining input parameters of the carbonation models were not tested, but estimated. Given that, a single value of carbonation rate is assumed for each prescription of water/cement ratio and cement content. Therefore, this theoretical approach could be conservative but far from the actual performance [10]. As result, carbonation rate results

can be obtained in concretes with the same water/cement ratio and cement content.

In present paper the calibration of deemed-to-satisfy-rules is made with a really tested set of more than 60 types of concrete mixes made in some locations all around of Spain following the European standards. From the carbonation results, a mathematical analysis was performed taking into account the prescribed minimum concrete cover in order to calculate the reliability index and then, the safety level offered by the current prescriptive rules given by the European standard EN 206 “concrete” [9].

2. EXPERIMENTAL

2.1 Concrete design

Some concrete mixes were made in different ready-mix concrete plant and research laboratories located in several places all around Spain. The cement content for the concrete mixes (Fig. 1) was ranged between 275 kg and 500 kg, whereas the water/cement ratio from 0.37 to 0.65. These two parameters covered all the concrete design mixes employed in the country. All the concretes were cured during 28 days in standardized conditions (wet curing). Then, they

► **Table 1 – Exposure classes of EN 206 for carbonation**

Parameter	Exposure class: carbonation			
	XC1	XC2	XC3	XC4
Maximum w/c ratio	0.65	0.60	0.55	0.50
Minimum cement content	260	280	280	300
Cover depth (for S4)	15	25	25	30
Compressive strength	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37



2.3 Concrete resistivity

Resistivity measurements were performed following the Spanish standards UNE 83988-1:2008 [13] and UNE 83988-2:2014 [14].

2.4 Reliability calculations

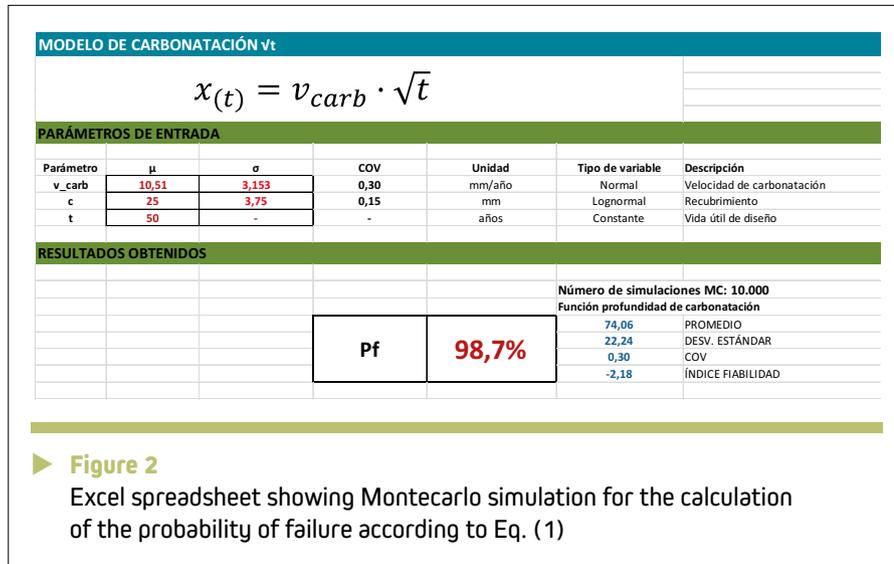
Equation (1) is considered as the assumed limit state function for carbonation, where c is the cover depth (mm), v_{carb} is the carbonation rate (mm/year^{0.5}) and t is the time (years).

$$c - v_{carb} \cdot t \geq 0 \quad 1$$

Calculations were developed on a excel spreadsheet by using the well-known Montecarlo simulation as shown in Fig. 2. This procedure enables the calculation of the probability of failure, with regard to the steel depassivation, and the reliability index “ β ”.

3. RESULTS

Compressive strength at 28 days, carbonation rate and resistivity were determined for all the concrete mixes. Then, they were ranked considering the exposure classes presented in Table 1 in order to get a clear classification of concretes fulfilling the deemed-to-satisfy rules prescribed by the European standard EN 206 for carbonation. The three properties showed the same trend. Given that, the values increased from a minimum to a maximum. Compressive strength at 28 days (Fig. 3) is presented with their statistical significance with a probability equal or higher of 95%. Therefore, this requirement means that some concrete mixes



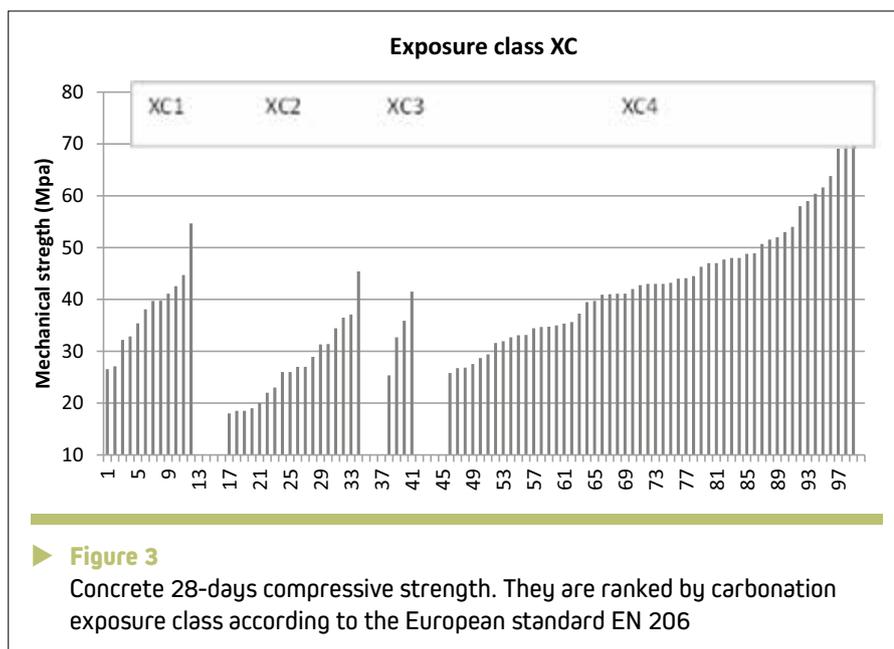
were submitted to natural carbonation according to the test method explained below and the 28 days compressive strength was determined according to the EN 12390:2009: Testing hardened concrete. Part 3: Compressive strength of test specimens [11].

2.2 Natural carbonation testing

Natural carbonation testing was performed following the procedure

described in the European Technical Specification CEN/TS 12390-10: Testing hardened concrete – Part 10: Determination of the relative carbonation resistance of the concrete [12].

The carbonation exposure classes (XC) considered in the present paper are the ones described in the European concrete standard EN 206 [9] and given in Table 1. This table shows the deemed-to-satisfy rules of EN 206 for carbonation.

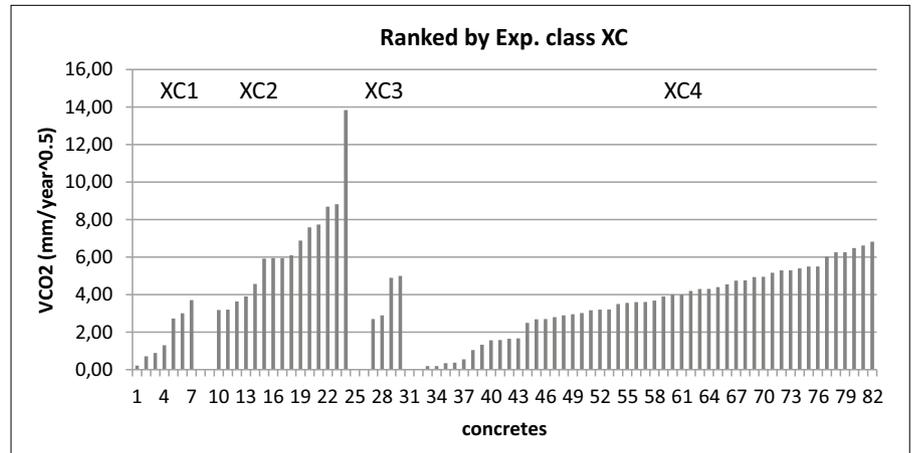


(less than 5%) could present a lower mechanical strength. On the other hand, 95% must present a compressive strength at 28 days above the lower limit. Then, this compressive strength lower limit is given by the concrete class given in Table 1.

As expected, carbonation rate and resistivity results also showed a wide range of values (Figs. 4 and 5). The main difference between these two parameters and the 28-days compressive strength is that for these two parameters there are not defined yet specified values with statistical significance. Consequently, a new approach for these two properties is proposed in a similar way to that followed for the compressive strength. Therefore, threshold values should be defined in order to be able to assess the compliance of the service life defined in the design step, which is related to the concrete cover depth prescribed for each exposure class.

4. DISCUSSION

In order to analyze more in detail the possibility to establish a limiting value for the carbonation rate, the probabilities of failure and corresponding reliability index are calculated from the minimum and maximum values of the carbonation rates. The results for 50 and 100 years of nominal service life are given in Fig. 6. Therefore, it can be deduced that the minimum values of carbonation rate give excessive safe structures (very positive β values) and the maximum values however, very unsafe (very negative) ones. Logically, changing the cover depth will change dramatically the level of



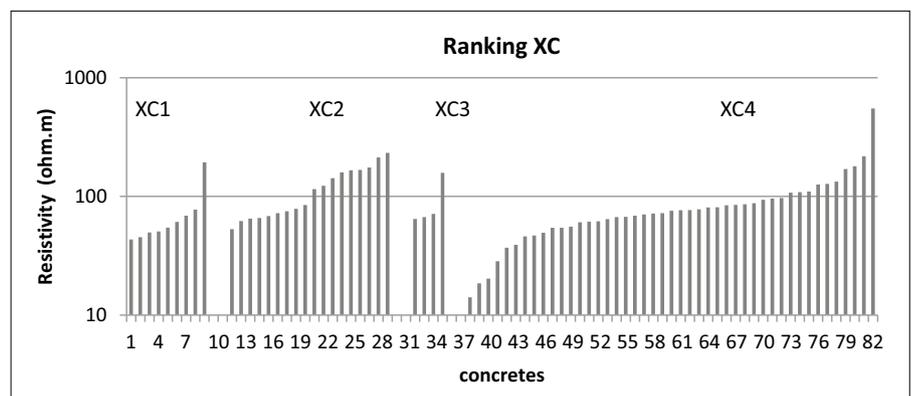
► **Figure 4**

Concrete carbonation. They are ranked by carbonation exposure class according to the European standard EN 206

safety because it has to be taken into account that the exercise is made with a fixed value of the cover depth (Table 1). For example, in the case of XC4 exposure class, the maximum value of the carbonation rate measured is 6 mm/year^{0.5}, which will have a $\beta = 0$ if a cover depth of around 42 mm is used instead of 30 mm as made in the exercise of Fig. 6. Another example is that a $\beta = 1.12$ (12% of depassivation probability) can be obtained with a cover depth of 60 mm. Then, the level of safety of the concrete mixes by each exposure

class can be fixed with flexibility by the cover depth, after knowing their carbonation rates.

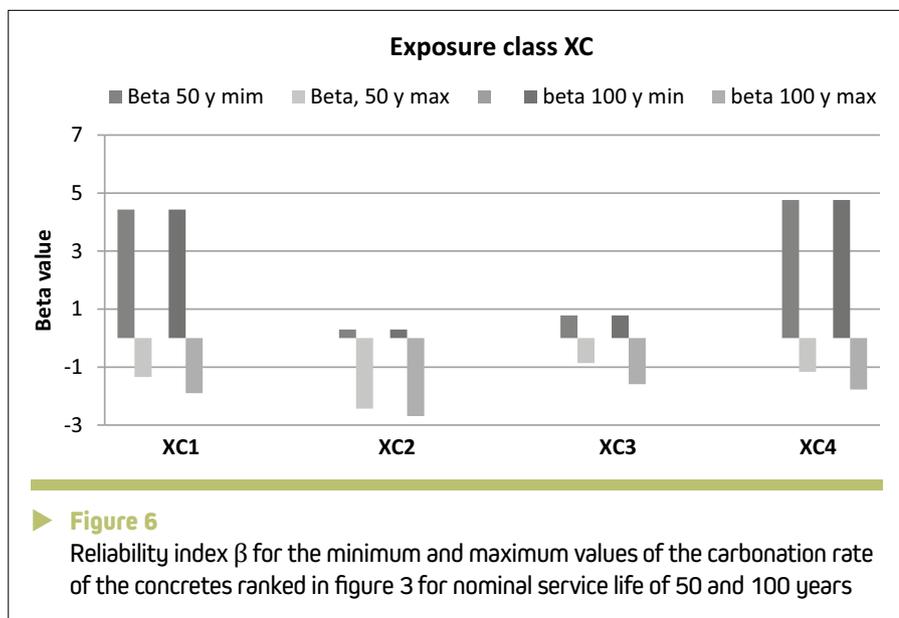
Another aspect to question is that in fib MC 2010 assimilates steel depassivation to a serviceability limit state indicating a β value of 1.3, equivalent to 10% failure probability, which on the light of present results may be too conservative. That is, the probability of depassivation should not be a general value but a value which could take into account the importance of the structure and the consequences of failure. In the



► **Figure 5**

Concrete resistivity. They are ranked by carbonation exposure class according to the European standard EN 206





meantime that this limiting value is rationally selected, it can be taken as an reference the deterministic value (the mean one), which corresponds to a failure probability of 50% ($\beta=0$).

5. CONCLUSIONS

The main conclusions drawn up from present paper are:

- The failure (steel depassivation)

probability of standard concretes may vary with respect to carbonation within those fulfilling the prescriptive rules of the mix proportioning for each exposure class. This also happens with the mechanical strength.

- In the case of the strength a limiting value for exposure class is established which is not still agreed with statistical significance

for the carbonation rates or other concrete properties.

- In the case of the carbonation rate, the failure probability depends on the cover depth as indicated in the limit state function (Eq. 1).
- Providing that this limiting value of the carbonation rate should take into account the importance of the structure and the consequences of failure, a fixed value seems not logical. In the meantime a more statistically based value is decided for standards, the deterministic, mean value ($\beta=0$) can be a starting point.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to CALIDUR project for providing the experimental data, in particular to Renata D'Andrea. They are also grateful the funding from the Technical Building Code of Spain. Finally, they also thank to the members of the fib Commission 8 TG8.3 for the fruitful discussions. ☞

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Papadakis, V.G., Vayenas, C.G., Fardis, M.N., Fundamental modeling and experimental investigation of concrete carbonation, *ACI Mater J* 88 (1991), 363–373
- [2] Parrott, L.J., Study of carbonation-induced corrosion. *Mag Concr Res*, 46(166) (1994), 23-28
- [3] Parrott, L.J., Damage caused by carbonation of reinforced concrete. *Mater Struct*, 23(3) (1990), 230-234
- [4] Sanjuán, M.A., Andrade, C., Cheyrezy, M., Concrete carbonation tests in natural and accelerated conditions, *Adv Cem Res* 15(4) (2003), 171-180
- [5] CEB-FIP, The fib Model Code for Concrete Structures 2010, Ernst and Sohn, Germany (2012)
- [6] EHE-08, Spanish Code for calculation of Structural concrete, Royal Decree 1247/2008, Ministerio de Fomento, Spain (2008)
- [7] EN 1992-1-1, Eurocode 2; Design of concrete structures Part 1-1: General rules and rules for buildings, European Committee for Standardization, CEN, Belgium (2010)
- [8] The fib (International Federation for Structural Concrete), TG 5.6, Model Code for Service Life Design, bulletin 34, Lausanne, Switzerland (2006)
- [9] EN 206-1+A1, Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity, European Committee for Standardization, CEN, Belgium (2016)
- [10] Gonzalez, J.A., Algaba, S., Andrade, C., Corrosion of reinforcing bars in carbonated concrete, *Brit Corr J*, 15(3) (1980) 135-139
- [11] EN 12390-3, Testing hardened concrete. Part 3: Compressive strength of test specimens, European Committee for Standardization, CEN, Belgium (2009)
- [12] CEN/TS 123903-10, Testing hardened concrete – Part 10: Determination of the relative carbonation resistance of the concrete, European Committee for Standardization, CEN, Belgium (2010)
- [13] UNE 83988-1, Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la resistividad eléctrica. Parte 1: Método directo (método de referencia), Asociación Española de Normalización, UNE, Spain (2008)
- [14] UNE 83988-2, Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la resistividad eléctrica. Parte 2: Método de las cuatro puntas o de Wenner, Asociación Española de Normalización, UNE, Spain (2014)

Concreto com fibras de aço e polipropileno submetido à compressão axial: um estudo em corpos de prova e pilares curtos

ANA ELISABETE P. G. A. JACINTHO

NÁDIA C. S. FORTI

LIA L. PIMENTEL

JOÃO VICTOR R. MARTINS

PUC-CAMPINAS

I. INTRODUÇÃO

No Canadá, na década de 90, houve uma investigação profunda sobre a eficiência das fibras em elementos comprimidos, como os pilares ((Cusson & Paultre (1994), Lima (1997), Collins, Mitchell & MacGregor (1993) e outros)). Seguindo esta ideologia, este trabalho reúne informações de duas pesquisas experimentais realizadas na Escola de Engenharia de São Carlos e na Escola Politécnica de São Paulo, onde foi feita uma vasta pesquisa sobre concreto de alta resistência com adição de fibras de aço e de polipropileno, submetido a tensões de compressão. Neste artigo se faz um paralelo de alguns destes resultados com a ABNT NBR 6118:2014.

Primeiramente foram realizados ensaios para obtenção das resistências mecânicas destes concretos. Depois ainda foram moldados pilares curtos, que foram submetidos à ensaios de compressão uniaxial para investigação da capacidade resistente do núcleo, variando-se o espaçamento entre os

estribos. Na primeira etapa da pesquisa o cobrimento de armadura foi o usual, com 1,75cm de espessura. Na segunda etapa, a seção transversal dos pilares foi a mesma, entretanto aumentou-se o cobrimento de armadura para 4,75cm.

2. METODOLOGIA E DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS

Foram confeccionadas séries de pilares e corpos de prova cilíndricos (10cm x 20cm) diferenciados pelo tipo de fibra adicionada, pela quantidade e pelo espaçamento entre estribos nos pilares para serem ensaiados à compressão axial.

Na tabela 1 descrevem-se as séries da primeira etapa da pesquisa com pilares e suas diferenciações, onde V_f é a taxa volumétrica de adição de fibras, dada em porcentagem e ρ_w é a taxa de armadura de estribos segundo a equação 1.

$$\rho_w = \frac{A_{sw} f_c}{b_w s f_y} \quad 1$$

Onde:

A_{sw} = área de aço com estribo de dois ramos;

b_w = menor dimensão do pilar;

s = espaçamento entre estribos;

f_c = resistência à compressão axial do concreto;

f_y = resistência ao escoamento do aço.

Para cada série foram moldados 13 corpos de prova cilíndricos para os ensaios de resistência à compressão axial (3 CPs aos 7 dias e 3 CPs aos 15 dias), resistência à tração na compressão diametral (3 CPs aos 15 dias) e ensaios de tenacidade à compressão (4 CPs aos 15 dias).

Foram moldadas e ensaiadas 13 séries de pilares, com dois modelos por série. Entretanto, uma delas foi refeita totalizando, portanto, 28 modelos. As séries são classificadas pela taxa de fibras adicionadas, representada pelo primeiro número que aparece na denominação dos modelos, onde 1 significa adição de 0,25% de fibras, 2 representa 0,50%, 3 equivale a 1,00% e 4 corresponde a 0,75%. Além disso, a identificação das séries inclui o tipo de fibra, aço ou polipropileno, representado pela letra a ou p,

respectivamente, e a taxa de armadura transversal, onde o espaçamento entre estribos, em centímetros, é representado pelos dois últimos números da denominação dos pilares, visto que estes eram os 3 parâmetros variáveis nos ensaios.

A taxa geométrica de armadura longitudinal (CA 50), com a seção transversal total, foi constante e igual a 2,41%, e a área do núcleo, devido ao fato dos estribos (CA 60) terem sido dobrados em gabarito, foi a mesma para todos os modelos, igual a 251,86cm².

Na figura 1, pode ser visto o arranjo de armadura utilizado nas extremidades dos pilares, como armadura de fretagem, para impedir que a ruptura dos modelos acontecesse nas regiões de aplicação de força.

O cobrimento de armadura usado foi de 1,75cm na primeira etapa de ensaio de pilares e na segunda etapa o cobrimento foi de 4,75cm (os valores não são inteiros por causa do posicionamento da armadura de fretagem), e o posicionamento da armadura dentro das fôrmas era conseguido com o uso

de espaçadores de argamassa, conforme mostra a figura 2.

Foram usadas fibras de aço com seção transversal circular de 0,85cm de diâmetro por 6cm de comprimento. A fibra de polipropileno usada foi a fibrilada com 6cm de comprimento.

Segundo Cusson & Paultre (1994), esta configuração não é efetiva no confinamento, nem no incremento de ductilidade dos elementos de concreto de alta resistência, e justamente por isso foi escolhida essa configuração, para que fosse analisado o efeito das fibras no aumento de ductilidade dos pilares.

► Tabela 1 – Descrição das séries de pilares e corpos de prova da 1ª etapa da pesquisa

Pilar	Fibras	V _f (%)	Estribos	ρ _w (%)
P1a15-1	Aço	0,25	6,3c/15	0,55
P1a15-2	Aço	0,25	6,3c/15	0,55
P1a10-1	Aço	0,25	6,3c/10	0,82
P1a10-2	Aço	0,25	6,3c/10	0,82
P1a05-1	Aço	0,25	6,3c/05	1,63
P1a05-2	Aço	0,25	6,3c/05	1,63
P2a15-1	Aço	0,50	6,3c/15	0,55
P2a15-2	Aço	0,50	6,3c/15	0,55
P2a15-1r	Aço	0,50	6,3c/15	0,55
P2a15-2r	Aço	0,50	6,3c/15	0,55
P2a10-1	Aço	0,50	6,3c/10	0,82
P2a10-2	Aço	0,50	6,3c/10	0,82
P2a05-1	Aço	0,50	6,3c/05	1,63
P2a05-2	Aço	0,50	6,3c/05	1,63
P3a15-1	Aço	1,00	6,3c/15	0,55
P3a15-2	Aço	1,00	6,3c/15	0,55
P3a10-1	Aço	1,00	6,3c/10	0,82
P3a10-2	Aço	1,00	6,3c/10	0,82
P3a05-1	Aço	1,00	6,3c/05	1,63
P3a05-2	Aço	1,00	6,3c/05	1,63
P4a15-1	Aço	0,75	6,3c/15	0,55
P4a15-2	Aço	0,75	6,3c/15	0,55
P4a10-1	Aço	0,75	6,3c/10	0,82
P4a10-2	Aço	0,75	6,3c/10	0,82
P4a05-1	Aço	0,75	6,3c/05	1,63
P4a05-2	Aço	0,75	6,3c/05	1,63
P3p10-2	Polip	0,50	6,3c/10	0,82

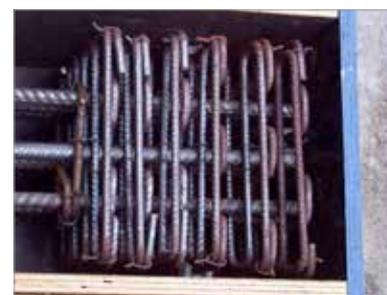
3. DOSAGEM E PROCEDIMENTO DE MISTURA E MOLDAGEM

A quantidade de material usada para a confecção das séries para ensaios é descrita na tabela 2.

4. RESULTADOS DOS ENSAIOS

As características mecânicas avaliadas nos concretos foram a resistência à compressão axial, a resistência à tração por compressão diametral, o módulo de elasticidade, o coeficiente de Poisson e o índice de tenacidade sob tensão de compressão.

Na tabela 3 pode ser visto um resumo dos resultados de resistência à compressão e de resistência à tração por compressão diametral. Esses



► Figura 1
Armadura de fretagem

testes foram feitos em máquina eletrônica, com controle de força.

São mostradas nesta tabela as re-

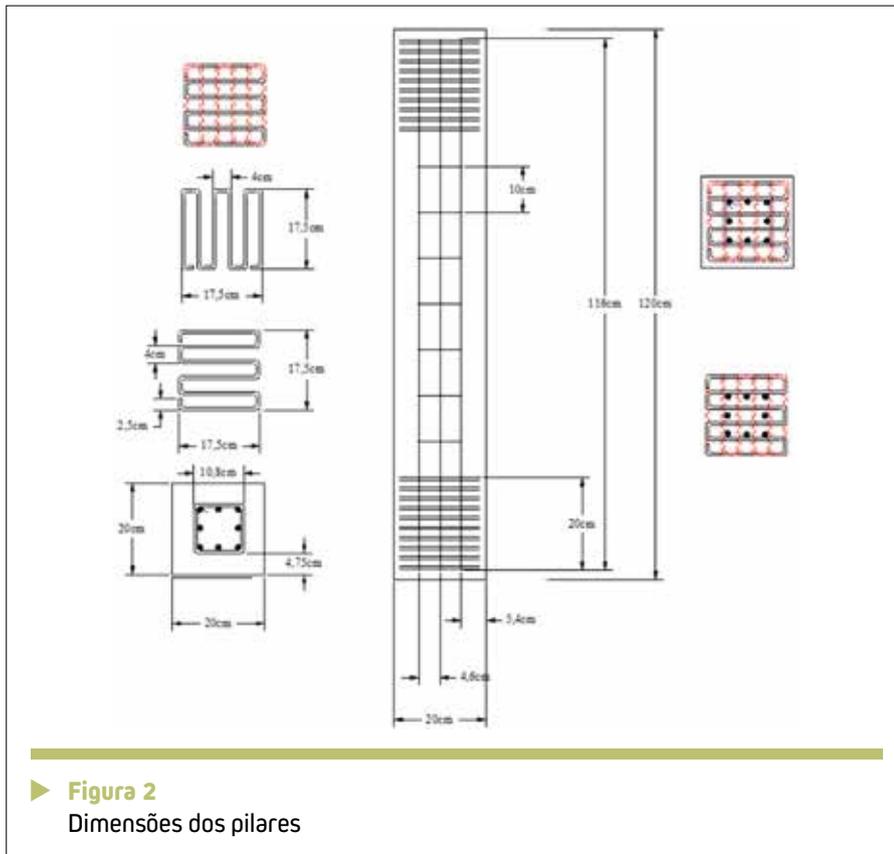
sistências médias à compressão dos corpos de prova com 7 dias de idade e com 15 dias, data em que eram feitos

os ensaios dos pilares. As resistências à tração foram obtidas em ensaios de 15 dias. Também é apresentada a relação entre a resistência à tração e a resistência à compressão obtidas aos 15 dias de idade.

Com os resultados mostrados na tabela 3, pode-se observar que a relação entre a resistência média à tração e a resistência média à compressão aumenta com o aumento da quantidade de fibras no concreto.

Os resultados mostrados na tabela 4, para o concreto de cada série de pilares, mostram as resistências médias à compressão, o módulo de elasticidade médio, o coeficiente de Poisson médio e o índice de tenacidade médio, onde este último seguiu a JSCE-SF5(1984).

Os resultados indicam um aumento do índice de tenacidade com o aumento da quantidade de fibras adicionadas ao concreto, mesmo nos ensaios à compressão dos corpos de prova.



► **Figura 2**
Dimensões dos pilares

► **Tabela 2 – Quantidade de material usado nas séries de ensaios por metro cúbico de concreto**

Material	Consumo (kg/m³)
Cimento	492,50
Sílica ativa (10%)	49,25
Areia	715,00
Pedra britada	1.025,00
Superplastificante (3%)	17,14
Água (a/c = 0,37)	170,23
Fibra de aço (1,00%)	78,50
Fibra de aço (0,50%)	39,25
Fibra de aço (0,25%)	19,63
Fibra de polipropileno (0,50%)	4,50

► **Tabela 3 – Resistências médias à compressão e à tração na compressão diametral**

Série	V_f (%)	f_{cm} (7 dias) (MPa)	f_{cm} (15 dias) (MPa)	f_{ctm} (15 dias) (MPa)	f_{ctm} / f_{cm} (%)
P1a15	0,25	–	87,81	–	–
P1a10	0,25	69,82	85,47	5,35	6,26
P1a05	0,25	68,51	80,68	5,20	6,45
P2a15	0,50	61,16	71,85	5,87	8,17
P2a15-r	0,50	54,75	66,46	4,68	7,00
P2a10	0,50	61,87	79,98	6,27	7,84
P2a05	0,50	63,58	77,63	5,94	7,70
P3a15	1,00	58,91	77,08	8,58	11,13
P3a10	1,00	48,87	65,02	8,40	12,91
P3a05	1,00	66,55	69,04	7,90	11,45
P4a15	0,75	66,47	79,87	6,55	8,19
P4a10	0,75	72,49	86,45	7,98	9,25
P4a05	0,75	63,74	75,54	6,63	8,77
P3p10	0,50	57,36	57,06	4,89	8,56



► Tabela 4 – Ensaios com deformação controlada

Corpo de prova	Taxa de fibras (%)	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Coefficiente de Poisson	Índice de tenacidade (MPa)
P1a15	0,25	–	–	–	–
P1a10	0,25	77,40	29,91	0,19	42,10
P1a05	0,25	76,24	28,81	0,11	43,21
P2a15	0,50	64,96	27,41	0,16	43,30
P2a15-r	0,50	–	–	–	–
P2a10	0,50	69,90	29,64	0,17	46,60
P2a05	0,50	86,97	29,18	0,12	52,86
P3a15	1,00	74,78	31,01	0,12	51,80
P3a10	1,00	69,18	28,17	0,16	55,60
P3a05	1,00	76,17	28,73	0,15	53,32
P4a15	0,75	85,57	30,10	–	57,23
P4a10	0,75	92,30	29,41	0,21	60,25
P4a05	0,75	81,77	28,71	0,15	53,22
P3p10	0,50	63,69	23,86	0,17	35,56
Média	–	76,58	28,75	0,16	49,59

Observando a tabela 4, não foi possível identificar que a variação nos valores do Coeficiente de Poisson se deve à quantidade e ao tipo de fibra adicionada no concreto. A média do coeficiente ficou 20% abaixo do recomendado pela ABNT NBR 6118:2014, que, para o concreto, de modo geral, é de 0,20.

O módulo de elasticidade médio obtido nos ensaios foi de 28,8GPa para um concreto com resistência à compressão axial média de 76,58MPa. Segundo a equação 2, para o cálculo do módulo de elasticidade, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, para a resistência média de 76,58MPa, obteve-se o valor do módulo de 53,48GPa.

$$E_{ci} = 21,5 \times 10^3 \times \alpha_E \times \left(\frac{f_{ck}}{10} + 1,25 \right)^{1/3} \quad 2$$

Sendo $\alpha_E = 1,2$ para basalto, que foi o agregado graúdo utilizado. O resultado experimental teve o valor médio aproximadamente igual a 50% do valor estimado usando as indicações

da ABNT NBR 6118:2014. Segundo Jo et al.(2001), o aumento da adição de fibras no concreto influencia o módulo de elasticidade, em uma relação não-linear onde há um aumento do módulo com o aumento da taxa de adição de fibras e, a partir de uma determinada

taxa, os valores do módulo diminuem.

A fórmula 3, indicada pela JSCE – SF5(1984), foi usada para calcular a tensão de pico do corpo de prova.

$$\sigma_c = \frac{4p}{\pi d^2} \quad 3$$

Onde:

c = resistência à compressão (kgf/cm²) (N/mm²);

p = máxima carga obtida (kgf) (N);

d = diâmetro do corpo de prova (cm) (mm).

A fórmula 4, de JSCE – SF5(1984), foi usada para cálculo do índice de tenacidade à compressão, onde os corpos de prova tinham as dimensões de 10cm x 20cm.

$$\bar{\sigma}_c = \frac{4T_c}{\pi d^2 \delta_{tc}} \quad 4$$

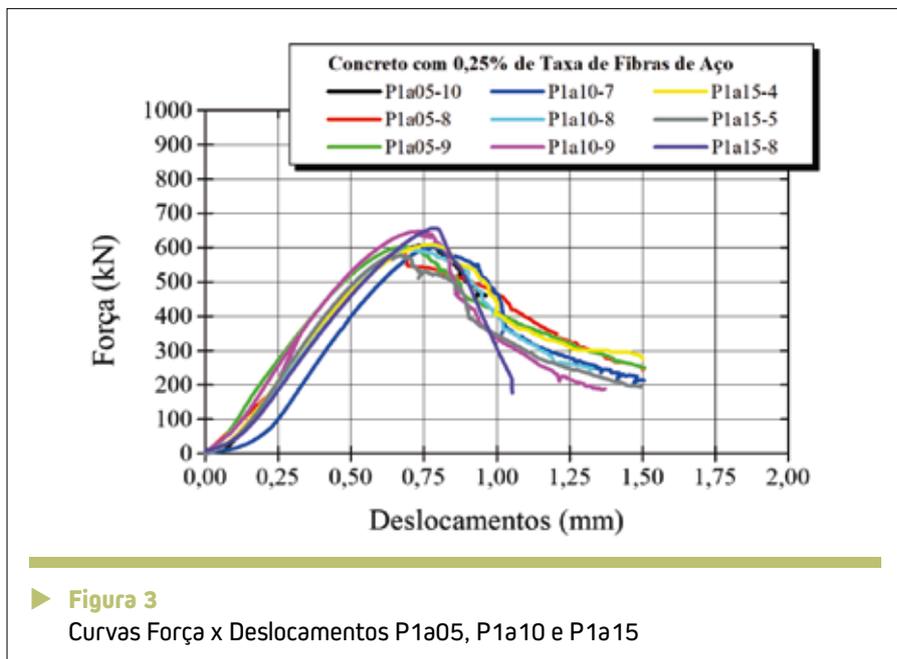
Onde:

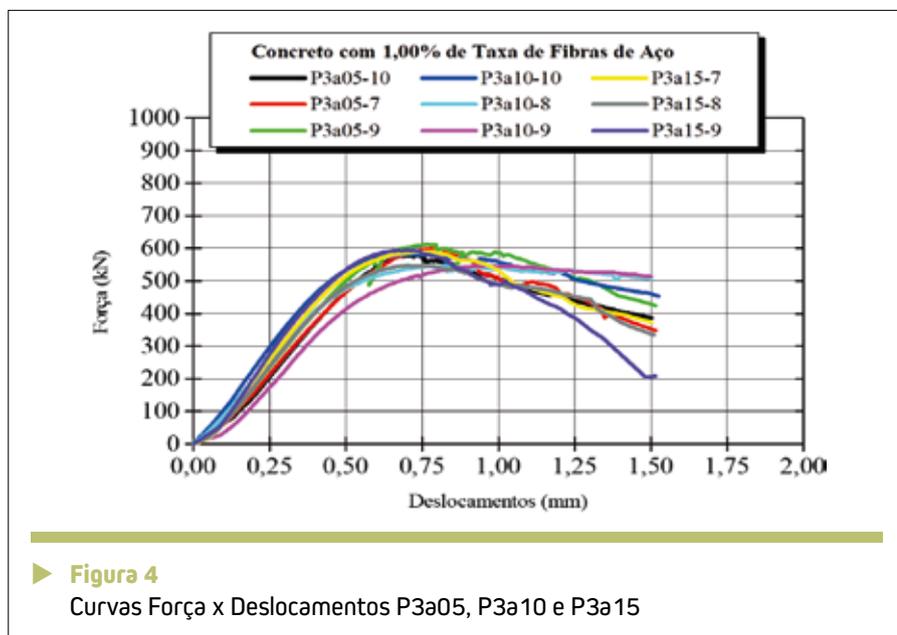
$\bar{\sigma}_c$ = índice de tenacidade à compressão (kgf/cm²) (N/mm²);

T_c = tenacidade à compressão (kgf.cm) (J);

δ_{tc} = deformação correspondente a 0,75% convertido para deformação (cm) (mm):

0,75mm quando as dimensões do corpo de prova forem de 10cm x 20cm;





► **Figura 4**
Curvas Força x Deslocamentos P3a05, P3a10 e P3a15

1,125mm quando as dimensões do corpo de prova forem de 15cm x 30cm.

As curvas força x deslocamento escolhidas para o cálculo dos índices de tenacidade das séries, cujo concreto tinha 0,25% de taxa volumétrica de fibras de aço, são mostradas nas figuras 3 e 4, como exemplo.

Foi possível perceber que, com o aumento da adição de fibras, a parte descendente da curva tensão-deformação vai se aproximando do comportamento elastoplástico perfeito, conforme figura 4, mudando a característica do concreto de alta resistência de um material frágil para um material dúctil. Mais resultados podem ser vistos em Guimarães (1999).

Pode-se perceber, com os resultados da tabela 4, ao comparar os índices de tenacidade do concreto com fibras metálicas com o concreto com fibras de polipropileno contendo a mesma taxa volumétrica de 0,50%, que o concreto contendo fibras metálicas, possuindo um valor maior do índice e apresentado curvas com a parte descendente menos inclinada, é capaz de absorver mais energia na etapa pós-pico, devido a maior rigidez da fibra.

5. ENSAIOS DOS MODELOS DE PILARES - 1ª ETAPA

Para se calcularem as forças últimas teóricas, utilizou-se a fórmula 5.

$$F_{u,teo} = (A_{cn} - A_s)f_c + A_s f_y \quad 5$$

Onde:

A_{cn} = área da seção transversal do núcleo do pilar;

A_s = área de armadura longitudinal;

f_c = resistência média do concreto avaliada no dia do ensaio do modelo, multiplicado por um coeficiente, adotado igual a 0,9, para se levar em conta as relações entre as resistências obtidas nos corpos de prova e a real que atua no concreto da estrutura;

f_y = resistência média de escoamento do aço.

Na tabela 5 constam os resultados dos ensaios de pilares de todas as séries, que foram ensaiados com 15 dias de idade.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A tabela 6 mostra os resultados obtidos experimentalmente, os resultados obtidos através de uma análise teórica, e a relação existente entre eles, onde $F_{u,exp}$ é a força última experimental,

$F_{u,teo}$ é a força calculada considerando a seção transversal do núcleo e $F_{u,teo}$ é a força calculada considerando a seção transversal total dos pilares.

O fato da relação $F_{u,exp}/F_{u,teo}$ ser bem mais próxima de 1,00 do que a relação $F_{u,exp}/F_{u,teo}$, indica que a seção resistente do pilar é formada pelo núcleo da seção transversal, nesta pesquisa.

Para o cálculo da força resistente foi usada a equação 4, considerando apenas a seção transversal do núcleo dos pilares. Para o cálculo da força resistente considerando a seção transversal total, usou-se a expressão 6.

$$F_{u,teo} = (A_c - A_s)f_c + A_s f_y \quad 6$$

Onde:

A_c = área da seção transversal total do pilar.

Collins, Mitchell & MacGregor (1993) propõe um coeficiente K_3 , multiplicando a parcela resistente do concreto, para se levar em conta a seção transversal total do pilar, sendo a fórmula descrita da seguinte maneira:

$$F_{u,teo} = K_3(A_c - A_s)f_c + A_s f_y \quad 7$$

onde:

$$K_3 = 0,6 + \frac{10}{f_c} \quad 8$$

para f_c' em MPa.

Na tabela 7 apresenta-se a análise entre os valores obtidos para a força resistente teórica, utilizando o coeficiente K_3 proposto por Collins, Mitchell & MacGregor(1993), com os resultados experimentais.

A formulação indicada por Collins, Mitchell & MacGregor(1993) é baseada na determinação da resistência à compressão do concreto através de ensaios de corpos de prova cilíndricos de 15cm x 30cm. Como nos ensaios realizados para determinação da resistência média à compressão f_{cm} usaram-se corpos de prova de 10cm x 20cm, faz-se um ajuste em f_{cm} multiplicando-o



► Tabela 5 – Resumo dos ensaios dos pilares – 1ª etapa

Pilar	Fibras	V_f (%)	Estribos	ρ_w (%)	$0,8 F_{u,exp}$ (kN)	$0,8 \varepsilon_{u,exp}$ ‰	$F_{u,exp}$ (kN)	$\varepsilon_{u,exp}$ ‰
P1a15-1	Aço	0,25	6,3c/15	0,55	1.958	1,62	2.453	2,07
P1a15-2	Aço	0,25	6,3c/15	0,55	2.173	1,50	2.714	2,02
P1a10-1	Aço	0,25	6,3c/10	0,82	2.056	1,62	2.581	2,26
P1a10-2	Aço	0,25	6,3c/10	0,82	1.864	1,45	2.304	2,06
P1a05-1	Aço	0,25	6,3c/05	1,63	1.864	1,53	2.291	2,42
P1a05-2	Aço	0,25	6,3c/05	1,63	1.965	1,52	2.449	2,62
P2a15-1	Aço	0,50	6,3c/15	0,55	1.763	1,46	2.208	2,09
P2a15-2	Aço	0,50	6,3c/15	0,55	1.445	1,23	1.827	1,83
P2a15-1r	Aço	0,50	6,3c/15	0,55	1.454	1,55	1.840	3,38
P2a15-2r	Aço	0,50	6,3c/15	0,55	1.457	1,33	1.841	2,31
P2a10-1	Aço	0,50	6,3c/10	0,82	2.328	1,47	2.911	2,09
P2a10-2	Aço	0,50	6,3c/10	0,82	2.419	1,48	3.028	1,89
P2a05-1	Aço	0,50	6,3c/05	1,63	1.987	1,66	2.491	2,48
P2a05-2	Aço	0,50	6,3c/05	1,63	2.042	1,74	2.554	2,36
P3a15-1	Aço	1,00	6,3c/15	0,55	2.005	1,38	2.509	1,87
P3a15-2	Aço	1,00	6,3c/15	0,55	1.870	1,21	2.360	2,03
P3a10-1	Aço	1,00	6,3c/10	0,82	1.923	1,47	2.373	2,28
P3a10-2	Aço	1,00	6,3c/10	0,82	1.757	1,33	2.164	2,11
P3a05-1	Aço	1,00	6,3c/05	1,63	1.856	1,77	2.333	2,91
P3a05-2	Aço	1,00	6,3c/05	1,63	1.984	1,55	2.454	2,74
P4a15-1	Aço	0,75	6,3c/15	0,55	2.067	1,43	2.584	2,09
P4a15-2	Aço	0,75	6,3c/15	0,55	2.091	1,62	2.609	2,30
P4a10-1	Aço	0,75	6,3c/10	0,82	2.104	1,38	2.603	1,80
P4a10-2	Aço	0,75	6,3c/10	0,82	2.098	1,74	2.598	2,91
P4a05-1	Aço	0,75	6,3c/05	1,63	1.754	1,80	2.222	4,97
P4a05-2	Aço	0,75	6,3c/05	1,63	1.761	1,69	2.199	2,47
P3p10-2	Polip	0,50	6,3c/10	0,82	1.900	3,08	2.391	4,33

com o coeficiente 0,95, que é para se levar em consideração a diferença das dimensões dos corpos de prova.

Pode-se perceber pelos resultados que a indicação de Collins, Mitchell & MacGregor (1993) levou a valores contra a segurança, quando comparado com os resultados experimentais obtidos nesta pesquisa.

A adição de fibras ao concreto diminui sua resistência à compressão, devido incorporação de ar, mas como as taxas de fibras usadas para execução do concreto dos pilares ficaram nos li-

mites inferiores indicadas pela literatura técnica, não houve diferenciação de uma resistência ou outra, em função da adição de fibras, sendo necessário um número maior de ensaios para a indicação de outro coeficiente no lugar de K_3 para o cálculo da força resistente, considerando a seção transversal total e para que fosse levada em conta a adição de fibras ao concreto.

7. ENSAIOS DOS MODELOS DE PILARES – 2ª ETAPA

Até as seções transversais distan-

tes 18,5cm das extremidades, posicionava-se armadura de fretagem, assim como nos ensaios da primeira etapa, e nas seções contadas entre estas, posicionavam os estribos, cujo espaçamento foi variado com 5cm, 10cm e 15cm e a configuração escolhida sendo a mais simples e usualmente empregada na construção civil.

Na figura 5 podem ser observadas as armaduras posicionadas dentro das fôrmas e a instrumentação feita nas barras longitudinais e nos estribos, onde foram usados strain gages, que eram

ligados ao sistema de aquisição de dados, para leitura das deformações que ocorriam nas armaduras e também na face de concreto dos pilares. Em cada fôrma foram posicionadas as armaduras com espaçamento entre os estribos de 5cm, 10cm e 15cm. As barras longitudinais foram mantidas inalteradas de pilar para pilar.

O concreto foi dosado dentro de um caminhão betoneira, da empresa EN-GEMIX e inicialmente para uma porcentagem de adição de fibras de 40kg/m³. Foi retirada uma quantidade conhecida de concreto do caminhão e colocado em uma caçamba. Foi adicionado mais uma quantidade de fibras no concreto que restou dentro do caminhão de tal maneira que este tivesse 60kg/m³ de fibras. Mais uma vez foi retirado uma parte do concreto e colocado em outra caçamba, igual a primeira mencionada, e ao restante do concreto no caminhão foi adicionado mais fibra de modo que o material tivesse 80kg/m³.

Na tabela 8, são mostrados os resultados dos ensaios de pilares de todas as séries que foram ensaiadas, bem como a análise teórica. As barras longitudinais tinham 12,5mm de diâmetro e as barras transversais tinham 6,3mm, com 10,8cm de comprimento do ramo, sendo a tensão de escoamento do aço com bitola de 12,5mm igual a 560,06MPa.

Na tabela 9 pode ser vista uma análise entre os valores obtidos para a força última teórica, utilizando o coeficiente K_3 proposto por Collins, Mitchell & MacGregor (1993), com os resultados experimentais.

Como é possível perceber pela tabela 9, a proposta de Collins, Mitchell & MacGregor(1993) não fica a favor da segurança quando aplicado nos pilares de concreto com fibras metálicas,



► **Figura 5**
Strain Gages colados nas barras longitudinais e estribo

► **Tabela 6 – Análise teórica dos resultados dos ensaios – 1ª etapa**

Pilar	V_f (%)	ρ_w (%)	$0,9 f_{cm}$ (MPa)	$F_{u,exp}$ (kN)	$F_{u,teo}$ (kN)	$\frac{F_{u,exp}}{F_{u,teo}}$	$F_{un,teo}$ (kN)	$\frac{F_{u,exp}}{F_{un,teo}}$
P1a15-1	0,25	0,55	72,93	2.453	3.383	0,73	2.303	1,07
P1a15-2	0,25	0,55	79,03	2.714	3.621	0,75	2.451	1,11
P1a10-1	0,25	0,82	76,92	2.581	3.539	0,73	2.400	1,08
P1a10-2	0,25	0,82	76,92	2.304	3.539	0,65	2.400	0,96
P1a05-1	0,25	1,63	72,61	2.291	3.371	0,68	2.295	1,00
P1a05-2	0,25	1,63	72,61	2.449	3.371	0,73	2.295	1,07
P2a15-1	0,50	0,55	64,67	2.208	3.061	0,72	2.103	1,05
P2a15-2	0,50	0,55	64,67	1.827	3.061	0,60	2.103	0,87
P2a15-1r	0,50	0,55	59,82	1.840	2.871	0,64	1.985	0,93
P2a15-2r	0,50	0,55	59,82	1.841	2.871	0,64	1.985	0,93
P2a10-1	0,50	0,82	71,98	2.911	3.346	0,87	2.280	1,28
P2a10-2	0,50	0,82	71,98	3.028	3.346	0,91	2.280	1,33
P2a05-1	0,50	1,63	69,87	2.491	3.264	0,76	2.229	1,12
P2a05-2	0,50	1,63	69,87	2.554	3.264	0,78	2.229	1,15
P3a15-1	1,00	0,55	69,37	2.509	3.244	0,77	2.217	1,13
P3a15-2	1,00	0,55	69,37	2.360	3.244	0,73	2.217	1,06
P3a10-1	1,00	0,82	58,52	2.373	2.821	0,84	1.954	1,21
P3a10-2	1,00	0,82	58,52	2.164	2.821	0,77	1.954	1,11
P3a05-1	1,00	1,63	62,14	2.333	2.962	0,79	2.041	1,14
P3a05-2	1,00	1,63	62,14	2.454	2.962	0,83	2.041	1,20
P4a15-1	0,75	0,55	71,88	2.584	3.342	0,77	2.277	1,14
P4a15-2	0,75	0,55	71,88	2.609	3.342	0,78	2.277	1,15
P4a10-1	0,75	0,82	77,72	2.603	3.573	0,73	2.421	1,08
P4a10-2	0,75	0,82	77,72	2.598	3.573	0,73	2.421	1,07
P4a05-1	0,75	1,63	67,69	2.222	3.190	0,70	2.183	1,02
P4a05-2	0,75	1,63	67,69	2.199	3.190	0,69	2.183	1,01
P3p10-2	0,50	0,82	51,35	2.391	2.541	0,94	1.780	1,34
Média	–	–	–	–	–	–	–	1,09



► Tabela 7 – Análise teórica segundo Collins, Mitchell & MacGregor (1993)

Pilar	V_f (%)	$0,95 f_{cm}$ (MPa)	K_3	$F_{u,exp}$ (kN)	$F_{u,teo}$ (kN)	$F_{u,exp} / F_{u,teo}$
P1a15-1	0,25	76,98	0,730	2.453	2.730	0,90
P1a15-2	0,25	83,42	0,720	2.714	2.881	0,94
P1a10-1	0,25	81,20	0,723	2.581	2.828	0,91
P1a10-2	0,25	81,20	0,723	2.304	2.828	0,82
P1a05-1	0,25	76,65	0,730	2.291	2.720	0,84
P1a05-2	0,25	76,65	0,730	2.449	2.720	0,90
P2a15-1	0,50	68,26	0,747	2.208	2.527	0,87
P2a15-2	0,50	68,26	0,747	1.827	2.527	0,72
P2a15-1r	0,50	63,14	0,758	1.840	2.405	0,77
P2a15-2r	0,50	63,14	0,758	1.841	2.405	0,77
P2a10-1	0,50	75,98	0,732	2.911	2.707	1,08
P2a10-2	0,50	75,98	0,732	3.028	2.707	1,12
P2a05-1	0,50	73,75	0,736	2.491	2.655	0,94
P2a05-2	0,50	73,75	0,736	2.554	2.655	0,96
P3a15-1	1,00	73,23	0,737	2.509	2.643	0,95
P3a15-2	1,00	73,23	0,737	2.360	2.643	0,89
P3a10-1	1,00	61,77	0,762	2.373	2.374	1,00
P3a10-2	1,00	61,77	0,762	2.164	2.374	0,91
P3a05-1	1,00	65,59	0,753	2.333	2.464	0,95
P3a05-2	1,00	65,59	0,753	2.454	2.464	1,00
P4a15-1	0,75	75,88	0,732	2.584	2.704	0,96
P4a15-2	0,75	75,88	0,732	2.609	2.704	0,97
P4a10-1	0,75	82,13	0,722	2.603	2.851	0,91
P4a10-2	0,75	82,13	0,722	2.598	2.851	0,91
P4a05-1	0,75	71,76	0,739	2.222	2.606	0,85
P4a05-2	0,75	71,76	0,739	2.199	2.606	0,84
P3p10-2	0,50	54,21	0,785	2.391	2.197	1,09

mesmo com o aumento da espessura do cobrimento.

8. CONCLUSÃO

Nos ensaios com deformação controlada dos corpos de prova pôde ser observado que, quanto maior a adição de fibras no concreto, maior o índice de tenacidade.

O Módulo de Elasticidade médio obtido nos ensaios teve um valor próximo à metade daquele estimado usando a fórmula da NBR 6118:2014, para um concreto de 76MPa de resistência à compressão. Na análise dos valores individuais obtidos em ensaios, os valores do Módulo de Elasticidade ficaram sempre bem abaixo daqueles obtidos usando a indicação da NBR 6118:2014. Saliencia-se que o concreto desta pesquisa continha fibras de aço e em uma das séries foi usado fibras de polipropileno. Mostrou-se indícios de que a estimativa do Módulo de Elasticidade feita NBR 6118:2014 não é indicada para concretos com fibras. Porém mais pesquisas são necessárias para confirmar estes indícios.

Em relação ao estudo dos pilares, assim como foi verificado por outros

► Tabela 8 – Análise teórica dos ensaios dos pilares – 2ª etapa

Pilar	Taxa de fibras	$0,9 f_{cm}$ (MPa)	Estribos	A_{cn} (cm ²)	$F_{u,exp}$ (kN)	$F_{u,teo}$ (kN)	$F_{u,exp} / F_{u,teo}$
P40a05	0,50%	59,31	6,3c/05	103,45	2.384	1.114	2,14
P40a10	0,50%	59,31	6,3c/10	103,45	2.022	1.114	1,82
P40a15	0,50%	59,31	6,3c/15	103,45	2.244	1.114	2,01
P60a05	0,75%	63,57	6,3c/05	103,45	2.429	1.154	2,11
P60a10	0,75%	63,57	6,3c/10	103,45	2.121	1.154	1,84
P60a15	0,75%	63,57	6,3c/15	103,45	2.007	1.154	1,74
P80a05	1,00%	68,32	6,3c/05	103,45	1.830	1.199	1,53
P80a10	1,00%	68,32	6,3c/10	103,45	2.184	1.199	1,82
P80a15	1,00%	68,32	6,3c/15	103,45	1.973	1.199	1,65

► Tabela 9 – Análise proposta por Collins, Mitchell & MacGregor (1993) – 2ª etapa

Pilar	Taxa de fibras	f_{cm} (MPa)	$0,95 f_{cm}$ (MPa)	Estribos	A_{cn} (cm ²)	$F_{u,exp}$ (kN)	$F_{u,teo}$ (kN)	$F_{u,exp} / F_{u,teo}$
P40a05	0,51%	65,90	62,61	6,3c/05	400	2.384	2.395	1,00
P40a10	0,51%	65,90	62,61	6,3c/10	400	2.022	2.395	0,85
P40a15	0,51%	65,90	62,61	6,3c/15	400	2.244	2.395	0,94
P60a05	0,76%	70,63	67,10	6,3c/05	400	2.429	2.500	0,97
P60a10	0,76%	70,63	67,10	6,3c/10	400	2.121	2.500	0,85
P60a15	0,76%	70,63	67,10	6,3c/15	400	2.007	2.500	0,81
P80a05	1,02%	75,91	72,11	6,3c/05	400	1.830	2.617	0,70
P80a10	1,02%	75,91	72,11	6,3c/10	400	2.184	2.617	0,84
P80a15	1,02%	75,91	72,11	6,3c/15	400	1.973	2.617	0,76

pesquisadores (Collins, Mitchell & MacGregor (1993), Paultre et al. (1996) e Lima (1997)), apenas o núcleo dos pilares, delimitado pelos estribos, formou a seção resistente aos esforços normais de compressão. Nos pilares feitos com concreto de alta resistência com fibras metálicas a conclusão não foi diferente, ou seja, apenas o núcleo da seção transversal contribuiu para absorver a força atuante.

Dos resultados obtidos nos ensaios dos pilares da segunda etapa, pôde-se concluir que o aumento do

cobrimento das armaduras nos pilares faz com que a seção resistente não fique limitada apenas ao núcleo delimitado pelos estribos, como foi observado nos resultados da primeira etapa desta pesquisa, Cusson & Paultre (1994) e Langlois (1996). Houve uma contribuição significativa do cobrimento na resistência do pilar à carga última.

Portanto, indica-se o uso de cobrimentos de armadura mais espessos na construção de pilares de concreto de alta resistência.

Diante dos resultados da pesquisa realizada em duas etapas, indica-se o uso de no máximo $h/2$ (onde h é a menor dimensão da seção transversal do pilar) para o espaçamento entre estribos, onde h é a altura da seção transversal do pilar, visto que para os pilares com espaçamento entre estribos a cada 15cm (indicado pela ABNT NBR6118:2014) houve ductilidade na ruptura apenas para a taxa de fibras de 1%, assim mesmo com a flambagem da armadura longitudinal. 

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro.2014.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8522 – Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro. 2008.
- [3] COLLINS, M.P.; MITCHELL, D.; MacGREGOR, J.G.(1993). Structural design considerations for high-strength concrete. Concrete International, v.15, n.1, p.27-34.
- [4] CUSSON, D.; PAULTRE, P.(1994). High-strength concrete columns confined by rectangular ties. Journal of Structural Engineering, ASCE, v.120 n.3, p.783-804, Mar.
- [5] JO, Byung-Wan; SHON, Young-Hyun; KIM, Young-Jin. The evaluation of elastic modulus for steel fiber reinforced concrete. Russian Journal of Nondestructive Testing, Vol. 37, No. 2, 2001, pp. 152—161.
- [6] LANGLOIS, Y.; PAULTRE, P.(1996). Rôle de l'enrobage de béton et effet des fibres métalliques sur le comportement des poteaux en BHP. Sherbrooke, Canadá, Université de Sherbrooke. (Rapport de recherche, SMS-96/02).
- [7] LEVESQUE, Y.(1998). Étude de la ductilité des poteaux en béton armé a haute performance
- [8] LIMA, F.B.(1997). Pilares de concreto de alto desempenho: fundamentos e experimentação. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- [9] PAULTRE, P. et al.(1996). Structural performance of some special concretes. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON THE UTILIZATION OF HIGH STRENGTH/ HIGH PERFORMANCE CONCRETE, 4., Paris, France, 29-31 May. Proceedings. v.3. p.787-796.
- [10] THE JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. JSCE-SF5 Method of tests for compressive strength and compressive toughness of steel fiber reinforced concrete n.3 part III-2 Method of Tests for Steel Fiber Reinforced Concrete. June, 1984.



Congresso Brasileiro do Concreto estimula aprendizado sobre material construtivo mais consumido no mundo

O Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON promove, de 18 a 21 de setembro, em Foz do Iguaçu (PR), o 60º Congresso Brasileiro do Concreto, maior e mais importante evento técnico-científico sobre a tecnologia do concreto e seus sistemas



construtivos. Atualmente, o concreto é o material construtivo mais utilizado pelo homem, sendo responsável pela maior parte das edificações e infraestruturas das cidades no mundo.

O objetivo do evento é divulgar as pesquisas científicas e tecnológicas sobre o concreto que vêm sendo realizadas nas universidades, institutos e empresas.

Foram aprovados pela Comissão Científica do Congresso, formada por 208 profissionais, 999 artigos técnico-científicos recebidos de pesquisadores do Brasil e do exterior. Desse montante, cerca de 900 artigos foram inscritos para concorrer à premiação “O artigo do ano”, que escolherá o melhor artigo apresentado no evento. Materiais e suas propriedades foi o tema com maior número de artigos (422), seguido pelos temas “Análise estrutural” (238) e “Sustentabilidade (120). Serão abordados ainda os temas: gestão e normalização (21), projeto de estruturas (69), métodos construtivos (29), materiais e produtos específicos (62), sistemas construtivos específicos (18) e ensaios não destrutivos (30).

Conferências de pesquisadores do exterior vão abrilhantar o evento: o professor da Universidade de Leeds (Inglaterra), lan-

Richardson, vai tratar do efeito da adição de materiais cimentícios suplementares no cimento endurecido; o pesquisador do Centro de Pesquisas e Estudos Avançados do Instituto Politécnico Nacional (México), Pedro Castro, vai apresentar a história e as tendências atuais na interpretação de perfis de cloreto no concreto; por fim, o professor da Universidade Nacional do México, Roberto Stark, reconhecido projetista estrutural de edifícios altos, vai expor o concreto como o material do futuro. Integram ainda a programação cursos de qualificação profissional e os seguintes eventos paralelos: Seminário sobre Segurança de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio, Seminário dos Laboratórios na Garantia da Qualidade do Concreto e da Construção, Tema Controverso “Concreto em Central Doadora x Concreto em Central Misturadora”, Seminário sobre Novas Tecnologias, Seminário sobre Boas Práticas na Construção e Conferência Internacional sobre Barragens.

A Conferência Internacional sobre Barragens (*Dam World*) reunirá pesquisadores e profissionais de mais de 80 países para apresentar e discutir temas como o monitoramento e instrumentação de bar-

ragens, barragens de concreto e de alvenaria, análise e projeto de barragens, avaliação da segurança de barragens, modelagem de barragens, estabilidade, avaliação de risco, pequenas barragens, concreto compactado com rolo, sistemas de gerenciamento de

barragens, operação e manutenção de barragens, entre outros, num total de 152 artigos técnico-científicos. Além disso, a Conferência terá também conferências plenárias com palestrantes renomados do Brasil e de Portugal, cursos de curta duração, *workshop* e mesa-redonda, e visitas técnicas a usinas hidrelétricas.

O 60º CBC contará com a participação expressiva de estudantes de engenharia civil, arquitetura e tecnologia, como autores de artigos técnico-científicos em sessões plenárias e pôsteres, ou como competidores nos concursos técnicos do Aparato de Proteção ao Ovo (APO), Concrebol, Concreto Colorido de Alta Resistência (Cocar), Ousadia e Concreto: Quem sabe faz ao vivo.

O 60º Congresso Brasileiro do Concreto é voltado aos profissionais em geral do setor construtivo, tecnólogos de concreto, projetistas de estruturas, professores e estudantes, profissionais técnicos de construtoras, empresas de energia, fabricantes de equipamentos e materiais para construção, laboratórios de controle tecnológico, órgãos governamentais e associações técnicas.

Até o momento estão inscritos mais de 1000 participantes.

Regional de Goiás realiza concurso técnico para estudantes

A Universidade de Rio Verde realizou, sob a coordenação de seu diretor regional, Prof. Tiago Campos Neto, seu primeiro concurso técnico inspirado no concurso Aparato de Proteção ao Ovo, do IBRACON.

O Concurso Pórtico desafiou os alunos a projetar e executar um pórtico de concreto reforçado com fibras capaz de resistir à carga pontual contínua em prensa hidráulica. Cada pórtico teve verificadas suas dimensões e massas, cujos limites estipulados pelo regulamento do concurso deveriam ser obedecidos para não acarretar descontos na pontuação final de cada equipe.

A equipe vencedora foi a do pórtico que resistiu uma carga máxima de 276,16Kgf. “Foi impressionante poder vivenciar o es-

forço que cada equipe dispendeu para poder atingir a maior capacidade de carga e poder presenciar a expectativa de cada competidor no momento de realização dos ensaios e da apresentação dos resultados”, comenta o Prof. Tiago.

A Universidade de Rio Verde está apoiando a vinda de seus estudantes para o 60º Congresso Brasileiro do Concreto, de 17 a 21 de setembro, em Foz do Iguaçu. A comissão de alunos já conta com 30 alunos e quatro docentes, entre os quais os alunos que venceram o Concurso Pórtico.



“Nosso objetivo com o Concurso Pórtico e com a excursão para o 60º Congresso Brasileiro do Concreto é incentivar os estudantes a participarem de eventos técnico-científicos sobre o concreto e, quem sabe, a virem a participar dos concursos técnicos do IBRACON”, finaliza Tiago.

Diretores do IBRACON participam das edições do EREEC

Em sua segunda edição no sul do país (EREEC Sul) e em sua quinta edição, no norte do país (EREEC Norte/Nordeste), o Encontro Regional de Estudantes de Engenharia Civil, se propõe a conscientizar os estudantes sobre o papel importante do engenheiro civil na construção de um país mais ético e empreendedor. O evento é realizado pela Federação Nacional de



Estudantes de Engenharia Civil (FENEC). Nos dias 15 a 17 de agosto foi realizado, em Teresina, no Piauí, o EREEC

Norte/Nordeste. A palestra magna no evento ficou a cargo do presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, que abordou a inspeção de pontes e viadutos. Já, nos dias 6 a 8 de setembro, em Florianópolis, Santa Catarina, foi realizado o EREEC Sul, com palestras do diretor regional do IBRACON, Prof. Joécio Stocco, e do professor da Universidade Federal de Santa Catarina, Prof. Luiz Prudêncio.

Congresso no Recôncavo Baiano

A Regional IBRACON na Bahia participará do II Congresso de Concreto do Recôncavo (CONCREREC), de 22 a 26 de outubro, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). O objetivo do evento é promover a divulga-

ção de pesquisas e inovações sobre o concreto e a interação de profissionais, pesquisadores e estudantes.

O diretor regional, Prof. Francisco Gabriel Santos Silva, da Universidade Federal da Bahia (UFBA), será um dos

palestrantes no evento, que contará ainda com minicursos, que serão realizados no Laboratório de Materiais de Construção da UFRB, numa iniciativa para valorizar a interação entre a teoria e a prática.



IBRACON na Estrada Gaúcha

A Regional do IBRACON no Rio Grande do Sul está realizando uma série de seminários de atualização tecnológica em várias cidades do estado. Seu objetivo é discutir o conhecimento sobre a tecnologia do concreto e seus sistemas construtivos, e divulgar o IBRACON nas cidades de realização. Em 19 de julho, foi realizado o terceiro seminário, em Porto Alegre, na Unisinos, com participação de 100 estudantes e

profissionais. Os palestrantes foram o presidente do IBRACON, Eng. Julio Tmerman (Inspeção em pontes de concreto armado), o Eng. Fábio Viecili (Inspeção em pisos industriais de concreto) e o Prof. Kirke Moreira (Ensaio não destrutivos tradicionais e avançados). Já, no dia 16 de agosto, além de Eng. Fábio Viecili (Tecnologia em piso industrial), palestraram os diretores do IBRACON, Prof. Bernardo Fonseca Tu-

tikian (Concreto autoadensável) e Prof. Enio Pazini Figueiredo (Durabilidade de estruturas de concreto armado). Este seminário ocorreu em Passo Fundo, na Faculdade IMED.

Estão programados seminários para Caxias (setembro), Pelotas (outubro) e São Leopoldo (novembro). A série é patrocinada pela MC Bauchemie, Votorantim, Builder Aditivos, Concretus e Conpasul.

Degrada 2018 aconteceu em São Carlos

O 3º Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto (Degrada 2018) ocorreu de 22 a 24 de agosto, no campus de São Carlos da Universidade Federal de São Carlos, com participação de 150 pesquisadores. A palestra de abertura coube ao Prof.

Paulo Helene, diretor técnico do IBRACON, e abordou as prováveis razões do colapso da estrutura de concreto armado do edifício Wilton Paes de Almeida, no centro de São Paulo, em maio deste ano, trazendo medidas preventivas para outros prédios em situações similares, no intuito de evitar riscos às

pessoas que ocupam esses edifícios e à vizinhança.

O Degrada 2018 foi uma realização do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UFSCar e contou com o apoio do IBRACON, entre outras entidades técnicas. 



DADOS TÉCNICOS

ISBN/ISSN: 978-85-98576-27-5

Edição: 3ª edição

Formato: 18,6 x 23,3cm

Páginas: 1.760

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2017

Peso: 6,5 kg

O best seller da engenharia de materiais de construção não pode faltar na sua biblioteca!

O livro "Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais" é a mais completa fonte de consulta para estudantes, professores e profissionais da engenharia.

Dividido em dois volumes, o livro é composto por 52 capítulos escritos por 86 reconhecidos especialistas brasileiros, totalmente referenciado nas normas brasileiras vigentes e de acordo com as práticas nacionais da mais alta qualidade da engenharia civil em vigor.

Garanta seus exemplares! Acesse a Loja Virtual do IBRACON.

www.ibracon.org.br

60º Congresso Brasileiro do Concreto

- **Data:** 18 a 21 de Setembro
- **Local:** Recanto Cataratas, Foz do Iguaçu, PR
- **Realização:** IBRACON
- **Informações:** www.ibracon.org.br/eventos/60cbc

Third International Dam World Conference

- **Data:** 17 a 21 de Setembro
- **Local:** Recanto Cataratas, Foz do Iguaçu, PR
- **Realização:** LNEC/IBRACON
- **Informações:** www.ibracon.org.br/damworld2018

12º Seminário de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho

- **Data:** 27 de Setembro de 2018 (8h00 às 12h30)
- **Local:** Auditório da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland (São Paulo – SP)
- **Realização:** ANAPRE
- **Informações:** goo.gl/WByd5j

fib 2018 | The International Federation for Structural Concrete 5th International fib Congress

- **Data:** 7 a 11 de Outubro de 2018
- **Local:** Melbourne – Austrália
- **Informações:** <http://fibcongress2018.com/>

Missão Internacional IBRACON aos Estados Unidos

- **Data:** 10 a 18 de Outubro
- **Locais:** Chicago e Las Vegas
- **Realização:** IBRACON
- **Informações:** contato@brasilusa.com.br

Workshop Internacional: Alvenaria Estrutural em Situação de Incêndio – Avaliação do Estado-da-Arte Para Desenvolvimento de Normalização Nacional

- **Data:** 29 de Outubro
- **Local:** Centro de Convenções da UNICAMP
- **Realização:** UNICAMP, UFSCar, ANICER e Bloco Brasil

21º ENECE – Encontro Nacional de Engenharia e Consultoria Estrutural

- **Data:** 25 de Outubro
- **Local:** Milenium Centro de Convenções – São Paulo
- **Realização:** Abece
- **Informações:** <http://site.abece.com.br/index.php/enece>

Encontro Nacional Betão Estrutural

- **Data:** 7 a 9 de Novembro
- **Local:** LNEC, Lisboa, Portugal
- **Realização:** GPBE
- **Informações:** <https://be2018.pt/>

Sponsorship' 3rd R. N. Raikar Memorial International Conference and 'Gettu - Kodur' International Symposium

- **Data:** 14 e 15 de Dezembro
- **Local:** Mumbai, Índia
- **Realização:** ACI
- **Informações:** <http://rnrconf.icaci.com/>





Instituto Brasileiro do Concreto

Organização técnico-científica nacional de defesa e valorização da engenharia civil

Fundado em 1972, seu objetivo é **promover e divulgar conhecimento sobre a tecnologia do concreto e de seus sistemas construtivos para a cadeia produtiva do concreto**, por meio de publicações técnicas, eventos técnico-científicos, cursos de atualização profissional, certificação de pessoal, reuniões técnicas e premiações.

Associe-se ao IBRACON! Mantenha-se atualizado!

- Receba gratuitamente as quatro edições anuais da **revista CONCRETO & Construções**
- Tenha descontos de até **50%** nas **publicações técnicas do IBRACON** e de até **20%** nas **publicações do American Concrete Institute (ACI)**
- Descontos nos eventos promovidos e apoiados pelo **IBRACON**, inclusive o **Congresso Brasileiro do Concreto**
- Oportunidade de participar de **Comitês Técnicos**, intercambiando conhecimentos e fazendo valer suas **opiniões técnicas**

Fique bem informado!

 www.ibracon.org.br

 facebook.com/ibraconOffice

 twitter.com/ibraconOffice



Missão Internacional IBRACON aos Estados Unidos

10 a 18 de outubro de 2018

EXCLUSIVO PARA ASSOCIADOS DO IBRACON E DE ENTIDADES PARCEIRAS

CHICAGO

- ▶ **Tour Chicago Architecture River Cruise:** conheça mais de 40 edifícios notáveis ao longo do Rio Chicago, numa retrospectiva centenária do desenvolvimento urbano e tecnológico de Chicago
- ▶ **Visita à Central de Concreto da Engemix:** veja de perto a central misturadora, a central dosadora e o laboratório de controle da Engemix e visite uma obra com concreto fornecido pela empresa

LAS VEGAS

- ▶ **Concrete in the Americas:** oportunidade para apresentar cases de obras realizadas no Brasil e conhecer obras realizadas em concreto no continente americano
- ▶ **ACI Fall Convention***
 - conheça as atividades dos Comitês Técnicos do American Concrete Institute para normalização e especificação de projeto, construção, manutenção e reabilitação de estruturas de concreto
 - acompanhe as competições estudantis e torça para a equipe brasileira, vencedora do APO 2017, que participa da competição internacional
 - visite obras emblemáticas em Las Vegas
 - estreite relacionamentos com sua participação garantida no coquetel oferecido pelo presidente do ACI

* INSCRIÇÃO NÃO INCLUSA NO PACOTE

PACOTE INCLUI:

- ▶ Passagem aérea Guarulhos / Chicago / Las Vegas / Guarulhos
- ▶ 2 noites no hotel W Lakeshore (Chicago)
- ▶ 5 noites no hotel Park MGM (Las Vegas)
- ▶ Seguro-viagem
- ▶ Traslados hotel / aeroporto / hotel
- ▶ Ônibus para visitas técnicas
- ▶ Traslado Hotel Park MGM / Fall Convention / Hotel Park MGM
- ▶ Tour Chicago Architecture River Cruise

**MISSÃO POSSÍVEL E EXCLUSIVA PARA VOCÊ. VAGAS LIMITADAS.
CONFIRME JÁ SUA PRESENÇA!**

JUNTE-SE A NÓS NESTA MISSÃO!

Contate
BRAZILUSA

Tel.: 11 5087-4480
e-mail: contato@brazilusa.com.br

APOIO

