

CONCRETOS DE ÚLTIMA GERAÇÃO

ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCRETOS ESPECIAIS



Ano XLVII
96
OUT-DEZ
2019

ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br

Produção de placas de concreto
no sistema carrossel



Modulação dos painéis de UHPC



Montagem dos painéis e acabamento
do sistema construtivo



61º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

COBERTURA DAS ATIVIDADES DO
MAIOR EVENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO
SOBRE O CONCRETO

CAPAC. PROFISSIONAL E ENSINO DE ENGENHARIA

O NOVO CURRÍCULO DO
CURSO DE ENGENHARIA
CIVIL DA UFRJ

PERSONALIDADE ENTREVISTADA

MARIA ALBA CINCOTTO:
QUÍMICA A SERVIÇO
DA CONSTRUÇÃO

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

ADIÇÕES



ADITIVOS



gcp applied technologies



We create chemistry

ARMADURA



RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



EQUIPAMENTOS



ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



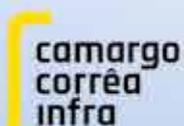
JUNTE-SE A ELAS

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

PRÉ-FABRICADOS



CONSTRUTORAS



CONTROLE TECNOLÓGICO



Falcão Bauer



FÓRMAS



CONCRETO



GOVERNO



CIMENTO





CRÉDITOS CAPA
MONTAGEM COM FOTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE CASAS PRÉ-FABRICADAS, DESENVOLVIDO PELO EMPRESA NEW HOUSE, COM USO DE PAINÉIS DE UHPC

SEÇÕES

- 5 Editorial
- 7 Coluna Institucional
- 9 Converse com o IBRACON
- 10 Encontros e Notícias
- 12 Personalidade Entrevistada: Maria Alba Cincotto
- 63 Entidades da Cadeia
- 101 Capacitação Profissional e Ensino de Engenharia



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 Pedrosa
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

Duograf
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 2019 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 (protendido)
- 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

Av. Queiroz Filho, 1.700, sala 407/408, Torre D, Villa Lobos Office Park 05319-000 – Vila Hamburguesa, São Paulo – SP
Tel. (11) 3735-0202



INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

Fundado em 1972
Declarado de Utilidade Pública Estadual I 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 Giuzio

DIRETORA DE ATIVIDADES ESTUDANTIS

Jéssika Pacheco

6º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

- 22 Congresso oferece informações, conhecimentos e exemplos para atuação qualificada de engenheiros civis
- 33 Premiados 2019
- 36 Prêmio de Teses e Dissertações
- 37 IBRACON homenageia profissionais com o título de sócio-honorário
- 40 Concursos incentivam estudantes a vencer desafios de engenharia
- 51 Seminário trouxe soluções inovadoras de projeto, execução e operação de edifícios
- 58 Seminário abordou concretos especiais
- 61 Sócios do IBRACON elegem Conselho Diretor para gestão 2019/2021



PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

- 67 Aplicação do concreto de ultra-alto desempenho em sistema construtivo habitacional no Brasil
- 71 Compósitos cimentícios de alto desempenho com incorporação de pó de vidro: avaliação da expansão e verificação da mitigação da reação álcali-agregado
- 77 Propriedades físico-mecânicas e colorimétricas do concreto pigmentado com óxido de ferro vermelho e preto
- 87 A utilização do resíduo de construção civil como agregado no concreto autoadensável
- 94 Substituição do cimento Portland por cinza de casca de arroz e vidro moído em concreto permeáveis



Edições comprometidas com qualidade da boa engenharia de concreto

Caro leitor,

A Revista CONCRETO & Construções completa 26 anos nesta edição 96, desde quando começou a ser publicada como Revista IBRACON. Através de seus 5 mil exemplares dirigidos a seletos profissionais do setor, publica a cada três meses o estado da arte do desenvolvimento da Engenharia Civil aplicada à cadeia produtiva do Concreto.

Possui corpo editorial formado por professores doutores, atuantes em programas de pós-graduação, de universidades como USP, UFSCar, UFG, UNISINOS, e por renomados profissionais em suas áreas de atuação, reconhecidos por seus pares como presidentes de associações técnicas, coordenadores de normas, autores de livros e manuais de referência, alguns deles várias vezes premiados nacional e internacionalmente.

Ao longo deste ano de 2019 foram publicados os artigos técnicos revisados e aprovados pelo Comitê Editorial, provenientes das várias regiões do país, de vários programas de pós-graduação. Além das universidades já citadas, este ano foram publicados artigos provenientes da PUC-Campinas, UFMG, UFABC, UNILA, IPT, UDF, ITA, UFES, UFPE, UTFPR, UNICAMP, Mackenzie, UFRJ, FURB, FADEP e IFSP.

Houve a contribuição de profissionais atuantes no meio técnico de empresas, associações e entidades como: Riocon, DNIT, EGT, PI Engenharia, Corr Solutions, Cortec Corporation, Planear, CBIC, GCP Applied Technologies, Leonardi, ABCIC, Caixa Econômica Federal, ABCP, SNIC, PhD Engenharia, InterCement, fib, Britez Consultoria, SENAI, IPT e outros.

Em edições recentes, figuraram autores internacionais de artigos, em português, inglês e espanhol, provenientes de países e universidades estrangeiras, tais como: Canadá – Nemkumar Banthia (Universidade de British Columbia) e Nigel Shrive (Universidade de Calgary); Portugal – Humberto Varum (Universidade do Porto), Joaquim Barros e Paulo Lourenço (Universidade do Minho), João Paulo Rodrigues (Universidade de Coimbra); Espanha

– Antonio Aguado e Alberto de la Fuente (Universidade Politécnica da Catalunya); Reino Unido – Sergio Cavalero (Universidade Loughborough); Estados Unidos – Paulo Monteiro (Universidade da Califórnia); México – Carmen Andrade (Instituto Eduardo Torroja), Pedro Castro (CINVESTAV) e vários outros.

Nossos entrevistados em 2019 são profissionais do setor com trajetória impecável, reconhecidamente atuantes e altamente experientes, engenheira e engenheiros: Eng. Iria Doniak (Presidente Executiva da ABCIC), Eng. Vitor Aly (Secretário Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras da Cidade de São Paulo), Dr. Vanderley John (professor e pesquisador da USP) e, nesta edição, a química Dra. Maria Alba Cincotto (também professora e pesquisadora da USP). O IBRACON, na figura desta Revista, sente-se altamente honrado em permitir o registro do depoimento desses profissionais, que escrevem e ditam a história da engenharia civil brasileira.

A seção “Converse com o IBRACON” é um canal aberto ao leitor, que pode tirar suas dúvidas técnicas com especialistas em vários temas, e deixar registrado a todos leitores a resposta à sua questão.

Em meio a trágicas notícias de acidentes em edificações neste ano, a Revista registrou a análise técnica das causas e os procedimentos para reabilitação de algumas delas, como o incêndio e colapso precoce do Edifício Paes de Almeida e a intervenção corretiva no Viaduto T5 sobre a Marginal Pinheiros. Esta Revista tem sido veículo fundamental do IBRACON para a defesa da boa, ética e correta Engenharia e, especialmente, para a divulgação de manifestos de valorização do correto exercício profissional e defesa da qualidade de vida da sociedade.

Esta Revista tem contribuído para fortalecer a missão do IBRACON de formação de pessoal qualificado, desenvolvimento e difusão do conhecimento, divulgando seus cursos técnicos, que inclui, entre outros, o de Inspeção de Estruturas de Concreto. O Instituto tem estado



engajado com a discussão do aperfeiçoamento da formação do Engenheiro Civil, incluindo, nas edições do Congresso Brasileiro do Concreto, sessão específica para discussão do tema. Esta Revista, já há dois anos, fez a sua parte, incluindo a Seção “Capacitação Profissional e Ensino de Engenharia” nas suas edições, que traz artigos sobre novos currículos e métodos de ensino e formação profissional em Engenharia Civil no Brasil e exterior. Nesta edição, a Dra. Michèle Pfeil e Dra. Sandra Oda comentam sobre a reformulação curricular da UFRJ.

Apenas o engenheiro com elevada formação técnica e ética, e com seus conhecimentos atualizados, tem condição de convencer a sociedade da importância de sua atuação no projeto, execução, avaliação, monitoramento, controle e recuperação e, principalmente, de sua responsabilidade e prioridade na tomada de decisão na construção e manutenção de obras, evitando tragédias futuras.

A edição cobre as inúmeras atividades ocorridas no 61º Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em Fortaleza – CE. O tema de capa “Tecnologias dos concretos de

última geração” está presente em artigos que relatam o uso de concreto de ultra-alto desempenho, do concreto pigmentado, do concreto autoadensável, do concreto permeável, do concreto reforçado com fibras, com incorporação de pó de vidro, entre outros.

Registra-se aqui o final de um ciclo e início de outro, com o término da profícua Gestão 2017-2019 do IBRACON, sob a bem sucedida presidência do Eng. Júlio Timerman, e participação voluntária de vários profissionais durante esses dois anos.

Registro, com honra e satisfação, haver sido responsável pela presidência do Comitê Editorial desta Revista nos últimos quatro anos, tarefa facilitada pela competência de seus membros.

Em 2020, chegaremos à edição de número 100. Convido a todos envolvidos com a cadeia produtiva do concreto a colaborar, participando ativamente desse marco histórico da nossa reconhecida Revista CONCRETO e Construções.

GUILHERME PARSEKIAN

PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL – INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO 

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

Macrofibras de vidro álcali resistentes (AR) para concreto destinado a aplicações estruturais: definições, especificações e conformidade

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 especifica os requisitos técnicos das macrofibras de vidro álcali resistentes para uso estrutural em concreto.

A Prática Recomendada abrange macrofibras para uso em todos os tipos de concreto, incluindo concreto projetado, para pavimentos, pré-moldados, moldados no local e concretos de reparo.

AQUISIÇÃO

www.ibracon.org.br (Loja Virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-28-2

Edição: 1ª edição

Formato: eletrônico

Páginas: 26

Acabamento: digital

Ano da publicação: 2017

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

MACROFIBRAS DE VIDRO ÁLCALI RESISTENTE (AR)
PARA CONCRETO DESTINADO A APLICAÇÕES ESTRUTURAIS



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

ET4: Caracterização de materiais não convencionais e fibras para reforço estrutural

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio
Representante CIA: Sônia Maria Carrato Diniz

Patrocínio



Valeu a pena!!!

nício esta Coluna Institucional agradecendo a toda a Diretoria e ao Conselho Diretor, que me acompanharam nessas duas gestões que tive o orgulho de ser o presidente do IBRACON.

Parece que foi ontem que o meu antecessor, o Prof. Tulio Bittencourt, me empossava no final de 2015 para esses dois biênios, onde procurei atender as expectativas, dando sempre o melhor de mim. O tempo passou muito rápido...

Bem, gostaria de fazer um balanço das principais atividades que desenvolvemos ao longo destes dois biênios:

- Mudança da sede do IBRACON, atendendo a um antigo sonho de estarmos em modernas e confortáveis instalações, dotadas de equipamentos de mídia de última geração – dentro do espírito de sinergia e associativismo, o Instituto tem agora sua sede no mesmo condomínio empresarial de outras entidades congêneres (Abece, ABCIC, ABMS, Ibi, Afeal, etc...);
- Implantação de um sistema de gestão das principais publicações do IBRACON, terceirizando este serviço e otimizando o espaço de nossa sede;
- Revisão dos estatutos do IBRACON, fazendo com que as eleições de seu Conselho Diretor sejam em meio eletrônico, conferindo agilidade e transparência a este processo;
- Fortalecimento das Regionais do IBRACON, incentivando-as a promover eventos e *workshops*, dando suporte técnico e material a esses eventos, dando a elas autonomia necessária para atingir os objetivos previstos,



motivando-as a desenvolver essas ações e, assim, captar mais sócios;

- Manutenção e promoção de uma nova estratégia de marketing de nossa instituição, através de vídeos e apresentações institucionais;
- Criação, sob a gestão do IBRACON, do *Brazil ACI Chapter*, estreitando o relacionamento com o *American Concrete Institute (ACI)*;
- Estreitamento do relacionamento com entidades parceiras, como ABESC, ABCP, ABCIC, Abece, IE, Sinduscon, etc;
- Não obstante o nosso evento anual já ter reconhecido da comunidade técnica, colocou-se, na sua grade, sessões técnicas com temas práticos e de interesse de construtoras, atraindo novamente este importante participante da cadeia produtiva do concreto;
- Reativação do processo de Certificação, mediante sua reestruturação, com acordos operacionais com empresas parceiras, e iniciando, pela Diretoria de Cursos, o treinamento de potenciais candidatos ao processo de Certificação;
- Promoção do lançamento de livros, publicações e periódicos, que atraem tanto interesse em nossos associados;
- Como entidade técnica nacional mais importante relacionada ao concreto, o IBRACON tem participado de importantes eventos nos quais a sociedade civil anseia por respostas a problemas que tanto a afligem, como o sinistro do Edifício Wilton Paes de Almeida, os colapsos parciais de pontes e viadutos

- na cidade de São Paulo e o desabamento do edifício Andréa em Fortaleza, no dia 15 de outubro pp;
- ▶ Outro fato digno de nota foi o sucesso alcançado nos CBCs (Congresso Brasileiro do Concreto), fruto de um incessante trabalho conjunto de toda a nossa Diretoria: o número sempre crescente de participantes demonstra a importância e o anseio dos associados por um contínuo aprimoramento e relacionamento profissional;
 - ▶ Promoção de missões técnicas internacionais, como visitas a empresas estrangeiras e a obras internacionais, e participação em eventos técnicos no exterior;
 - ▶ Desde 1 de janeiro de 2018, o IBRACON se integrou ao Grupo Brasileiro que representa nossa nação junto a *fib* (*International Federation for Structural Concrete*), juntamente com a Abece e a ABCIC.
- Bem, mas tudo isso não seria possível sem a Diretoria

Nacional e as diretorias Regionais, compostas por profissionais altamente comprometidos, com quem tive o prazer de trabalhar e conhecê-los melhor ainda, se tornando meus grandes amigos.

Não poderia deixar também de agradecer ao competente (e enxuto!) quadro de colaboradores do Instituto, que sempre, quando solicitados, foram atenciosos e competentes, não só comigo, por ser seu presidente, mas com quaisquer associados que necessitassem de seus serviços.

Despeço-me, desejando à futura diretoria uma ótima gestão e reiterando que o IBRACON continuará trabalhando e sempre se renovando para atingir a tão sonhada meta que norteou a nossa comunidade técnica:

Avanço Concreto – Hoje e Sempre!!!

JÚLIO TIMERMAN

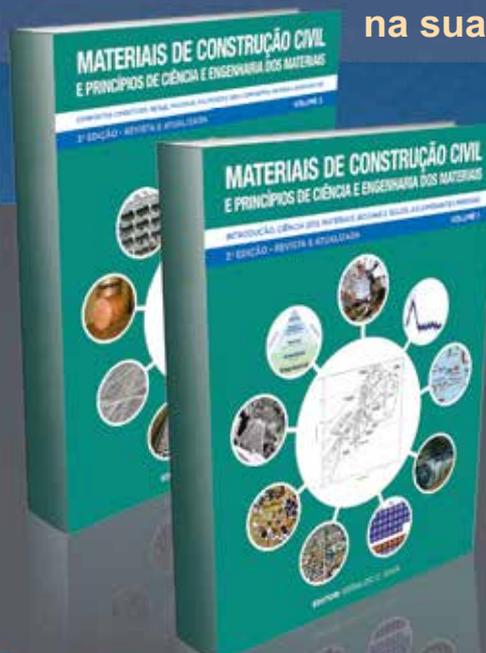
PRESIDENTE DO IBRACON – INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

O best seller da engenharia de materiais de construção não pode faltar na sua biblioteca!



Ficha Técnica

ISBN / ISSN: 978-85-98576-27-5
Edição: 3ª edição
Páginas: 1760
Formato: 18,6 x 23,3 cm
Acabamento: Capa Dura
Ano de Publicação: 2017
Peso: 6,5 Kg



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

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

PERGUNTAS TÉCNICAS

PATOLOGIA OU PATOLOGIAS?

NA ÚLTIMA EDIÇÃO DA REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES, A NOTÍCIA SOBRE A REGIONAL DO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA (P. 121) REGISTROU O MINICURSO “PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES E SUAS SOLUÇÕES”, REPERCUTINDO O USO FEITO DO TERMO ‘PATOLOGIA’ NO TÍTULO DO CURSO. ESTE USO DO TERMO TÉCNICO NO PLURAL E COMO SINÔNIMO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO GEROU POLÊMICA ENTRE OS MEMBROS DO COMITÊ EDITORIAL.

UM GRUPO DEFENDEU QUE O CORRETO SERIA TER ESCRITO “PATOLOGIA”, POIS O JARGÃO REFERE-SE EXCLUSIVAMENTE À CIÊNCIA QUE ESTUDA AS DOENÇAS, UMA VEZ QUE DERIVA ETIMOLOGICAMENTE DOS TERMOS GREGOS ‘PATHOS’ (QUE SIGNIFICA DOENÇA) E ‘LOGOS’ (CONHECIMENTO). ASSIM COMO A BIOLOGIA É O ESTUDO DA VIDA, A GEOLOGIA, O ESTUDO DA TERRA, PATOLOGIA É O ESTUDO DAS DOENÇAS. ELES CITAM INCLUSIVE QUE ESTE ENTENDIMENTO FOI ADOTADO PELA ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE, PATOLOGIA E RECUPERAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (ALCONPAT INT.), QUE, COMO ASSOCIAÇÃO ESPECIALIZADA SOBRE O TEMA, TERIA AUTORIDADE SOBRE SEU USO.

TODAVIA, OUTRO GRUPO ARGUMENTOU QUE A LÍNGUA PORTUGUESA ACEITA TAMBÉM A FORMA ‘PATOLOGIA’, NO SINGULAR OU PLURAL, E COMO SINÔNIMO DE DOENÇAS, DEFEITOS, FALHAS ETC. SEGUNDO ESSE GRUPO, ESSE USO DE PATOLOGIA COM O SIGNIFICADO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS OBRAS JÁ ESTÁ INCORPORADO NO DIA A DIA DA CONSTRUÇÃO,

SENDO MUITO UTILIZADO NOS CANTEIROS DE OBRAS, NOS ESCRITÓRIOS DE PROJETO, NAS CONSTRUTORAS E NAS DIVERSAS EMPRESAS DO SETOR CONSTRUTIVO. TAL USO ESTÁ CONSOLIDADO ATÉ MESMO NO MEIO ACADÊMICO, ONDE O TERMO APARECE EM TRABALHOS DE MESTRADO E DOUTORADO DE VÁRIAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS E PORTUGUESAS, ASSIM COMO NO TÍTULO DE UM LIVRO DO PESQUISADOR EMÉRITO DO LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, JOÃO APLETON, COMO SE REFERINDO A FALHAS, DISFUNÇÕES E NÃO CONFORMIDADES NAS ESTRUTURAS.

QUAL USO É O CORRETO?

Do ponto de vista do usuário da língua, o correto é o uso que bem comunica sua intenção. Se, por agilidade de comunicação, para evitar o pedantismo, ou por qualquer outro motivo, o usuário faz uso do termo ‘patologia’ no sentido de doença, sendo normalmente bem compreendido dentro dos contextos em que faz tal uso do termo, então o propósito comunicativo se cumpre e o uso se impõe. Tanto é assim que o dicionário Houaiss, referência normativa sobre os usos dos vocábulos da língua portuguesa, registra os dois usos do termo ‘patologia’ aos quais aqui se faz referência: o vocábulo é usado tanto para designar a área de conhecimento que estuda as manifestações patológicas quanto os próprios fenômenos propriamente ditos.

É em razão desse dinamismo no uso das palavras que a língua é compreendida pelos estudiosos da

linguagem como um sistema vivo, em constantes transformações nos níveis semânticos, sintáticos e pragmáticos, ao longo do tempo, do espaço e dos estratos sociais. Esse sistema vivo pertence, sem discriminações, a todos os falantes da língua, que detêm a liberdade para dele fazer uso que mais atenda aos seus propósitos de comunicar. Em razão disso, pouco importa que originalmente o termo ‘patologia’ foi criado para se referir aos estudos das doenças, ou que atualmente uma associação técnica estipule que o uso do termo deve ser restrito para se referir ao campo de estudo das manifestações patológicas nas construções. A estipulação restritiva do uso técnico de um termo da língua por uma entidade só faz sentido para os associados daquela entidade, que, dentro dos contextos de atuação de sua especialização, veem como produtivo para sua comunicação fazer tal uso restrito, opondo-se ao uso comum.

É em vista desta última observação que a Revista CONCRETO & Construções, em consonância à deliberação tomada no âmbito da Associação Brasileira de Patologia das Construções (Alconpat) e ao contexto técnico em que se insere, adotará, daqui para frente, o uso do termo “Patologia” no singular e como sinônimo de ciência que estuda as manifestações patológicas nas construções.

FÁBIO LUÍS PEDROSO – JORNALISTA RESPONSÁVEL 

Patologia de estruturas

A obra aborda os conceitos básicos da Patologia de Construções, especialidade da Engenharia Civil que estuda os tipos de manifestações patológicas que afetam as construções, e aborda os mecanismos de deterioração, o diagnóstico e a intervenção em estruturas de concreto, de aço e de madeira. Amplamente ilustrada e com casos reais comentados, a publicação é escrita conjun-

tamente por Fabrício Longhi Bolina, professor colaborador do Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção (itt Performance) e da Unisinos, Bernardo Fonseca Tutikian, professor da Unisinos e coordenador do itt Performance e Paulo Helene, professor titular da USP e consultor de estruturas de concreto.

→ Mais informações:

www.ofitexto.com.br



A revista **CONCRETO & Construções** presta-se à divulgação das obras do setor construtivo, sem qualquer endosso.

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



Homenagem ao Prof. Simão Prizskulnik

MACKENZIE

O fundador do IBRACON e professor emérito da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Simão Prizskulnik, foi homenageado no último dia 12 de novembro, na UPM.

Estiveram presentes muitos de seus ex-alunos, entre eles o atual reitor da Universidade de São Paulo, Vahan Agopyan. O presidente do IBRACON, Julio Timerman, compareceu também à cerimônia. Na ocasião, o Eng. Augusto Carlos de Vasconcelos fez uma saudação e homenagem ao mestre.



O diretor da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Prof. Dr. Sérgio Rex, faz entrega do título de professor emérito a Simão Prizskulnik (dir.)

Durabilidade do Concreto

Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente



Ed. JEAN-PIERRE OLLIVIER e ANGÉLIQUE VICHOT

Editores da tradução: Oswaldo CASCUDO e Helena CARASEK

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.

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

→ **Informações:** www.ibracon.org.br



Patrocínio

Maria Alba

CINCOTTO

Maria Alba Cincotto, graduada em química em 1961 pela Universidade de São Paulo, é pesquisadora da Escola Politécnica (Poli-USP), desde 1992, atuando na área de química de materiais, onde tem formado mestres e doutores, e colaborado na orientação de alunos de seus colegas professores. Na Universidade, leciona as disciplinas “técnicas aplicadas na pesquisa de materiais” e “ciência dos materiais aplicada ao estudo dos ligantes inorgânicos”.

Antes de seu ingresso na academia, Maria Alba trabalhou por 32 anos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), primeiramente no Laboratório de Produtos Industriais e, posteriormente, no Laboratório de Química de Materiais. No IPT, ela estudou os fenômenos patológicos associados a revestimentos de argamassas, contribuindo com a indústria para melhorar seu desempenho; identificou e quantificou os agentes agressivos em águas subterrâneas, que despertou o meio técnico para a análise da água subterrânea na etapa de projeto e resultou na primeira norma brasileira de determinação de agentes agressivos ao concreto; e iniciou estudos sobre adições ao cimento, tendo introduzido método para determinação da atividade pozolânica dos resíduos agrícolas e industriais; entre outras atividades.

Atualmente, a Profa. Maria Alba estuda a substituição do cimento Portland pelo resíduo de lama vermelha das mineradoras, com o objetivo de desenvolver sua aplicação em larga escala na indústria de cimento e resolver seu passivo ambiental.

Ela é sócia-fundadora do Instituto Brasileiro do Concreto, nos idos de 1972, no IPT.



IBRACON – QUAIS FORAM AS MOTIVAÇÕES E OS FATORES CONTEXTUAIS PARA VOCÊ GRADUAR-SE EM QUÍMICA E, LOGO EM SEGUIDA, OPTAR POR TRABALHAR COMO PESQUISADORA NO AGRUPAMENTO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DO INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO (IPT)?

M. A. C. – Graduei-me em química por simpatia a essa área do conhecimento e pela possibilidade de escolha em três ramos de atividade: ensino, atividade na indústria e pesquisa. Tive a oportunidade de atuar nas duas primeiras e não me satisfazer com elas. Foi então que decidi pelo IPT. A minha carreira começou na Divisão de Química, responsável pelo Laboratório de Produtos Industriais, que atendia a solicitações da indústria em geral, mas a maior parte vinha da construção civil. Nosso Laboratório assessorava o Laboratório de Concreto no atendimento ao meio técnico. Isso me motivou buscar especialização no exterior, em 1968/1969, em Laboratórios cujas atividades eram dirigidas à construção civil. Estagiei na Divisão de Química do *Laboratoire Central des Ponts e Chaussées* (hoje *IFSTTAR – Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, et de L'aménagement et des Réseaux*), onde me exercitei nas técnicas aplicadas na pesquisa em cimento e concreto; em seguida, no *CERILH-Centre d'Études et de Recherches des Liants Hydrauliques* (hoje *ATILH*), na época líder mundial

em pesquisa do cimento, estudando a atividade pozolânica da cinza volante; em seguida, na Universidade de Cagliari-Sardenha, com Prof. Collepari, estudando a atividade pozolânica de argilas calcinadas. Retornei num momento muito positivo no IPT. O Superintendente, Dr. Alberto Pereira de Castro, criou Agrupamentos de atendimento ao meio externo, reunindo Laboratórios afins. Em 1970, foi então criado o Laboratório de Química de Materiais, na Divisão de Engenharia Civil, que ampliou as suas atividades ao longo do tempo e permanece até hoje em intensa atividade, sempre em sua maioria solucionando problemas da construção civil. O químico líder, Valdecir Quarcioni, foi um dos meus alunos de doutorado.

IBRACON – COMO ERA SER MULHER NUM AMBIENTE DOMINADO POR HOMENS? HAVIA QUESTÕES DE GÊNERO PAUTANDO AS RELAÇÕES NO LABORATÓRIO E EM CAMPO?

M. A. C. – Meu primeiro trabalho foi no Laboratório de Controle de Qualidade de uma grande indústria. O ambiente não era o mais desejável para o elemento feminino. Ao lado disso, as atividades eram de rotina e acabaram me entediando. Fiquei nove meses apenas. Felizmente, no IPT esse problema não existiu.

IBRACON – QUAIS SUAS PRINCIPAIS ATRIBUIÇÕES NO IPT? QUAIS SITUAÇÕES, PROJETOS E OBRAS VOCÊ DESTACARIA COMO

MAIS RELEVANTES DURANTE SEUS 32 ANOS DE ATUAÇÃO NO INSTITUTO? QUAIS FORAM OS DESAFIOS IMPOSTOS E COMO ELES FORAM RESOLVIDOS NESSES CASOS DE DESTAQUE?

M. A. C. – Minha atuação no IPT passou por ciclos ligados às exigências do momento que vou procurar resumir. A primeira grande atividade foi voltada à identificação dos fenômenos patológicos de revestimentos de argamassa. No período do “milagre brasileiro”, década de 70, construiu-se muito, sem existir o devido conhecimento sobre a tecnologia de argamassas. Diria que, se não todas, mas quase todas as construtoras passaram pelo nosso Laboratório solicitando solução para os seus problemas. Daí nasceram as atividades no campo das argamassas e da cal. Ainda na década de 70, a construção do Metrô de São Paulo também movimentava a nossa comunidade técnica. A linha Norte-Sul passaria por uma região cuja água subterrânea continha elevado teor de CO₂ livre, classificado pelos consultores alemães como de grau forte de agressividade ao concreto, o que levou à impermeabilização de toda a linha. Mas, essa agressividade não se confirmou, pois as estruturas enterradas existentes, vistoriadas durante a construção, estavam todas intactas. Quando iniciei a minha participação na equipe do IPT, que assessorou a Companhia do Metrô, com a saída dos alemães,



...FIZ LEVANTAMENTO DE TODAS AS NORMAS INTERNACIONAIS SOBRE AGENTES AGRESSIVOS AO CONCRETO. FOI CONSTATADO ERRO NA NORMA ALEMÃ DE MÉTODO DE ENSAIO E DE CÁLCULO DO TEOR AGRESSIVO...



“

VÁRIOS CASOS DE CORROSÃO DE ARMADURA ESTUDADOS PERMITIRAM ESTABELECEER, DE ACORDO COM NOSSAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, O LIMITE MÁXIMO DE CLORETO ACIMA DO QUAL OCORRE A CORROSÃO...

”

fiz um levantamento de todas as normas internacionais sobre agentes agressivos ao concreto. Foi constatado erro na norma alemã de método de ensaio e de cálculo do teor agressivo, cujo resultado era, na verdade, a metade do que ela indicava. Tão importante quanto a identificação e quantificação do agente agressivo em águas subterrâneas, era a localização da sua fonte. A análise da água do Parque Dom Pedro, por onde passaria o tramo oeste da linha Leste-Oeste, indicou elevada concentração de sulfato. Identificamos que o pico da concentração estava na Rua da Figueira, resultado do acúmulo de sulfato de amônio produzido pela Companhia de Gás, depositado

em contato com o solo. O trecho construído foi abandonado, o traçado modificado e o concreto da nova estrutura encapsulado. Do mesmo modo, identificamos que um adiantado processo de lixiviação do concreto do Metrô do Rio de Janeiro tinha como fonte vazamento de uma cervejaria localizada a alguma distância. A divulgação desses trabalhos despertou o meio técnico para a necessidade da análise da água subterrânea na etapa de Projeto e esse serviço passou a ser uma rotina em nosso Laboratório. Todo o aprendizado feito com a prática e estudo resultou na primeira norma brasileira de determinação de agentes agressivos ao concreto e os critérios da sua classificação.

Tive a grata satisfação de participar dos estudos de concreto ao lado do Prof. Paulo Helene, a quem devo o conhecimento que adquiri na área. Vários casos de corrosão de armadura estudados nos permitiram estabelecer, de acordo com as nossas condições climáticas, o limite máximo de cloreto acima do qual ocorre a corrosão da armadura, mais restrito do que o constante da literatura procedente dos países do Hemisfério Norte. Muito interessante foi o nosso estudo da lixiviação da parede-diafragma da Estação São Bento, por infiltração da água subterrânea, em profundidade acima de 30 metros.

Nos anos 80, a pedido do Dr. Alberto, iniciei o estudo de materiais de adição ao cimento. Fiz um levantamento do contexto internacional a respeito, que resultou na publicação “Utilização de subprodutos industriais e resíduos na indústria da construção civil”, onde foram indicados os princípios básicos do estudo desses materiais. Muitos colegas passaram a estudar esse tema. Introduzimos o método Chapelle, divulgado no 7º Congresso de Química dos Cimentos, em Paris, em 1980, para determinação da atividade pozolânica de materiais e o aplicamos no estudo dos resíduos: cinza volante, casca de arroz, de amendoim, de mamona, bagaço de cana, resíduo de catalisador, etc. Daí não paramos mais. Hoje participo de projetos de reciclagem de escórias e lama vermelha (resíduos da cadeia



Parede-diafragma da Estação São Bento com lixiviação e carbonatação, e extração de testemunhos para análise



de produção de alumina e alumínio metálico, para os quais ainda não foi desenvolvida uma aplicação em larga escala), com Roberto Cesar Romano, no seu Projeto de pós-doutorado. Quando se divulgou a aplicação de gesso em revestimentos internos, surgiram problemas por desconhecimento das características peculiares a esse ligante. Para sanar essa lacuna, executamos um projeto no qual foi estudada a produção-piloto do gesso em Laboratório do IPT, suas propriedades e aplicação em argamassas e preparamos o texto da sua especificação. Divulgamos também os resultados da análise da qualidade dos gessos comercializados no país. Três dissertações desenvolvidas na Poli completaram o conhecimento que temos sobre esse material.

O Prof. Vahan Agopyan, hoje reitor da USP, foi nosso Chefe no Agrupamento de Materiais de Construção, um dos que faziam parte da Divisão de Edificações. Não se limitou a atividades de administração, mas liderou projetos dos quais participei: estudo da durabilidade de tubos de cimento amianto para esgotos (provavelmente, nos anos 78 e 79); desenvolvimento de painéis de fibrocimento com fibras vegetais para edificações, tendo como ligante escória-gipsita-cal hidratada (talvez, entre 86 e 88); levantamento de estudos sobre fibrocimentos (talvez, entre 88 e 89).

IBRACON – DEPOIS DE MUITOS ANOS, A PESQUISADORA SE TRANSFORMOU NUMA DAS MAIS RESPEITADAS PROFESSORAS

DA EPUSP. QUANTOS ANOS DE IPT E QUANTOS ANOS DE EPUSP? QUANTOS ALUNOS JÁ FORMOU? QUAIS AS MELHORES RECORDAÇÕES NUMA E NOUTRA CARREIRA, NUMA E NOUTRA INSTITUIÇÃO?

M. A. C. – Oficialmente, completei 32 anos de atividades no IPT, em 1995, mas, na verdade, já tinha me transferido por licença-prêmio para a POLI, em 1992. Desde o meu doutorado, tinha um convite feito pelo saudoso Prof. Francisco Romeu Landi, mas me decidi somente mais tarde, desta vez, atendendo ao pedido sempre presente do Prof. Paulo Helene. Formei 14 alunos de mestrado e oito doutores, e sempre atuei como colaboradora na orientação dos alunos dos colegas, no que diz respeito à química dos materiais. Aprendo também tomando conhecimento das atividades do nosso grupo. Somos um time! Sou muito grata ao IPT, pelo ambiente de trabalho, pela formação que adquiri graças à participação em projetos. Na Poli, me desenvolvi através dos trabalhos de orientação e continuo aprendendo porque temos sempre projetos de inovação e de importância no momento. Não posso deixar de registrar meu forte agradecimento às nossas Agências de Fomento – FAPESP, CNPq, FINEP – que sempre aprovaram nossos projetos, que nos permitiram ter a infraestrutura que temos em nosso Laboratório de Microestrutura. Continuo sendo Bolsista de Produtividade do CNPq.

O que mais posso desejar? Há um detalhe importante que preciso ressaltar, que é a disciplina que ministro sobre a ciência dos materiais aplicada ao estudo dos ligantes. O curso foi evoluindo ao longo dos anos e, acredito, já atingimos um bom nível. Ele é precedido de um curso sobre as técnicas básicas aplicadas na pesquisa de materiais e, então, posso me dedicar à hidratação dos cimentos, conhecimento básico imprescindível à pesquisa em sistemas cimentícios. Se, no início, havia uma certa resistência dos alunos à química, hoje eles são muito abertos e receptivos, o que me dá muita satisfação.

IBRACON – CONSIDERANDO AS ORIENTAÇÕES DE ALUNOS DE PÓS-GRADUAÇÃO E SUA FORTE ATUAÇÃO NA INTERFACE UNIVERSIDADE X EMPRESA/INDÚSTRIA, PODERIA DESTACAR ALGUMAS PESQUISAS COM ESSE ENFOQUE?

M. A. C. – No IPT, desenvolvi o projeto com a indústria da cal. No âmbito do convênio IPT-White Martins, na época da autoconstrução em moda, fizemos o estudo da aplicação da cal residual (cal de carbureto) na produção de tijolos solo-cal. A ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal participou ampliando o escopo do projeto, com a aplicação das cales cálcica e dolomítica. No tema aditivos, foi realizado em 1983 o curso “Tecnologia de aditivos”, ministrado pelo Prof. Collepardi, preenchendo uma lacuna do



HOJE PARTICIPO DE PROJETOS DE RECICLAGEM DE ESCÓRIAS E LAMA VERMELHA (RESÍDUOS DA CADEIA DE PRODUÇÃO DE ALUMINA E ALUMÍNIO METÁLICO, PARA OS QUAIS AINDA NÃO FOI DESENVOLVIDA UMA APLICAÇÃO EM LARGA ESCALA)



“

O ESTUDO DO REAPROVEITAMENTO DO CONCRETO FRESCO DOSADO EM CENTRAL, COM O USO DE ADITIVO ESTABILIZADOR DE HIDRATAÇÃO, RESULTOU NESTA PRÁTICA EM CENTRAIS DE CONCRETO E GEROU A INTRODUÇÃO NO MERCADO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTO DE ALVENARIA...

”

conhecimento do nosso meio técnico. Na Poli, estudamos a influência da estrutura molecular de dois superplastificantes na hidratação do cimento Portland, bem como aditivos redutor e compensador de retração em argamassas e pastas com cimento de escória ativada com silicato de sódio. O estudo do reaproveitamento do concreto fresco dosado em central, com o uso de aditivo estabilizador de hidratação, resultou nessa prática em centrais de concreto e gerou a introdução no mercado da argamassa estabilizada para revestimento de alvenaria, cujo desenvolvimento tecnológico está sendo estudado pelo CONSITRA – Consórcio Setorial para a Inovação Tecnológica em

Revestimentos de Argamassas. A grande novidade na década de 90 foi o início das atividades da Dra. Marcia Shirakawa em biodeterioração na construção civil. Com ela e os professores da POLI-USP, Vanderley John e Paulo Helene, participei do estudo da biodeterioração do revestimento de túnel por infiltração de gasolina vazada de posto próximo de abastecimento, em 1997. A construção estava há algum tempo paralisada e o nosso objetivo foi apresentar o diagnóstico e diretrizes para reparo. Desde o seu doutorado, ela passou a integrar o grupo de pesquisa do Laboratório de Microestrutura. O grande projeto que temos atualmente é com o estudo da lama vermelha,

com o objetivo de desenvolver uma aplicação em larga escala para esse tipo de resíduo. Trata-se de um passivo ambiental muito grande, pois mesmo com o adequado acondicionamento nos lagos de lama, especialmente produzidos para o descarte, há sempre o risco de rompimento da contenção. Atuamos nesta linha de pesquisa há cerca de 10 anos e temos resultados muito promissores que indicam que a utilização de até 20% em substituição ao cimento Portland pode ser realizada, sem prejuízos no desempenho dos produtos. Atualmente estamos trabalhando para mostrar que os aspectos relacionados à durabilidade também não são afetados.

IBRACON – POR QUE VOCÊ RESOLVEU ESTUDAR A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CAL E A INFLUÊNCIA DA MATÉRIA-PRIMA E DOS FORNOS NAS CARACTERÍSTICAS DA CAL VIRGEM, NO MESTRADO E NO DOUTORADO? DE QUE IMPORTÂNCIA SE REVESTIA ESSES ESTUDOS?

M. A. C. – Como já disse, os revestimentos de argamassa eram um sério problema para as construtoras. O reboco de argamassa cal/areia apresentava fissuras de retração, descolamento, pulverização, empicamento. Identificamos também expansão em argamassas de assentamento de alvenaria. Não conhecíamos nada sobre a cal. Começamos por estudar a qualidade da cal comercializada nas capitais brasileiras e identificamos elevado teor de material inerte adicionado e



Calorímetro TAM Air para determinação da reatividade do cimento pela calorimetria isotérmica. Estão ilustradas as oito células para ensaio, onde são colocados os frascos contendo a pasta de cimento



Ladrilhos produzidos com cimento Portland e lama vermelha num teor de substituição de 5%, 10% e 20%. Parte do projeto de reciclagem da lama vermelha no pós-doutorado do Dr. Roberto Cesar Romano – Laboratório de Microestrutura

hidratação incompleta, que acabava por se completar após aplicação da argamassa, com expansão. A determinação do grau de hidratação da cal gerou meu mestrado.

Na época, a indústria de cal se modernizou com fornos rotativo e Maerz, de grande capacidade e de alta reatividade, para atender à indústria siderúrgica. O índice de reatividade exigido foi o copiado da Alemanha. Surgiu a necessidade de estabelecermos um índice para as nossas cales, um dado importante para a indústria siderúrgica, mas também para a indústria da cal para construção. No país, temos como matéria-prima calcários e dolomitos, bem como diferentes fornos de calcinação, desde o de barranco, passando por de alvenaria, AZBE, até os de grande porte citados. A ABPC resolveu que deveríamos abordar esses três parâmetros (matéria-prima x fornos de calcinação x reatividade) para todo o território nacional. Daí surgiu meu doutorado.

Constante dos manuais do BNH (Banco Nacional de Habitação), havia a recomendação de emprego de

argamassas cimento/saibro, também responsável pela fissuração do revestimento. Patrocinada pela ABPC, apresentamos palestras em todas as Agências do BNH no país, sobre a importância da cal, sua qualidade e cuidados na aplicação, visando o melhor desempenho. Lembro com saudades do Dr. Epitácio Passos Guimarães, Diretor Técnico da ABPC. Após as palestras, nos divertíamos no jantar ouvindo os “causos” que ele nos contava...e eram muitos!

Essas atividades despertaram a atenção da classe acadêmica sobre a necessidade do estudo das argamassas. Já havia sido criada a ANTAC – Associação Nacional do Ambiente Construído e ela estava se estruturando em grupos de trabalho. Em uma reunião de vários colegas ligados à disciplina de materiais de construção, resolvemos criar o nosso, o GTA – Grupo de Trabalho em Argamassas. Por onde deveríamos começar, se estava tudo por fazer? Começamos por estabelecer a terminologia para os materiais, tipos de argamassa, de revestimento, processos de aplicação.

Trabalhamos intensamente durante um ano. Em seguida, fomos redigindo normas de ensaio. Precisávamos divulgar o que já sabíamos e chamar a atenção para a necessidade de estudos no tema. Foi criado o SBTASimpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, inaugurado em Goiânia, organizado pelos professores da Universidade Federal de Goiás, Helena Carasek e Oswaldo Cascudo, em 1995. Fizemos a chamada de trabalhos e resolvemos aceitar todos e conhecer em que nível de conhecimento o nosso meio estava. Lamentável! Mas foi sucesso surpreendente de público e de interesse que continua até hoje. Desse evento participou o Dr. Lejeune, chefe do Departamento de Fachadas do CSTB – *Centre Scientifique et Technique de la Construction*, para nos falar sobre processos de aplicação mecanizada de argamassas. A indústria esteve ao nosso lado, patrocinando os eventos a cada dois anos. O conhecimento se desenvolveu e daí surgiu o interesse da indústria de argamassas de se organizar, constituindo a ABAI-Associação Brasileira da Argamassa Industrializada,



O ÍNDICE DE REATIVIDADE EXIGIDO FOI O COPIADO DA ALEMANHA. SURTIU A NECESSIDADE DE ESTABELEECERMOS UM ÍNDICE PARA AS NOSSAS CALES, UM DADO IMPORTANTE PARA A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA, MAS TAMBÉM PARA A INDÚSTRIA DA CAL PARA CONSTRUÇÃO





UM CAMPO QUE MERECE ATENÇÃO CONCENTRADA NA PESQUISA É O EFEITO DOS MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUPLEMENTARES NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS E CONCRETOS, PRINCIPALMENTE QUANTO À DURABILIDADE



em 2003. Em 2004, o Eng. Fabio Campora assumiu a coordenação e o cargo de diretor-executivo da ABAI. Por sua sugestão, foi introduzido, no SBTA, o Dia do Construtor, completando o tripé no avanço do conhecimento: Universidade x Indústria x Construtor. No evento de Florianópolis, em 2005, foi introduzida a reologia pelo professor da Poli-USP, Rafael Pileggi, iniciando uma nova fase na tecnologia das argamassas.

IBRACON – A CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO TRADICIONAIS (CAL, GESSO, CIMENTOS PORTLAND, POZOLANAS, ESCÓRIAS METALÚRGICAS ETC.) E SUAS PROPRIEDADES É AINDA UM CAMPO PROMISSOR PARA AS PESQUISAS NA ÁREA DE CIÊNCIAS DOS MATERIAIS? EM QUAIS LINHAS DE PESQUISA E APLICAÇÃO?

M. A. C. – O momento exige conhecimento aprofundado dos materiais cimentícios suplementares e o seu efeito no concreto, sobretudo em termos de durabilidade. Internacionalmente, existe a preocupação de ampliar a metodologia de caracterização desses materiais, além da reconhecida necessidade de se redigir normas de desempenho. Muito estudo ainda deve ser feito para a consolidação do emprego de novos materiais. O problema do gesso é o seu tempo de pega muito rápido, responsável por elevada perda na prática. Uma aluna de mestrado estabeleceu recomendações para a aplicação e que contorna esse

problema. Um tema a ser estudado é uma formulação com aditivos, com um tempo de pega que ofereça maior tempo útil para a aplicação.

Quanto à cal, ela precisa ser ainda melhor explorada no campo das argamassas, de forma atualizada, uma vez que outros parâmetros foram introduzidos além da proporção ligantes/agregados.

Um campo que merece atenção concentrada na pesquisa é o efeito dos materiais cimentícios suplementares nas propriedades de argamassas e concretos, principalmente quanto à durabilidade. As argilas calcinadas estão sendo muito estudadas, com resultados sendo apresentados anualmente na *International Conferences on Calcined Clay for Sustainable Concrete*. Este ano, foi realizada a terceira conferência, em Nova Delhi. Ela pode e deve ser acrescentada ao interesse dos nossos pesquisadores.

IBRACON – COMPARATIVAMENTE, QUAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS TÉCNICAS DOS CIMENTOS PORTLAND COMPOSTOS EM RELAÇÃO AOS CIMENTOS PORTLAND SIMPLES?

M. A. C. – Não se pode falar em vantagens e desvantagens em sentido geral, porque cada material tem as suas particularidades e o importante é explorá-las, tendo em conta a vida útil do concreto. As vantagens são aproveitadas e as desvantagens são corrigidas: os materiais que

aumentam o consumo de água, por exemplo, são empregados com aditivo redutor de água.

IBRACON – AS PESQUISAS SOBRE O USO DE ADIÇÕES NOS CIMENTOS EM SUBSTITUIÇÃO AO CLÍNQUER APONTAM A VIABILIDADE TÉCNICA DE CIMENTOS TERNÁRIOS E QUATERNÁRIOS?

M. A. C. – De fato, esses estudos estão sendo feitos no sentido de aproveitar as propriedades de cada um e conseguir uma interação sinérgica.

IBRACON – QUAIS ADIÇÕES TÊM MAIORES CHANCES DE SEREM USADAS NOS CIMENTOS DO FUTURO NO CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO? EM QUAIS PROPORÇÕES? POR QUÊ?

M. A. C. – Não se pode prever quais as adições que terão melhores chances porque um parâmetro importante é a disponibilidade e ela pode se alterar no tempo. Talvez, possamos apontar o filler calcário e as argilas calcinadas, ao lado da escória de alto forno. Não se sabe por quanto tempo a queima de carvão permanecerá, fornecendo a cinza volante. Já se fala em recuperar a cinza de grelha, que tem sido descartada. Quanto à proporção, depende com quais materiais o cimento composto é formulado, mas a meta é atingir 50% de substituição do clínquer, de modo a atender a redução proposta na emissão de CO₂. Cada material tem o seu efeito na hidratação do clínquer/cimento, estudado pela calorimetria isotérmica e pelas propriedades reológicas no estado





Reômetro MARS 60 – Os ensaios combinados de reometria e calorimetria permitiram avançar na análise do comportamento de pastas, nas primeiras horas de hidratação dos cimentos, período em que atuam os materiais cimentícios suplementares e os aditivos

fresco. Esses resultados permitem otimizar a proporção. A distribuição granulométrica também precisa ser otimizada. O que resulta como propriedades no estado endurecido é consequência.

IBRACON – QUAL É O PANORAMA APRESENTADO PARA O USO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS, INDUSTRIAIS, URBANOS E DE CONSTRUÇÃO NA PRODUÇÃO DE CIMENTOS E MATERIAIS CIMENTÍCIOS? QUAIS LIMITES TEÓRICOS E PRÁTICOS DE SUBSTITUIÇÃO TÊM SIDO APONTADOS PELOS ESTUDOS? POR QUÊ?

M. A. C. – O problema dos resíduos agrícolas é a sazonalidade e o teor de potássio assimilado do adubo. Não se pode falar de modo generalizado sobre o teor limite porque cada caso é um caso. São muitas as variáveis a serem levadas em conta. Estamos preparando uma publicação a respeito dos critérios que norteiam a seleção de materiais suplementares. Embora não sejam incluídos os resíduos agrícolas, os critérios são os mesmos. A cinza de bagaço de cana tem um consumo muito baixo de cal e nem pode ser considerada como pozolana. Por isso, tem sido empregada como agregado miúdo. Há muito interesse na transformação do bagaço em celulose para aproveitamento como biocombustível. A FAPESP publicou, em 2016, uma nota sobre um projeto com o Reino Unido para desenvolvimento de microrganismos com essa finalidade. É, provavelmente, a linha de reciclagem que vai predominar. A reciclagem do RCD – resíduo de construção e demolição é uma realidade, mas na fração agregado. Há uma linha iniciada por nosso colega, Prof. Sergio Ângulo, que é a reciclagem de materiais cimentícios

por desidratação e re-hidratação da fração anidra.

IBRACON – QUAIS AS PERSPECTIVAS DE SUBSTITUIÇÃO DOS CIMENTOS PORTLAND POR NOVOS LIGANTES QUE VÊM SENDO ESTUDADOS E DESENVOLVIDOS? QUAIS AS PRINCIPAIS LACUNAS DE CONHECIMENTO E APLICAÇÃO QUE ESSES ESTUDOS TÊM APRESENTADO?

M. A. C. – Os novos ligantes, quaisquer que eles sejam, jamais substituirão o clínquer Portland. Todos têm aplicação restrita e particular, e a produção ainda está em nível piloto. A última revisão sobre o tema, apresentada no *International Congress on the Chemistry of Cements*, em outubro deste ano, aponta a durabilidade como a grande lacuna nos dados publicados.

IBRACON – QUAL FOI A IMPORTÂNCIA DO IPT, E SUA EM PARTICULAR, NO DESENVOLVIMENTO DAS ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS NO BRASIL, PARTICULARMENTE NO CASO DAS ARGAMASSAS COLANTES PARA REVESTIMENTOS CERÂMICOS?

M. A. C. – No campo das argamassas, não houve nenhum estudo conjunto com a indústria no tempo do IPT. Somente orientação ao meio externo quanto à solução de manifestações patológicas. Quanto às argamassas colantes, na realidade, não tive participação tão importante. Orientei a respeito apenas uma dissertação que resultou na revisão da Norma em 2006, e um doutorado. Até o VI SBTA (2005), havia trabalhos apresentados,

“

CADA MATERIAL TEM O SEU EFEITO NA HIDRATAÇÃO DO CLÍNQUER/CIMENTO, ESTUDADO PELA CALORIMETRIA ISOTÉRMICA E PELAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS NO ESTADO FRESCO. ESSES RESULTADOS PERMITEM OTIMIZAR A PROPORÇÃO

”

“...AS ARGAMASSAS APRESENTAM DIFERENTES MOMENTOS REOLÓGICOS, QUE DEVEM SER CONSIDERADOS DESDE A ETAPA DE MISTURA ATÉ A SUA APLICAÇÃO”

mas o interesse pela pesquisa desse material diminuiu. Há no momento o controle da conformidade com as especificações nacionais pelo SINAPROCIM – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento e o SINPROCIM – Sindicato da Indústria de Produtos de Cimento do Estado de São Paulo.

Sobre o desenvolvimento das argamassas em geral, é importante ressaltar as atividades do CONSITRA, que acelerou bastante o desenvolvimento das pesquisas nesse setor e a transferência de conhecimento para a indústria e mesmo para a Academia.

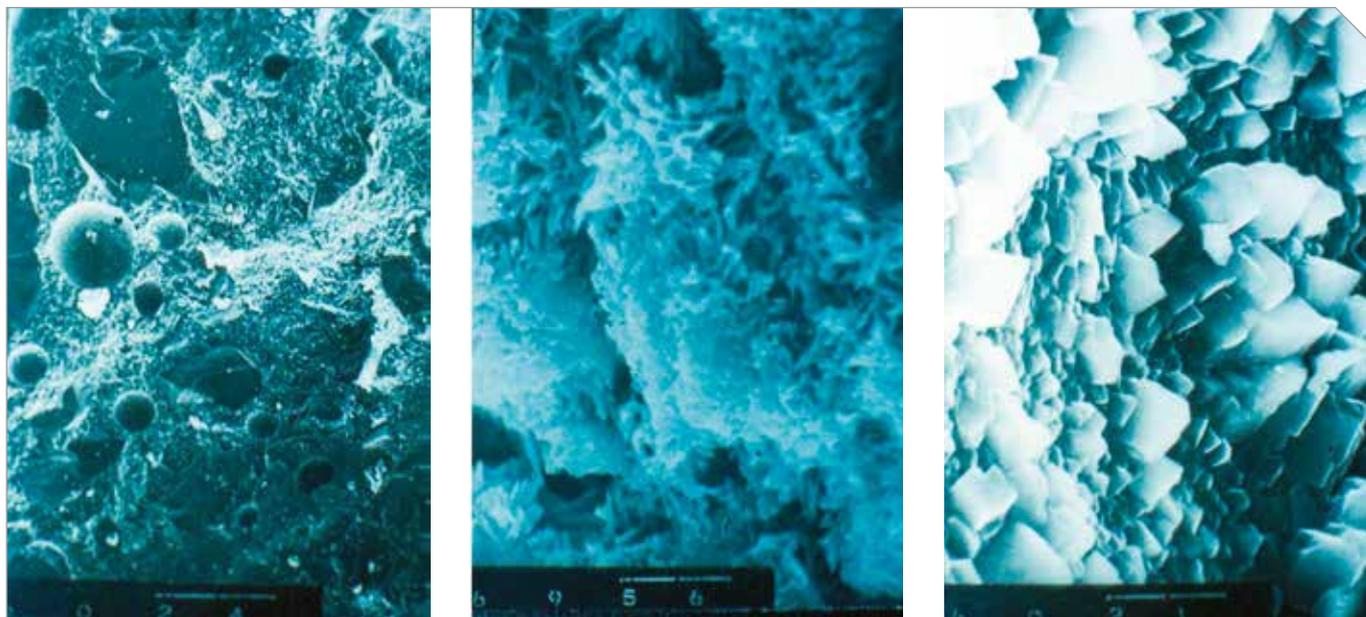
IBRACON – NA SUA AVALIAÇÃO, QUAIS ENSAIOS SE PRESTAM PARA MELHOR CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO

ESTADO FRESCO (REOMETRIA / VISCOSIDADE / CISLHAMENTO)? QUAIS OS PRINCIPAIS CUIDADOS NA EXECUÇÃO DESSES ENSAIOS?

M. A. C. – O que se deve salientar nesta área é que as argamassas apresentam diferentes momentos reológicos, que devem ser considerados desde a etapa de mistura até a sua aplicação. As principais ferramentas para a avaliação dos momentos reológicos são a reometria rotacional e o método *squeeze flow*. A partir dos resultados obtidos por essas duas técnicas, é possível compreender as características dos produtos durante a mistura (que pode ser realizada de forma manual ou mecânica, usando distintos equipamentos); durante o transporte até o local da aplicação (que pode ser realizado

por bombeamento, carrinhas, etc.); e durante a execução do revestimento; ou ainda as características reológicas adequadas para uma aplicação por projeção mecânica.

No entanto, antes da realização desses ensaios, é preciso saber que tipo de informação se busca sobre a qualidade da argamassa nos distintos momentos reológicos, para planejar o procedimento utilizado e obtenção dos parâmetros de maior importância em cada estágio, de forma correta. É claro que não se pode esquecer da avaliação do teor de ar incorporado, visto que influencia as características das argamassas no estado fresco e as propriedades no estado endurecido, em função da geração de poros na microestrutura do produto aplicado.



Micrografias obtidas ao microscópio eletrônico de varredura ilustrando a estrutura porosa do concreto, a estrutura do silicato de cálcio hidratado porosa por lixiviação da portlandita, e intensa formação de calcita no interior de um poro da região carbonatada

IBRACON – QUANTO AOS ADITIVOS PARA CONCRETOS E ARGAMASSAS, QUAL O ESTADO DA ARTE ATUAL? O QUE EXISTE DE MAIS MODERNO? QUAIS AS TENDÊNCIAS? NAS ARGAMASSAS, OS ADITIVOS PLASTIFICANTES PODEM SUBSTITUIR COM VANTAGENS O EMPREGO DE CAL HIDRATADA?

M. A. C. – O que há de mais moderno são aditivos que realmente controlam a cinética da hidratação, sobretudo pensando em impressão 3D. Também os estabilizadores de hidratação, como aditivos para acelerar o ganho de resistência em minutos.

Com relação aos aditivos utilizados nos concretos, os superplastificantes são os de maior destaque, visto que a produção de concretos com menor quantidade de água, sem afetar as propriedades reológicas, é uma etapa essencial para o desenvolvimento de composições com menor quantidade do ligante. Outros aditivos de bastante relevância são os que auxiliam no bombeamento dos concretos, visto que a mecanização da aplicação tem ganhado força e já é uma tendência.

Com relação às argamassas de revestimento, continua sendo comum a utilização de aditivos incorporadores de ar e modificadores de viscosidade, pois possibilitam a obtenção de produtos com características reológicas mais agradáveis para a aplicação; na maioria dos casos melhores do que às obtidas com a utilização da cal. Por esse motivo, a cal tem perdido bastante espaço e é raramente utilizada nas composições de argamassas industrializadas. No entanto, não se pode dizer que tais aditivos podem substituir com vantagem a cal nas argamassas. Isso depende do momento que se avalia: no caso do estado fresco, sim, mas,

no caso do estado endurecido, não, pois a carbonatação promovida pela cal pode melhorar a qualidade do revestimento em longas idades.

IBRACON – PARTICULARMENTE NA REGIÃO SUDESTE AS JAZIDAS DE AREIA NATURAL VÊM SE ESCASSEANDO DE FORMA IMPORTANTE, DANDO MARGEM AO EMPREGO CADA VEZ MAIOR DE AREIAS ARTIFICIAIS NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETOS E, PRINCIPALMENTE, DE ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS. COMO ISSO INTERFERE NO DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DESSES MATERIAIS? O QUE FAZER PARA OTIMIZAR CUSTO E DESEMPENHO?

M. A. C. – Essa substituição é viável econômica e tecnicamente, desde que a estratégia de formulação dos produtos seja adequada. Não se pode continuar trabalhando com o conceito de traço, pois a simples substituição de uma areia natural por uma britada não é necessariamente equivalente. Por isso, nas argamassas industrializadas, essa mudança tem sido cada vez mais frequente e a qualidade do produto é muito boa.

IBRACON – O EMPREGO DE CONCRETOS AUTOADENSÁVEIS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO TEM REPERCUTIDO EM DOSAGENS COM CONSUMOS DE CIMENTO RELATIVAMENTE ELEVADOS. COMO OTIMIZAR ESTA RELAÇÃO, OU SEJA, PRODUZIR CONCRETOS CADA VEZ MAIS FLÚIDOS COM CONSUMOS DE CIMENTO CADA VEZ MENORES?

M. A. C. – É um simples caso de projeto de granulometria com dispersão. Não há obrigatoriedade em manter o consumo de cimento elevado, inclusive podem ser utilizadas adições, como fileres. Essa é uma das principais linhas

de pesquisa em nosso Laboratório. O desenvolvimento passa por uma completa caracterização das matérias-primas e o adequado proporcionamento entre elas, baseado nos conceitos de empacotamento de partículas. Além disso, trabalhamos com aditivação adequada para a diminuição da quantidade de água de amassamento e, conseqüentemente, conseguimos concretos de alto desempenho com baixo consumo de cimento e água.

IBRACON – NA SUA AVALIAÇÃO SÃO MAIS PROMISSORAS AS PESQUISAS VOLTADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS À BASE DE CIMENTO OU AQUELAS VOLTADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS CIMENTOS OU DE CIMENTOS COM MAIORES TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO DE CLÍNQUER?

M. A. C. – Esses temas dizem respeito a desenvolvimento e são todos de interesse, mas a necessidade urgente é o estudo de novos cimentos ou de substituição do clínquer por elevado teor de material cimentício suplementar quanto à durabilidade.

IBRACON – O QUE VOCÊ GOSTA DE FAZER EM SEU TEMPO LIVRE? QUAIS SEUS HOBBIES?

M. A. C. – Divido meu tempo com leituras, cinema e música clássica. O cinema é motivo de lazer, mas não frequento salas de cinema. Vejo filmes pela TV, em razão da diversidade disponível – de diferentes países, com temas particulares abordados, mostrando diferentes culturas e cenários.

Agradecimento: Maria Alba agradece aos colegas citados pelas fotos que ilustram esta entrevista. 

Congresso oferece informações, conhecimentos e exemplos para atuação qualificada de engenheiros civis

FÁBIO LUÍS PEDROSO

O colapso do edifício Andrea, a cerca de três quilômetros da Praia de Iracema, em Fortaleza, no dia 15 de outubro, revelou mais uma vez a importância de um programa periódico de inspeção e manutenção de obras. Esses foi um dos temas discutidos no 61º Congresso Brasileiro do Concreto, maior evento técnico-científico nacional sobre o concreto e seus sistemas construtivos e reabilitati-

tikian, e contou com patrocínio da Votorantim Cimentos. O diretor de cursos do IBRACON e professor da Universidade Federal de Goiás, Enio Pazini Figueiredo, trouxe informações que conseguiu levantar de última hora sobre o edifício Andrea. Segundo ele, o edifício, com mais de 30 anos de idade, apresentava problemas de corrosão generalizada nas armaduras em, pelo menos, 135 pontos apontados num relatório de vistoria preliminar produzida por empresa especializada. No momento do colapso do edifício, ele passava por intervenção de reabilitação, feita por empresa que apresentou o orçamento de serviços mais baixo. “Será que a assembleia de moradores que optou pelo custo mais baixo de reabilitação escolheu a melhor proposta de intervenção?”, indagou Pazini ao público presente.

A patologia das construções, especialidade da Engenharia Civil que estuda os tipos de manifestações patológicas que afetam as construções e desenvolve modelos para seu correto diagnóstico e prognóstico, recomenda que a inspeção visual das estruturas de concreto deve embasar o orçamento para o diagnóstico e que, somente a partir deste, com base não apenas em inspeção visual, mas sobretudo em ensaios destrutivos e não destrutivos, é que deve ser feito o orçamento para a intervenção de reabilitação das estruturas. “A análise visual dos pilares não habilita saber qual é o tipo de reparação, recuperação e reforço a ser feito nos pilares nem se a edificação precisará ser escorada durante sua reabilitação. É, em razão disso, que as técnicas de diagnóstico aproximam o orçado do executado”, explicou Pazini em relação à prática recomendada de que o orçamento de reabilitação deve contemplar todos os serviços necessários para assegurar a estabilidade, a segurança, a funcionalidade e a durabilidade da obra durante e depois da intervenção para sua reabilitação.



Presidente do IBRACON, Julio Timerman, discursa na abertura do SICBC2019, para congressistas e autoridades presentes

vos, que mobilizou, entre os dias 15 e 18 de outubro, mais de 1500 pessoas, no Centro de Eventos do Ceará.

O assunto dos acidentes em obras foi abordado no Seminário de Temas Controversos, que contou com a participação de cinco debatedores, foi coordenado pelo diretor 2º vice-presidente do IBRACON e professor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Bernardo Fonseca Tu-



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

Para o Prof. Enio Pazini, o engenheiro tem sido incompetente para explicar para a sociedade que sua área possui especialidades, como a patologia das construções, e que, portanto, não se deve consultar um engenheiro sem formação e experiência relativas a problema especializado, como o das manifestações patológicas em obras. Ele comparou o caso a situação de um paciente que procura o clínico geral para fazer uma cirurgia.

Em consequência disso, a sociedade tem cuidado mal de suas obras. No Brasil e no mundo, os acidentes em obras têm acontecido porque as pessoas que as usam e que são responsáveis por sua conservação não entendem os problemas de durabilidade pelos quais elas passam e o que deve ser feito para corrigi-los e assegurar o prolongamento de sua vida útil.

O professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Arthur Medeiros, ilustrou este fato com a apresentação de um caso de um prédio comercial de Curitiba, com vibrações excessivas. Construído na década de 1970, com 12 andares e elementos esbeltos de concreto armado, o edifício apresentou pontos de corrosão nos pilares da garagem, nas cisternas e nas fachadas. No entanto, a inspeção visual e os ensaios não destrutivos realizados para diagnóstico, bem como a verificação estrutural e a análise dinâmica, não apontaram que a vibração excessiva era decorrente desses pontos de corrosão. A despeito disso, a empresa que fez o diagnóstico recomendou a recuperação dos pilares, das cisternas e das fachadas, com vistas a garantir maior vida útil da edificação. No entanto, dois anos após o diagnóstico, que atribuiu a vibração excessiva ao mal estado de conservação da pista de rolamento da faixa de ônibus próxima ao prédio, ele continua com os pontos de corrosão não tratados devidamente.

As edificações habitacionais devem ser projetadas para ter uma vida útil mínima de 50 anos. Este é o período estimado de tempo para o qual um sistema estrutural é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos na ABNT NBR 15575. Considerando a classe de agressividade ambiental estipulada pela ABNT NBR 6118,



Prof. Enio Pazini em momento de sua palestra no Seminário de Temas Controversos. Ao fundo, Prof. Arthur Medeiros

como fraca e moderada (regiões mais ou menos suscetíveis ao ataque por fuligem, dióxido de enxofre ou dióxido de carbono, como as zonas rural e urbana, respectivamente) e forte e muito forte (regiões mais ou menos suscetíveis aos agentes anteriormente citados e também ao ataque por cloretos, como marítimas e costeiras, respectivamente), o concreto das estruturas são dosados com diferentes relações de água/cimento (em massa), diferentes classes de resistência à compressão e diferentes consumos de cimentos por metro cúbico de concreto, segundo a ABNT NBR 12655. Essas correlações entre as classes de agressividade ambiental e as diferentes dosagens do concreto objetivam garantir que a estrutura de concreto atenda à vida útil estimada de projeto de 50 anos.

No entanto, durante sua vida útil as estruturas de concreto armado podem estar sujeitas, por um lado, a fatores físicos, como desgaste superficial e fissuração decorrente de variações de volume, temperatura e umidade, e, por outro, a fatores químicos, como carbonatação, ataques por cloretos e sulfatos, e reações expansivas no concreto, que causam manifestações patológicas e podem diminuir a vida útil da estrutura, caso elas não sejam tratadas preventiva



Prof. Antonio Eduardo Cabral palestra no Seminário de Temas Controversos, observado pelo mediador Prof. Bernardo Tutikian

ou corretivamente. Daí a importância da inspeção periódica das estruturas e de sua reabilitação conforme as situações apontadas nos diagnósticos de inspeção.

A ABNT NBR 6118 não traz parâmetros quantitativos para a delimitação das classes de agressividade ambiental, deixando a critério do projetista essa classificação com base em parâmetros qualitativos. Tal prescrição normativa aberta a interpretações levou o auditório presente no Seminário de Temas Controversos a debater qual seria a classe de agressividade ambiental onde se situa o edifício Andrea, no momento da palestra do Prof. Enio Pazini. Alguns estipularam que seria classe II (região mais suscetível ao ataque por dióxido de carbono); outros, que seria classe III (região mais suscetível ao ataque por cloretos).

Para tentar reduzir a incerteza dessa classificação normativa, o professor da Universidade Federal do Ceará,

Antonio Eduardo Cabral, apresentou no Seminário uma metodologia de pesquisa para elaboração de mapas de agressividade ambiental das cidades brasileiras com base no teor medido de cloretos. Sua pesquisa estipulou uma malha homogênea de pontos de medidas de concentração de cloretos numa área de 101 km² da cidade de Fortaleza, um total de 48 pontos de medida com distâncias variando de 50 metros a 8000 metros da costa marítima.

Com base nas medidas dos valores máximos de teores de cloretos no ar e na correlação entre as classes de concentração de cloretos na atmosfera da norma ABNT NBR 14643 e a classe de agressividade ambiental da ABNT NBR 6118, o pesquisador obteve um mapeamento da zona costeira de Fortaleza para três classes de agressividade ambiental por cloretos (moderada, forte e muito forte). Neste mapeamento a praia de Iracema foi classificada como classe II (moderada) e a praia do Futuro apresentou regiões nas classes II, III e IV.

Baseado no cálculo da concentração de cloretos na superfície do concreto e na estimativa dos coeficientes de difusão de cloretos nos concretos mais comumente produzidos pelas concreteiras de Fortaleza (com cimentos CP IV e CP IIF), o pesquisador obteve perfis da profundidade de penetração de cloretos em função do tempo para distâncias que variaram de 50 metros e 8000 metros. Tomando o teor de 0,4% de cloretos atingido em 50 anos como limite da classe de agressividade ambiental III da NBR 6118, ele pode traçar as distâncias em relação ao mar para esta classe de agressividade. Neste segundo mapeamento da região costeira de Fortaleza, a Praia de Iracema a até 36 metros do mar situa-se na classe III, enquanto a Praia do Futuro estende-se nesta classe a até 1045 metros do mar.

Numa terceira proposta metodológica para mapeamento

das classes de agressividade ambiental com base nos teores de cloreto, o Prof. Eduardo Cabral considerou os valores mais elevados dos teores de cloretos em cada ponto de medição e os valores medidos dos coeficientes de difusão em concretos produzidos por concreteiras de Fortaleza (Tabela 1/slide 30). Com esta metodologia, o mapeamento da agressividade ambiental da região estudada ficou restrito às classes III e IV.

Com base nesses estudos, o Prof. Cabral concluiu que os parâmetros de

► Tabela 1 – Traços do concreto produzidos por duas concreteiras de Fortaleza e pelo Laboratório da Universidade Federal do Ceará

Características	Classe C30		
	CP II-F32	CP IV-32-RS	CP V-ARI
	Concreteira A	Laboratório/UFC	Concreteira B
Traço em massa (cimento : areia : brita)	1 : 2,27 : 3,12	1 : 2,32 : 2,75	1 : 2,39 : 2,91
Relação água/cimento	0,54	0,54	0,54
Teor de argamassa	51%	54%	55%
Consumo de cimento (Kg/m ³)	341	332	345



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

durabilidade contidos na ABNT NBR 6118 são insuficientes para se atender a vida útil mínima das estruturas de concreto especificada pela ABNT NBR 15575.

O Seminário de Temas Controversos contou ainda com explicação das causas dos destacamentos cerâmicos no sistema de paredes de concreto, que vem há algum tempo ocorrendo em diversas edificações no Nordeste. Segundo o professor da Universidade Federal da Bahia, Daniel Vêras Ribeiro, “o boom da construção ocorrido anos atrás fez alguns fabricantes de revestimentos calcinarem inadequadamente o material argiloso, que, assim, expande-se em contato com a umidade, levando ao destacamento”. Ele destacou ainda a necessidade de realizar o assentamento por meio do procedimento de dupla colagem.

O Seminário foi encerrado com palestra do professor da Unisinos e secretário do Subcomitê Técnico do IBRACON sobre Projeto de Estruturas de Concreto sob Incêndio, Fabrício Bolina, sobre os cinco métodos de verificação da estrutura de concreto ao incêndio, prescritos pela ABNT NBR 15200.

DURABILIDADE DO CONCRETO

Não é apenas a situação de durabilidade das edificações que preocupa a comunidade técnica de engenheiros civis brasileiros e estrangeiros. Esta preocupação estende-se também para obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e barragens. A maioria dessas obras de infraestrutura foram construídas em meados da década de 1970, no Brasil, aproximando-se, sem a devida inspeção, monitoramento e manutenção, da fase crítica de sua vida útil.

Acidentes com barragens no Brasil e as modernas técnicas de inspeção e monitoramento para evitá-los foram os tópicos discutidos pelo consultor da Deseq, Eng. Selmo Kuperman, no Seminário de Excelência na Construção, coordenado por Rafael Timerman. A ele, seguiu-se a palestra do consultor da Riocon, Eng. Carlos Henrique Siqueira, que apresentou o programa de inspeção periódica e manutenção preventiva da Ponte Rio-Niterói, no âmbito do qual foram executados reforços na ponte com protensão externa e manutenção de suas juntas de dilatação, reforço e reabilitação

que possibilitaram que a ponte permaneça em serviço após 45 anos. Por sua vez, o engenheiro da Concrejato, Ronaldo Ritti, trouxe, entre outros casos de restauração de obras do patrimônio histórico, a recuperação da Ponte Pênsil de São Vicente, em São Paulo, inaugurada em 1914 e mantida atualmente em funcionamento. Houve ainda a discussão de técnicas de estanqueidade em obras de subsolo, pelo diretor técnico da Mendes Lima Engenharia, Francisco Carlos Mendes Lima, e a exposição de visões urbanísticas para Fortaleza, pelo presidente da Fausto Nilo Engenharia, Fausto Nilo.

O tema da durabilidade de obras de infraestrutura foi extensivamente apresentado e debatido nos trabalhos técnico-científicos apresentados no V Simpósio de Infraestrutura Metroviária, Ferroviária, Rodoviária e Hidroviária, coordenado pelos professores da Universidade de São Paulo (USP), Túlio Bittencourt, Thomaz Eduardo Teixeira Buttignol e Juliana Ferreira Fernandes, bem como em palestras ocorridas nos outros eventos paralelos, como o Seminário de Estanqueidade das Estruturas de Concreto, mediado pelo coordenador do CT 501 Comitê IBRACON/IBI Estanqueidade de Estruturas de Concreto, José Miguel Morgado.



Prof. José Matos em sua palestra nas Conferências Plenárias do 61° CBC 2019

O professor da Universidade do Minho, em Portugal, José Matos, trouxe um pouco da experiência europeia na conservação do patrimônio construído. Segundo ele, caem de uma a duas pontes por ano na Europa, em razão da falta de inspeção, monitoramento e manutenção. As causas dos acidentes podem ser classificadas em desastres naturais (18,7% do total), desastres causados pelo homem (17,4%), erros de projeto e construção (31,8%) e erros de operação (32,15%). Estima-se que em torno de 0,5% do PIB da União Europeia tenha que ser investido anualmente para a devida manutenção de sua infraestrutura.

Devido aos custos expressivos para a conservação da infraestrutura na Europa e aos recursos financeiros limitados dos países europeus, a Cooperação Europeia para a Ciência e Tecnologia (COST) promoveu nos últimos anos um programa de pesquisa com o objetivo de instaurar, pela primeira vez, um padrão normativo de excelência técnica, financeira e ambiental para o controle de qualidade de pontes rodoviárias em âmbito europeu. Este programa de pesquisa (TU1406), financiado pela União Europeia, foi coordenado pelo Prof. José Matos, e exposto por ele em dois momentos distintos: numa palestra magna no 61º CBC 2019 e num curso de qualificação profissional, que buscou ensinar os alunos a aplicarem as diretrizes do guia normativo COST ACTION TU1406 para o controle de qualidade de pontes, ministrado conjuntamente com o Prof. Túlio Bittencourt.

Sua palestra apresentou os princípios e as diretrizes normativas da COST ACTION TU1406 para o controle de qualidade de pontes rodoviárias. O programa consis-

te do levantamento de dados de inspeções visuais, sistemas de monitoramento e ensaios não destrutivos, para a composição de banco de dados sobre a situação em que se encontram as pontes rodoviárias na Europa e para alimentação de modelo de previsão baseado em índices de desempenho dessas obras de arte especiais. Esses índices reais de desempenho de cada ponte inspecionada são comparados com os objetivos de desempenho estabelecidos no próprio guia normativo, ou são usados para uma classificação das pontes vistoriadas quanto aos seus graus de desempenho, de modo a avaliar um plano geral de controle de qualidade das pontes rodoviárias a nível local, regional, nacional e transnacional.

O Prof. José Matos expôs num estudo de caso como as inspeções visuais devem ser feitas, como são estabelecidas as relações entre as zonas vulneráveis nas estruturas inspecionadas com os defeitos observados, como os índices de desempenho são calculados, como os cenários de manutenção são construídos, monetizados e comparados, e de que forma o planejamento de gestão da ponte no âmbito do Guia COST ACTION TU 1406 é otimizado por estar baseado em informações confiáveis.

Os indicadores principais de desempenho são divididos em dois grupos no Guia. A probabilidade de falha estrutural ou operacional e a probabilidade relativa à segurança dos usuários durante o tempo de serviço da ponte são indicadores que possibilitam o controle de qualidade estático, consistindo em indicadores de confiabilidade e segurança das pontes vistoriadas. Já, a disponibilidade (tempo previsto para que a ponte continue em operação), a eficiência econômica de sua gestão (custos mínimos de investimentos previstos no longo prazo para a manutenção da ponte) e a eficiência sustentável (previsão dos impactos ambientais durante o uso da ponte) são indicadores de controle de qualidade dinâmico, porque permitem traçar cenários exequíveis de manutenção, de modo a otimizar sua disponibilidade, custo de gestão e impactos de uso.

Por sua vez, o pesquisador do Centro de Pesquisas e Estudos Avançados do Instituto Politécnico Nacional do México, Pedro Castro Borges, trouxe a experiência de seu país na elaboração de uma norma geral de durabilidade de estruturas de concreto armado, publicada em fevereiro deste ano. Para Castro, a referência à durabilidade nos códigos normativos e nas instituições técnicas do setor construtivo é cada vez mais frequente em todo mundo. Porém, segundo ele, existe uma situação comum de má-interpretação e de



Prof. Pedro Castro em momento de sua palestra



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

desarticulação coletiva nos usos dessas normas de durabilidade, especialmente entre os usuários mais jovens dessas normas. Em razão disso, associações técnicas e empresas mexicanas do setor construtivo formaram um grupo com seus representantes para propor um anteprojeto de norma geral de durabilidade de estruturas de concreto armado, que servisse como guia nacional para articular o uso correto das normas específicas de durabilidade. Com ela, tornou-se possível não apenas usar normas específicas para fazer inspeções e diagnósticos de obras de concreto, mas também projetar estruturas e dosar concretos com vistas a atingir a vida útil desejada.

A norma mexicana NMX-C-530 traz regras, procedimentos, critérios e recomendações para projetar, executar, inspecionar, diagnosticar, reparar, reabilitar ou reforçar estruturas de concreto com parâmetros de durabilidade, que levam em conta a agressividade ambiental mexicana e de países com condições ambientais similares. Dessa forma, ela se aplica a todo componente ou estrutura de concreto armado, desde sua concepção, passando por seu período em serviço, até seu colapso parcial ou total, causado ou não por agentes agressivos.

A norma geral de durabilidade mexicana estipula sete etapas relacionadas à vida útil de uma estrutura de concreto armado. A primeira etapa diz respeito ao planejamento da vida útil de serviço no projeto da estrutura. Nela estão os critérios e as especificações para cumprir com a vida útil mínima estipulada para a estrutura. Nesta etapa, deve-se ter o cuidado de estipular corretamente o ambiente de exposição da estrutura e os requisitos necessários de dosagem do concreto e de execução da estrutura.

A segunda etapa é a da construção. Ela traz as especificações técnicas para o controle de qualidade do concreto e da execução da estrutura, como a medida da resistência característica à compressão do concreto, a cura do concreto, o cobrimento adequado das armaduras de aço, entre outros tópicos.

A terceira etapa diz respeito ao início da vida de serviço da estrutura, quando ela inicia sua exposição aos



Auditório lotado assiste à palestra do Prof. Paulo Monteiro

agentes agressivos e, por isso, requer cuidados de verificação do cumprimento dos itens de durabilidade prescritos anteriormente. Caso esses itens não tenham sido integralmente atendidos, a norma faz recomendações de medidas de proteção a serem adotadas para prolongar a vida útil da estrutura.

A quarta etapa começa com o ingresso dos agentes agressivos na estrutura, marcando, assim, seu início de degradação. Para esta etapa, a norma traz diversas recomendações para a manutenção preventiva da estrutura.

A quinta etapa diz respeito a vida de serviço residual da estrutura. É a etapa de fim da vida útil, quando os agentes agressivos chegaram ao aço, atacando-o, de modo a comprometer a segurança estrutural da obra. Nesta etapa, requer-se ações imediatas de manutenção corretiva, que são prescritas pela norma.

A sexta etapa é a da vida residual, quando a obra não pode mais ser recuperada, servindo apenas de monumento. E a última etapa é o fim da vida residual, quando a obra é demolida.

Questionado sobre a extensão em que a norma geral de durabilidade é aplicada no México, o Prof. Pedro Castro respondeu que o grupo de trabalho encontrou muita



Auditório lotado no Espaço do Conhecimento para assistir a palestras de patrocinadores do 61º CBC 2019

resistência por parte de empresas do setor, razão pela qual demorou para apresentar sua proposta de anteprojeto. Ele complementou explicando que as normas no seu país são de dois tipos: logo após propostas e por cinco anos, seu uso é opcional; após esse período, caso seu uso se generalize, elas tornam-se obrigatórias.

Por fim, a palestra do professor da Universidade da Califórnia, em Berkeley, nos Estados Unidos, Paulo Monteiro, no 61º CBC 2019, possibilitou ao público presente vislumbrar ganhos de durabilidade nas estruturas de concreto no futuro próximo. Ele discorreu sobre a evolução das técnicas de tomografia por raios X aplicadas ao concreto para estudar ataques por sulfatos, reação álcali-agregado, mapeamento da expansão de fissuras de peças de concreto submetidas à compressão e à tração, hidratação do cimento em tempo real, topologia das partículas de C-S-H na resolução de 10 nanômetros, corrosão de armaduras no interior do concreto e o concreto submetido ao fogo.

Alguns desses estudos trouxeram revelações importantes quanto à durabilidade do concreto. No estado norte-americano de Connecticut, as fundações de centenas de casas de aproximadamente 20 cidades, construídas na década de 1980, começaram a apresentar fendas com a abertura do tamanho da largura de uma mão, colocando essas moradias na iminência de colapso. A caracterização dos testemunhos dessas fundações por tomografia de raios X possibilitou descobrir que o culpado por essas manifestações patológicas era um agregado com mineral reativo usado no concreto usinado dessas construções. A técnica permitiu entender que o concreto feito com esse agregado

reativo experimentava longos períodos de dormência logo após um curto período de fissuração, em razão da colmatação dessa fissuração pelo cimento mais grosso usado.

A técnica de varredura aplicada em testemunho de concreto romano de três polegadas, extraído do Porto de Santa Liberata, com mais de 2000 anos de construção, possibilitou visualizar em imagens tridimensionais a distribuição espacial dos agregados e dos poros na estrutura de concreto, o que pode explicar sua alta durabilidade. Já, o uso da microtomografia para estudar corpos de provas submetidos à compressão e à tração, para fazer o mapeamento de fissuras, pode possibilitar determinar como essas fissuras se formam. Essa técnica requer o processamento de milhares de imagens, que precisam ser correlacionadas para gerar o mapeamento de alta resolução. Isto é feito com inteligência artificial, por meio de aprendizado de máquina supervisionado ou não. “Treinamos o computador para fazer repetitivamente as correlações das imagens, tarefa além da capacidade do cérebro humano”, explicou Monteiro.

O Prof. Paulo Monteiro fez um desafio aos pesquisadores brasileiros no final de sua palestra. Segundo ele, o Brasil será pioneiro na resolução de luz síncrotron por dois a três anos, com a inauguração do Projeto Sirius, em Campinas. Por isso, ele propôs um projeto de pesquisa para ser realizado no Sirius, no âmbito do qual poderá ser feita a caracterização tridimensional da composição e da estrutura de materiais nanoestruturados, com absorção, emissão e difração espectroscópica.

FORMAÇÃO E QUALIFICAÇÃO VS ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES DE ENGENHEIROS CIVIS

O 61º CBC 2019 discutiu também outros temas importantes para uma atuação profissional atualizada, competente, ética, responsável e qualificada dos engenheiros civis. O Seminário Brasileiro de Edifícios Altos, coordenado pelo diretor da PhD Engenharia, Douglas Couto, contou com a participação de engenheiros que atuam em projetos de estruturas de concreto em Nova York, Dubai e outros centros urbanos. Abordou a concepção e a análise estrutural de edifícios altos, a avaliação técnica de projetos, a concepção e a análise de fundações, as propriedades do concreto estrutural, o efeito do vento e do sismo nessas edificações, entre outros temas. O Seminário teve o patrocínio da Basf, Mendes Lima e Votorantim Cimentos.

O Seminário de Inovações Tecnológicas apresentou os desafios técnicos de aplicação no Brasil dos concretos especiais, como o concreto reforçado com fibras, o concreto de ultra-alto desempenho, o concreto de alto módulo de elasticidade, o concreto autocicatrizante, entre outros.



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

Coordenado pelo Prof. Bernardo Tutikian, teve o patrocínio da GCP, Viapol e Votorantim Cimentos.

Painéis Temáticos trouxeram o estado da arte e o desenvolvimento tecnológico no estado do Ceará, apresentando projetos e tecnologias construtivas relacionadas ao concreto pré-moldado, concreto protendido, concreto autoadensável e concreto armado para o segmento de energia eólica. As palestras aconteceram no Espaço do Conhecimento, na Feira Brasileira da Construção em Concreto, espaço de exposição de patrocinadores e expositores do 61° CBC 2019. A iniciativa dos Painéis Temáticos foi promovida pela Regional do IBRACON no Ceará, capitaneada pela Enga. Denise Jucá Teixeira Silveira.

Nesse mesmo Espaço do Conhecimento, ocorreu o Seminário de Novas Tecnologias, coordenado pelo diretor 1° vice-presidente do IBRACON, Luiz Prado Vieira Júnior, que trouxe cases e pesquisas dos patrocinadores da XV Feibracon. Na 61ª edição, o Congresso contou com o patrocínio das seguintes empresas/associações: Cimento Apodi, Sistema FIEC/SENAI, Votorantim Cimentos, Confea/Crea, Lafarge/Holcim, Penetron, Capes e Intercement. Esses patrocinadores expuseram seus produtos e serviços na XV Feibracon, juntamente com os expositores ABCP, ABESC, Atex, ArcelorMittal, Corr Solutions, GCP, Grupo Marquise, IBTS, Impacto, IEC, Leud, MC, Oficina de Textos, Proceq, TQS Informática e Webac. No estande do IBRACON na XV Feibracon ocorreram sessões de autógrafos com os autores dos livros “Patologia de Estruturas”, “Elementos de Mecânica da Fratura aplicada à Engenharia Estrutural” e “Manual de Montagem das Estruturas Pré-Fabricadas de Concreto”.

Sessões científicas com apresentação de 996 trabalhos técnico-científicos percorreram sobre os temas “análise estrutural”, “materiais e suas propriedades”, “projeto estrutural”, “gestão e normalização”, “sistemas construtivos” e “sustentabilidade”. Esses trabalhos foram selecionados a partir de 1.265 artigos submetidos, avaliados por uma Comissão Científica, composta por 184 profissionais e coordenada pelo Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento, Prof. Leandro Mouta Trautwein. Dos aprovados, 94 trabalhos foram apresentados em sessões orais e os demais em sessões pôsteres.

A 2ª edição do Concurso “Artigo do Ano” contou com a seguinte distribuição de trabalhos técnico-científicos inscritos: 83 (Norte), 339 (Nordeste), 67 (Centro-Oeste), 170 (Sudeste) e 284 (Sul). Desses, os dois melhores foram escolhidos pelos diretores regionais do IBRACON para cada macrorregião. A Comissão Nacional escolheu, desses dois, aquele que representou a macrorregião no concurso. A apresentação para uma banca de profissionais durante do Congresso dos cinco melhores trabalhos definiu, conforme o Regulamento do concurso, o vencedor, que ficou com o artigo “Análise estática não linear em estruturas regulares brasileiras”, dos autores Isabela Durci Rodrigues, Eduardo Marques Vieira Pereira, Andréia Horta Alvares da Silva, Gustavo Henrique Ferreira Cavalcante, Luiz Carlos Marcos Vieira Júnior e Gustavo Henrique Siqueira, pós-graduandos e professores da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

A formação e a qualificação dos engenheiros civis frente às suas atribuições profissionais, responsabilidades civis e demandas do mercado foram debatidas no III Seminário sobre o Ensino de Engenharia Civil, coordenado pelo diretor de eventos do IBRACON, César Henrique Daher, e pelos engenheiros Luís César Siqueira de Luca e Vinicius Caruso.



Congressistas assistem à apresentação de trabalho exposto em sessão pôster

Na avaliação do professor da Universidade Federal do Paraná, vice-presidente do Comitê Brasileiro de Barragens e ex-presidente do IBRACON, José Marques Filho, a retirada de disciplinas sobre pontes, barragens, inspeção e monitoramento de obras, entre outras, da grade curricular dos cursos nacionais de engenharia civil contribui, ao lado de outros fatores, para os acidentes com obras de infraestrutura construídas recentemente. Ele citou, como exemplos, os rompimentos na Barragem de Camará, na Paraíba, em 2004, dois anos após sua inauguração, na Barragem de Algodões, no Piauí, em 2009, com pouco mais de 10 anos de serviços prestados, entre outras. Isto porque, segundo ele, hoje os cursos de engenharia formam inadequadamente os profissionais para atuarem em obras de infraestrutura e, em contrapartida, esses engenheiros júniores malformados não têm sido tutelados adequadamente por parte de engenheiros sêniores nas empreiteiras, em razão das equipes de engenharia terem sido desmontadas e das modificações do ambiente de negócios.

“Além disso, a projeção de aumento da população mundial de 7 bilhões para 9 bilhões até 2050, especialmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, deve demandar ainda mais os engenheiros civis a participarem de projetos de construção de obras de infraestrutura, como barragens para parques geradores de energia e para reservatórios de água, viadutos e pontes, além de obras de saneamento ambiental”, completou o Prof. José Marques com relação à necessidade de se buscar novo enfoque na formação de engenheiros civis no país.

Entre suas sugestões para responder a tempo à situação de acidentes com obras recentemente construídas e ao cenário de aumento de demanda por obras de infraestrutura no país, destacaram: a educação continuada de engenheiros civis por meio da promoção de workshops e simpósios com engenheiros experientes; a cooperação em projetos e estudos entre professores e estudantes dos cursos de engenharia, por um lado, e profissionais com vínculos com o mercado da construção, por outro; processos de certificação da qualificação de equipes de engenheiros que atuam em projetos de obras de infraestrutura; e fomento de cursos de especialização e de residências técnicas.

Projetos de cooperação universidade/empresa foram exemplificados pelo engenheiro da Diretoria de Engenharia de Furnas Centrais Elétricas, Flávio de Lima Vieira, no Seminário. Segundo ele, desde os anos 2000, sua companhia apoiou 271 projetos de pesquisa, entre os quais 64 de mestrado e 33 de doutorado. Ele ressaltou também as pesquisas de cooperação entre Furnas e diversas instituições de ensino e pesquisa por meio da Lei 9.9991, que obriga a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) a investir em projetos de pesquisa e desenvolvimento. Por fim, mostrou a importância da pesquisa nos casos de algumas obras da empresa, como o uso pioneiro da sílica ativa no concreto da barragem da Usina Hidrelétrica de Corumbá, a redução do consumo de cimento no concreto compactado com rolo da UHT Serra do Facão, o emprego de materiais betuminosos na UHE Foz do Chapecó, entre outros.

O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea) integra a Comissão Nacional de Implantação das Diretrizes Curriculares Nacionais, juntamente com o Conselho Nacional de Educação (CNE), a Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge), entre outras entidades. A Comissão tem discutido e sistematizado as propostas relativas aos princípios, condições e finalidades na organização, no desenvolvimento e na avaliação dos cursos de graduação em Engenharia nas Instituições de Educação Superior. Isto porque “os cursos presenciais e à distância estão formando maus profissionais e a forma como é feita atualmente a atribuição profissional não é adequada”, avaliou o Eng. Osmar Barros Júnior, membro da Comissão de Educação e Atribuição Profissional do Confea, na sua palestra no Seminário sobre o Ensino de Engenharia Civil.

Segundo ele, as propostas das novas diretrizes curriculares nacionais caminham para uma formação por competência, filosofia educacional dentro da qual os estudantes



Mesa com palestrantes e coordenadores do Seminário sobre o Ensino de Engenharia Civil



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

participam de projetos pedagógicos que os conduzem a saber o que fazer com o que estão aprendendo. Em relação aos conteúdos, as propostas não devem contemplar mais um núcleo de disciplinas profissionais, mas deixar em aberto que cada curso de graduação explicita em seu projeto pedagógico os conteúdos específicos e profissionais necessários para a formação profissional. Com isso, abre-se a possibilidade de as instituições de ensino criarem cursos sob medida para atender às demandas de mercado e da sociedade. Assim, além das competências gerais contempladas nas diretrizes nacionais curriculares, cada curso agregará competências específicas de acordo com a habilitação que pretende conferir ao profissional. Por seu turno, os sistemas de avaliação dos cursos de graduação deverão privilegiar a experiência profissional sobre a experiência acadêmica dos professores.

Neste cenário, o Confea deve atuar em diversas frentes: deverá ter participação mais efetiva na elaboração dos Projetos Pedagógicos dos Cursos de Engenharia; deverá monitorar os cursos de graduação e pós-graduação na área das engenharias para verificar compatibilidades entre as competências desenvolvidas nesses cursos e as atribuições profissionais conferidas aos seus egressos; e deverá conceder a habilitação profissional, com base no acompanhamento de todo o processo de formação, especialização e atualização, que deverá envolver a acreditação das instituições de ensino e a certificação do profissional. “Com isso, a titulação deixará de ser cartorial, mas será a consequência de um processo de acompanhamento da formação e da especialização do profissional”, explicou Osmar Barros.

Contribuindo para as discussões no Seminário sobre o Ensino de Engenharia Civil, o professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade da Califórnia, em Berkeley, Paulo Monteiro, trouxe sua experiência de docente e pesquisador numa universidade que está nas cinco primeiras posições dos rankings internacionais de avaliação da excelência acadêmica desde 1940. Segundo ele, parte deste sucesso pode ser atribuído à flexibilidade da grade curricular do curso de engenharia civil, bem como a sua



Eng. Vinicius Caruso faz balanço das discussões ocorridas no Seminário sobre o Ensino de Engenharia Civil, assistido por seus palestrantes e coordenadores, além do público presente

menor carga horária em relação aos cursos no Brasil. “A premissa é que para cada hora de aula, os alunos devem ter disponibilidade de duas horas para estudarem o tema abordado”, esclareceu o Prof. Paulo Monteiro. Ele também enfatizou o mestrado (correspondente à especialização no Brasil) nos dois últimos semestres, em oito áreas diferentes e com treinamento muito rígido.

Por fim, um dos coordenadores do III Seminário sobre o Ensino de Engenharia, o Eng. Vinicius Caruso, ponderou que as diretrizes curriculares em engenharia civil “não devem ser tão soltas nem tão amarradas”, para consolidar a solidez na formação, respeitar as particularidades da área e promover a autonomia do engenheiro na resolução de problemas.

Ele afirmou que o IBRACON, juntamente com outras associações técnicas, trabalha na elaboração de um documento com propostas de diretrizes curriculares, que contemple requisitos mínimos para formação profissional de engenheiros civis, cujo foco deve ser a interdisciplinaridade no desenvolvimento de competências técnicas e sócio-emocionais. Ele citou os concursos técnicos do IBRACON como atividade extracurricular que pode contribuir para uma formação mais integrada e funcional do futuro engenheiro.



Eng. Selmo Kuperman em momento de sua intervenção no Corujão do Concreto, assistido pelo coordenador Cláudio Sbrighi Neto e pelo público presente

Durante o evento foram realizados cinco concursos estudantis, que envolveram a participação de mais de 500 estudantes de 58 instituições de ensino de 20 estados brasileiros.

O 61º CBC 2019 ofereceu ainda cursos de atualização profissional sobre desempenho aplicado às estruturas de concreto armado, fenômeno térmico do concreto massa, segurança contra incêndio em projetos de retrofit, análise da estabilidade em estruturas pré-moldadas de concreto, reforço à flexão de vigas de concreto armado, atualização de norma de projeto e execução de alvenaria estrutural, e projeto, dimensionamento e reabilitação de pavimentos de concreto. Esses cursos contaram com pontos do Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto, sistema de cursos de educação continuada do IBRACON.

O módulo de elasticidade do concreto foi abordado e discutido por diretores do IBRACON para estudantes na sessão Corujão, coordenada pelo diretor 2º tesoureiro, Cláudio Sbrighi Neto, que aconteceu como última atividade do 61º CBC 2019 no dia 17.

Ocorreram ainda o lançamento de livros técnicos e sessões de autógrafos com os autores durante o evento, além de premiações de profissionais de destaque em engenharia, dissertações de mestrado e a entrega do título de sócios-honorários a profissionais.



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





61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

Premiados 2019

IBRACON outorga prêmios aos profissionais de destaque em engenharia de concreto em várias categorias. Pode ser indicado qualquer profissional de trajetória destacada, ainda que não associado ao Instituto.

Os melhores profissionais de cada categoria são indicados livremente pelos quase mil sócios do Instituto e, entre os indicados, são escolhidos um para cada categoria pelo Con-

selho Diretor e Diretoria do IBRACON, fórum formado por 29 profissionais de vários segmentos da cadeia do concreto.

Os profissionais contemplados nas seis categorias de anos ímpares foram homenageados na solenidade de abertura do 61° Congresso Brasileiro do Concreto, no dia 15 de outubro, em Fortaleza.

Confira os agraciados!

PRÊMIO ARY FREDERICO TORRES ■ DESTAQUE EM TECNOLOGIA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

SHUNJI TAKASHIMA



Eng. Roberto Dakuzaku, representando Shunji Takashima, recebe prêmio do presidente do IBRACON, Julio Timerman

- Consultor especializado em tecnologia do concreto e materiais constituintes, formado pela *Izume Senior High School e Research Laboratory of Kansai Electric Power Co.*, em Osaka – Japão, em 1955.
- Iniciou sua atuação profissional em obras hidráulicas e de infraestrutura japonesas, como as barragens Korobe IV, Yaguisawa, Sonohara, Kawamata, Kazafuki, as ferrovias Shinetsu, Chuwo, Jōetsu, Shinquansen, a siderúrgica Kawasaki e Usina Nuclear Tokai.
- No Brasil, atuou no desenvolvimento de normas e equipamentos para ensaios diversos para avaliação do concreto e seus materiais constituintes, na implantação de laboratórios de controle da qualidade, e no desenvolvimento da tecnologia de concretos nas empresas Geotécnica, Concremat, L. A. Falcão Bauer e, atualmente, em sua consultoria, a S. Takashima Consultoria.
- Atuou junto ao IBRACON e ABNT em diversas comissões de trabalhos e normas.
- Prestou consultoria em diversas obras de infraestrutura do Brasil e do exterior, tais como: Ponte Rio-Niterói; Barragem Boa Esperança; Metrô de São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Caracas e República Dominicana; Rodovias BR 101 – Rio/Santos, Rodoanel de São Paulo, Transolímpica e Transbrasil; Ferrovia do aço; e terminais marítimos Atlântico Sul e Prosub; bem como em Edifícios, como o Plaza Centenário, *Word Trade Center* de São Paulo, REC Berrini, Sapucaí, *The One*.

PRÊMIO ARGOS MENNA BARRETO ■ DESTAQUE EM ENGENHARIA DE CONSTRUÇÕES DE CONCRETO

EDUARDO DE AQUINO GAMBALE



Eng. Eduardo Gambale recebe prêmio do assessor da diretoria de eventos, Maurice Traboulsi

- Engenheiro civil pela Unifenas, onde foi professor da cadeira de Física Geral e Materiais de Construção, de 1982 a 1987.
- Desde 1987, é engenheiro da Gerência de Serviços e Inovação Tecnológica da Eletrobras Furnas, atuando na supervisão e execução, estudo de dosagens, caracterização de materiais para concreto, pesquisas, cálculo de temperatura do concreto massa e tensões levando em conta a viscoelasticidade do concreto, áreas onde tem diversos trabalhos técnicos publicados.
- Participou em inúmeros projetos de usinas hidrelétricas no Brasil e no exterior, como Serra da Mesa, Capanda, Peixe, Facão, Santo Antonio, Tucuruí, Belo Monte, São Manoel, e Lauca, em Angola.
- Atleta do xadrez, é mestre nacional de soluções enxadrísticas pela União Brasileira de Problemas de Xadrez; foi seis vezes campeão goiano, medalha de bronze, em 2010, e medalha de prata, em 2012 e 2014, nos jogos nacionais do SESI.

PRÊMIO GILBERTO MOLINARI ■ RECONHECIMENTO AOS RELEVANTES SERVIÇOS PRESTADOS AO IBRACON

SIMÃO PRISZKULNIK



Eng. Julio Timerman, representando Simão Prizskulnik, recebe prêmio da diretora de atividades estudantis do IBRACON, Jéssika Pacheco

- Fundador do Instituto Brasileiro do Concreto, em 1972, tornando-se seu presidente nas gestões de 1981 a 1983 e 1983 a 1985, e participando de sua Diretoria ou Conselho Diretor desde a fundação.
- Engenheiro civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 1963, com mestrado em Engenharia de Materiais pela USP, em 1977.
- Pesquisador no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), de 1964 a 1976.
- Engenheiro na Hidroservice Engenharia de Projetos, de 1977 a 1997, onde participou de projetos de viabilidade de grandes obras no Brasil e no exterior.
- Foi professor de Materiais de Construção na Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC) e na Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- Professor emérito da FATEC e da Universidade Mackenzie, foi agraciado também com o Prêmio Ary Frederico Torres.

PRÊMIO FERNANDO LUIZ LOBO BARBOSA CARNEIRO

■ DESTAQUE EM ENGENHARIA DE PESQUISA EM ESTRUTURA DE CONCRETO

VALDIR PIGNATTA E SILVA



Diretor de relações institucionais do IBRACON, Tulio Bittencourt, faz entrega do prêmio ao Prof. Valdir Pignatta e Silva

- Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com graduação, mestrado e doutorado na Poli-USP e pós-doutorado na Universidade de Coimbra.
- Orientou 25 mestres e doutores e foi coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Poli-USP.
- Publicou mais de 70 artigos em periódicos especializados e mais de 160 trabalhos em anais de eventos. Possui 9 livros publicados.
- Revisor de 24 revistas científicas, como *Journal of Structural Engineering*, *Nonlinear Dynamics*, *Fire Safety Journal*, *Fire and Materials*, *Construction and Building Materials*, *Journal of Building Engineering* e Revista IBRACON de Estruturas e Materiais.
- Assessor *ad hoc* da CAPES, CNPq, FAPESP, FAPEMIG e FAPERJ.
- Diretor da Associação Luso-Brasileira para a Segurança contra Incêndio (ALBRASCI) e membro de outras associações técnicas, como *International Association of Fire Safety Science*, Grupo de Fomento à Segurança contra Incêndio da USP e Associação Brasileira de Proteção Passiva.



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

PRÊMIO FRANCISCO DE ASSIS BASÍLIO ■ DESTAQUE EM ENGENHARIA DE CONCRETO NA REGIÃO DO CONGRESSO

José RAMALHO TORRES

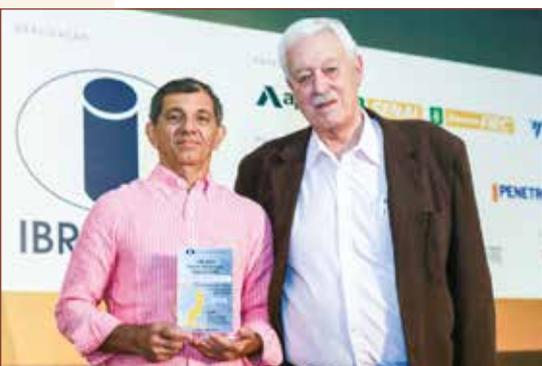


Diretora Regional no Ceará,
Denise Jucá, entrega o prêmio ao
Eng. José Ramalho Torres

- Engenheiro civil pela Universidade Federal do Ceará (1982) e mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (2006).
- Professor do Departamento de Construção Civil do Instituto Federal do Ceará (IFCE).
- Membro do Comitê Executivo do INOVACON/Sinduscon-CE e engenheiro da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC).
- Atua nos seguintes temas: diagnóstico de manifestações patológicas em edificações, reparo e reforço do concreto armado, tecnologia do concreto e das argamassas, uso de materiais não convencionais na construção e avaliação de desempenho das edificações.
- Participa de Comissões de Estudo da ABNT voltadas para argamassas, revestimentos cerâmicos, concreto e desempenho de edificações.
- Consultor das obras do Porto de Pecém, VLT e Metrô de Fortaleza.

PRÊMIO OSCAR NIEMEYER SOARES FILHO ■ DESTAQUE EM PROJETO DE ARQUITETURA DE CONCRETO

FRANCISCO NASSER HISSA



Arq. Francisco Hissa recebe o prêmio
do vice-presidente do IBRACON,
Luiz Prado

- Arquiteto pela Universidade do Brasil, em 1971, com mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo, em 2005.
- Professor da disciplina "Projeto Arquitetônico" no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará, de 1987 a 2016.
- Sócio do escritório Nasser Hissa Arquitetos Associados, fundado em 1971, que atua em diversos ramos, como incorporações, hospitais, hotéis, educação, indústria e planejamento urbano, tanto em Fortaleza quanto outras cidades brasileiras e no exterior, com mais de 1 milhão de metros quadrados de projetos.
- Na atividade de projetos de arquitetura, tem primado por incorporar as mais recentes tecnologias, sendo um dos primeiros do país a adotar a plataforma CAD na década de 1980 e atualmente a plataforma BIM.
- Dentre os concursos agraciados com a primeira colocação, destaca-se o Concurso Internacional para Ícone de Fortaleza, promovido pelo governo do estado do Ceará, em 1999.
- Em 2007, participou da 7ª Bienal Internacional de Arquitetura em São Paulo, sendo até a presente data o único escritório do Ceará a expor seus trabalhos na mostra.

Prêmio de Teses e Dissertações

A cada ano o IBRACON premia intercaladamente as melhores dissertações e teses cadastradas no CONCRETO BRASIL, repositório de trabalhos científicos sobre o concreto nas áreas de estruturas e materiais, alojado no site www.ibracon.org.br.

Neste ano, foram premiadas as melhores dissertações de mestrado defendidas de 1º de março de 2017 a 28 de fevereiro de 2019. A escolha foi feita por duas

comissões julgadoras, uma para cada área, compostas por professores-doutores e coordenados pelo diretor de pesquisa e desenvolvimento do IBRACON, Prof. Leandro Trautwein.

A cerimônia aconteceu na solenidade de abertura do 61º Congresso Brasileiro do Concreto, no dia 15 de outubro, em Fortaleza.

Confira os trabalhos premiados!

PRÊMIO MELHOR DISSERTAÇÃO EM MATERIAIS

■ Título

AVALIAÇÃO DA RETRAÇÃO AUTÓGENA DE CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO PRODUZIDOS COM CINZA DE CASCA DE ARROZ

AMANDA PEREIRA VIEIRA

PRÊMIO MELHOR DISSERTAÇÃO EM ESTRUTURAS

■ Título

NUMERICAL MODELING OF THE POST-CRACKING BEHAVIOR OF SFRC AND ITS APPLICATION ON DESIGN OF BEAMS ACCORDING DO *fib* MODEL CODE 2010

YASMIN TEIXEIRA TRINDADE



O diretor de evento do IBRACON, César Daher, entrega o prêmio a Amanda Pereira Vieira

■ ORIENTADOR

Prof. Romildo Dias Toledo Filho

■ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)



Yasmin Teixeira Trindade recebe o prêmio do diretor de pesquisa e desenvolvimento do IBRACON, Leandro Trautwein

■ ORIENTADOR

Prof. Luís Antônio Guimarães Bitencourt Jr.

■ Universidade de São Paulo (USP)



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

IBRACON homenageia profissionais com o título de sócio-honorário

O título de sócio-honorário é a maior honraria a um profissional concedida pelo IBRACON. Tem direito ao título os profissionais brasileiros ou estrangeiros, com reconhecido mérito técnico ou científico na área de atuação do Instituto. Sua concessão é proposta

pelo Conselho Diretor e referendada pela Assembleia Geral.

Em 2019, na Solenidade de Abertura do 61º Congresso Brasileiro do Concreto, realizada em 15 de outubro, no Centro de Eventos do Ceará, em Fortaleza, foram concedidos títulos aos seguintes profissionais:

PROF. PAULO MONTEIRO



O diretor técnico do IBRACON, Prof. Paulo Helene, entrega o prêmio ao Prof. Paulo Monteiro

grafia, durabilidade do concreto e comportamento estrutural.

Em reconhecimento às suas contribuições, a Universidade Americana outorgou-lhe o título de *Roy W. Carlson Distinguished Professor*.

É considerado na academia e no meio profissional como o maior incentivador da interface da engenharia de concreto no Brasil com a engenharia norte-americana, tendo viabilizado, orientado e supervisionados dezenas de professores, profissionais de empresas, doutorandos e pós-doutorandos brasileiros em estágios de aperfeiçoamento nos Estados Unidos.

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, em 1979, fez seu mestrado e doutorado na Universidade da Ca-

lifórnia, orientado pelo saudoso Prof. Kumar Mehta, estudando a interface agregado/pasta e a influência da microestrutura do concreto em suas propriedades mecânicas.

Com o Prof. Mehta escreveu o livro "Concreto: microestrutura, propriedades e materiais", livro-texto largamente utilizado no Brasil nos cursos de graduação e pós-graduação e também traduzido para vários idiomas no mundo.

lifórnia, orientado pelo saudoso Prof. Kumar Mehta, estudando a interface agregado/pasta e a influência da microestrutura do concreto em suas propriedades mecânicas.

Com o Prof. Mehta escreveu o livro "Concreto: microestrutura, propriedades e materiais", livro-texto largamente utilizado no Brasil nos cursos de graduação e pós-graduação e também traduzido para vários idiomas no mundo.

Autor de mais de 270 artigos indexados, com destaque para o trabalho apresentado na *International Conference on Sustainable Construction, Materials and Technologies*, de 2013, no Japão, que recebeu o prêmio "Outstanding Paper Award".

Em sua carreira profissional como pesquisador, Monteiro passou pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), Petrobras, *University Paul Sabatier*, na França, e *Imperial College of London*, na Inglaterra.

Participa, como consultor, de projetos de obras de destaque no mundo, como as obras de ampliação da cidade de Singapura sobre o mar, várias barragens no Brasil, além de ter sido entrevistado em dois documentários da *Discovery Channel*.

Editor-chefe da revista *Advances in Concrete Construction*, editor-associado do *Journal of Nanomechanics and Micromechanics* e membro do Comitê Editorial das Revistas: *Ingeniería de Construcción*, *Cement and Concrete Research*, *International Journal of Concrete Structures and Materials* e *Materiales de Construcción*.

PROF. PEDRO CASTRO BORGES



Prof. Pedro Castro recebe prêmio do diretor técnico, Prof. Paulo Helene

Engenheiro civil pela *Universidad Autónoma de Yucatán* e doutor em Engenharia pela *Universidad Nacional Autónoma de México*, com pós-doutorado pelo *Instituto Torroja de Ciencias de la Construcción*, da Espanha.

Pesquisador do Centro de Pesquisas e Est dos Avançados do Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), onde tem se dedicado às áreas de durabilidade, prevenção de problemas patológicos e sistemas de reparação do concreto armado.

Ex-presidente da seção mexicana da NACE (Associação Americana de Engenheiros de Corrosão) e da Associação Latino-Americana

de Controle da Qualidade, Patologia e Recuperação das Construções (*ALCONPAT Int.*). É também membro das redes Durar, Rehabilitar e Prevenir.

É autor e coautor de mais de 450 trabalhos, entre artigos para congressos, capítulos de livros, livros, artigos de revistas científicas, em especial do melhor artigo de 2015 da *Revista Corrosion*, indexada pela *Web of Sciences*.

Em sua carreira profissional tem acumulado premiações nacionais e internacionais, como o *Premio Herbert Uhlig*, concedido pela *NACE*, *Premio Ciudad Capital Heberto Castillo Martínez*, *Giraldilla del Gobierno de Havana*, *Premio Académico de Ingeniería Civil* e *Premio de ALCONPAT International*.

Editor e membro de Comitê Editorial de revistas prestigiadas da Argentina, Brasil, Chile, Estados Unidos, México, Polônia, Reino Unido, Portugal e Venezuela.

Pedro Castro tem tido uma atuação profícua com o Brasil desde 1999, participando de cursos, seminários, palestras e bancas de mestrado e doutorado de várias universidades, institutos e entidades técnicas, como o IBRACON.

Castro é membro do Sistema Nacional de Investigadores desde 1991, da Academia Mexicana de Ciencias, desde 1999 e da *Academia de Ingeniería*, desde 2014.

PROF. CLAUDIO SBRIGHI NETO



Prof. Cláudio Sbrighi recebe prêmio do assessor da presidência do IBRACON, Eng. Selmo Kuperman

Sócio-fundador do IBRACON, onde atua até hoje na sua diretoria, tendo participado da Comissão Organizadora de mais de 30 edições do Congresso Brasileiro do Concreto.

Formado em Geologia na USP em

1970, completou seu Mestrado no LNEC- Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Portugal, em 1975, e concluiu seu doutorado em Engenharia Civil na Escola Politécnica da USP, em 1993.

Foi professor titular na Faculdade de Engenharia Civil da FAAP.

Trabalhou no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São

Paulo de 1970 a 2000, onde encerrou a carreira como Pesquisador-Chefe do Agrupamento de Materiais de Construção Civil. No IPT, foi cofundador do Mestrado Profissional, orientou 13 dissertações e participou de mais de 30 bancas de mestrado e doutorado em diversas universidades brasileiras.

Desenvolveu o uso de areia eólica (areia rosa) como complemento granulométrico no traço do concreto e publicou artigo pioneiro embasando a eficiência e vantagens técnicas e econômicas da aplicação da areia de britagem com essa finalidade. Ao todo, publicou 52 trabalhos técnicos em Congressos Nacionais e Internacionais, além de ser coautor de dois livros e uma Prática Recomendada, publicados pelo IBRACON.

Diretor e fundador da CPTI – Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais, onde tem atuado como consultor técnico de algumas das maiores empresas brasileiras de construção civil e mineração. Além do Brasil, realizou projetos de pesquisa e desenvolvimento em diversos países do mundo (Japão, Itália, Canadá e França).

Diretor do CB-18 Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, onde coordena algumas das mais expressivas Normas Técnicas do setor.



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

PROF. TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT



Prof. Túlio Bittencourt recebe prêmio do diretor 2º tesoureiro do IBRACON, Eng. Nelson Covas

– Cornell University (1993).

Professor titular da Universidade de São Paulo, atuando principalmente nos seguintes temas: mecânica da fratura do concreto, modelagem computacional não linear via método dos elementos finitos, análise experimental e monitoramento de estruturas.

Palestrante convidado em eventos nacionais e internacionais. Orientou até o momento 22 dissertações de mestrado e 21 teses de doutorado, além de 30 trabalhos de Iniciação Científica. Supervisionou 11 pós-doutorados e coordenou inúmeros pro-

jetos de pesquisa financiados pela indústria e por agências de fomento científico.

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (1984), com mestrado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1988) e doutorado em Engenharia de Estruturas

jetos de pesquisa financiados pela indústria e por agências de fomento científico.

Ex-presidente e membro permanente do Conselho Diretor do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), é diretor da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, ex-presidente da *LatRILEM* (Grupo Latino Americano da RILEM) e coordenador do *Brazilian IABMAS Group* (BIG).

É editor associado da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais – RIEM. Atua como revisor dos periódicos: *Engineering Fracture Mechanics*, *ACI Materials Journal*, *ACI Structural Journal*, *Journal of Engineering Mechanics* (ASCE), Revista Concreto & Construções – IBRACON, *LAJSS – Latin American Journal of Solids and Structures*, Revista Engenharia Civil – Universidade do Minho.

Membro do ACI (*American Concrete Institute*), *fib* (*International Federation for Structural Concrete*), TRB (*Transportation Research Board*), RILEM (*International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures*), IA-FraMCoS (*International Association on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures*) e IABMAS (*International Association for Bridge Maintenance and Safety*), coordenando o grupo brasileiro IABMAS Brasil.

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.

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

Aquisição

www.ibracon.org.br (loja virtual)



Patrocínio



Pode confiar



Concursos incentivam estudantes a vencer desafios de engenharia

Os concursos técnicos criados pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) têm sido reproduzidos pelas instituições de ensino superior brasileiras como uma atividade extracurricular dos cursos de engenharia civil. Nela, os alunos são motivados a trabalhar em equipes para superar desafios práticos, que requeiram a mobilização de conhecimentos aprendidos.

Este aprendizado em nível local tem habilitado as equipes a ter um bom desempenho na competição nacional, que ocorre anualmente nas edições do Congresso Brasileiro do Concreto. Segundo dados compilados pela Diretoria de Atividades Estudantis do IBRACON, cresce a cada ano a participação nas competições, tanto em número de alunos inscritos quanto de instituições participantes.

Neste ano, participaram do 26º Aparato de Proteção ao Ovo (APO), 36 equipes totalizando 472 estudantes; do 16º Concrebol, 36 equipes totalizando 513 estudantes; do 6º Cocar, 35 equipes totalizando 541 alunos; do 12º Ousadia, 10 equipes totalizando 205 alunos; e do 3º Concreto: Quem sabe faz ao vivo, 29 equipes totalizando 136 estudantes. Ao todo participaram dos concursos 58 instituições de 20 estados brasileiros, com destaque para São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, além de uma equipe do Paraguai.

Além da integração dos alunos e professores em equipes, os inscritos nos concursos nacionais têm a chance de interagir entre eles e com profissionais que participaram do 61º Congresso Brasileiro do Concreto. Esta interação ocorreu de duas formas. As equipes que quiseram aumentar suas chances de vencer as competições puderam participar com dois pórticos, duas bolas e dois corpos de prova, respectivamente no APO, Concrebol e Cocar, desde que apresentassem um cartaz com informações sobre como desenvolveram esses pórticos, bolas e corpos de prova aos congressistas



Pórticos, bolas e corpos de prova classificados para participar dos concursos

do evento. Por sua vez, entre uma palestra e outra, vários profissionais experientes passaram pela Arena dos Concursos (patrocinada pela Votorantim Cimentos), assistiram às competições e trocaram ideias e informações com os alunos.

Os estudantes inscritos participaram ainda do jantar *Concrete Lovers*, no espaço Marulho, patrocinado pelas empresas GP&D, Embu, Polimix e Supermix, que teve palestras, brincadeiras, shows e contou com a presença do presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, e do diretor técnico, Prof. Paulo Helene, que comemorou seus 70 anos.

Mas, sem dúvida, o ponto alto dos concursos aconteceu durante o Jantar de Confraternização, no último dia do 61º CBC 2019, no qual foram premiadas as equipes mais bem colocadas em cada concurso, bem como a equipe com o melhor desempenho geral (Instituto Mauá de Tecnologia).

Conheça a seguir os premiados! As tabelas com os detalhes das pontuações de cada equipe participante nos concursos podem ser acessadas no site www.ibracon.org.br. A equipe do Instituto Mauá de Tecnologia ganhou a medalha CONCRETO 2019.



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

Concurso Aparato de Proteção ao Ovo (APO)



Ensaio de carregamento dinâmico do APO de uma das equipes inscritas

A competição demanda que o estudante projete e construa um pórtico de concreto armado, capaz de resistir a cargas crescentes de impacto. Ela testa a capacidade dos competidores em desenvolver elementos estruturais resistentes a cargas dinâmicas, tirando o máximo proveito das propriedades do concreto armado.

Os pórticos têm suas dimensões, formas e massas avaliadas.

No ensaio de carregamento dinâmico os pórticos tiveram que resistir ao impacto de um cilindro metálico, com 50 mm de diâmetro e massa de 15 kg, solto de alturas progressivas de um metro a 2,5 metros. Caso resistissem a carga desta última altura, esta era repetida por até mais quatro vezes.

Venceu o concurso a equipe cujo APO somou mais alturas de impacto antes de o ovo ser danificado. O desempate entre as equipes considerou a menor perda de massa após o ensaio.

Premiação APO 2019

1º LUGAR



Equipe recebe prêmio pelo primeiro lugar na competição do representante do patrocinador Sika

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
- **EQUIPE**
Aline Chamusca Gomes, Ayala Rios da Silva, Bruno Almeida Ribeiro, Franz Hecher Soares, Ícaro Brito Limoeiro, Larissa Gonçalves Maia da Silva, Luciano de Brito Staffa Júnior, Maitê Ataíde Adam, Marjorie Penalva Sampaio Fallace, Pedro Rocha Queiroz Góis, Ricardo Lins Mendes de Carvalho, Rodrigo Bastos de Santana, Thiago Silva Santos
- **ORIENTADORES**
Antônio Sérgio Ramos da Silva
Cereno Diniz de Freitas Gonçalves Muniz

2º LUGAR



Equipe com prêmio pelo segundo lugar

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
- **EQUIPE**
Anderson Luís Policiano Borges, André Bezerra Campêlo, Brenna Marques da Silva, Emilly Rosy dos Santos Oliveira, Fernanda Alves de Lucena, Gabriela Mendes Santiago de Oliveira, Iury Ribeiro de Melo, Jacqueline de Santana Santos, Jemesson Galvão Moreno, Jessika Bandeira de Farias, João Victor Cavalcanti Motta da Costa, João Victor Soares Teixeira de Araújo, Lara Lis Souza Silva, Laura Gomes da Costa, Maria Clara Rodrigues Cosme de Carvalho, Matheus Felipe Torres de Almeida, Michelle da Silva Matias, Pablo de Souza Lopes, Pedro Vinício dos Santos, Thatianne Elisa Ferreira da Silva, Vitor Tavares Matias, Vitória Rayanne da Silva Vaz
- **ORIENTADORES**
Arnaldo Manoel Pereira Carneiro
Paulo Fernando Silva Sousa

3º LUGAR



Equipe com o prêmio de terceiro lugar

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
- **EQUIPE**
Bruna Aparecida dos Santos, Helena Branção de Farias, Ítalo dos Santos Silva, Izabela Samos Donato Martins, Izabella Kátia Maciel Fernandes, Julia Pereira Carlos, Michel Tales Soares Jardim, Naylla Machado Novaes Vilela, Thais Ellen Aragão Silva, Thallita Iorena Landim Santos Lopes, Thaynara Hellen Silva Barbosa, Viviane Valentim de Alencar, Yasmin Karine Pereira Martins dos Santos, Yuri Horta Ladeia
- **ORIENTADORES**
Ayrton Hugo de Andrade e Santos
Mayara Roberta de Castro



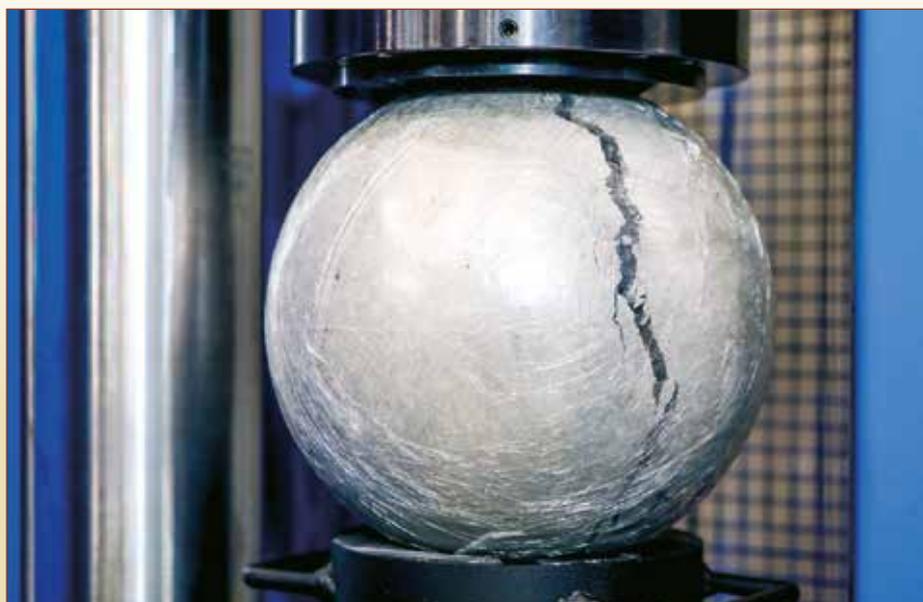
61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

Concurso CONCREBOL

Construir uma esfera resistente de concreto leve, com dimensões e materiais pré-estabelecidos, capaz de rolar numa trajetória retilínea. Este foi o desafio dos estudantes inscritos no CONCREBOL, que testa suas aptidões na produção de concretos homogêneos e resistentes, bem como no desenvolvimento de métodos construtivos para confecção de uma bola de concreto.



Teste de uniformidade da bola de uma das equipes competidoras



Bola rompida após o ensaio de resistência à compressão

O CONCREBOL é formado por quatro etapas, cada uma delas contribuindo para a pontuação final: aferição do diâmetro e massa da bola; cálculo do volume e da massa específica do concreto; teste de uniformidade (gol); e ensaio de resistência à compressão do concreto.

Venceu o concurso a equipe da bola com a maior pontuação final, obtida por meio de uma equação que conjuga os fatores de cada etapa da competição.

Premiação CONCREBOL 2019

1º LUGAR



Equipe premiada com primeiro lugar na competição

- **INSTITUIÇÃO**
INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

- **EQUIPE**
Airton Brandini Soares Junior, Beatriz Borges Rocha, Beatriz Noro, Beatriz Seco Correa, Bruna Casmalla, Bruno Vasconcelos Costa, Carlos Chan, Daniel dos Santos Cazuzo, Danilo Damas da Silva, Ester Lopes de Sousa, Gabriel Camargo de Oliveira, Gabriel Gonçalves, Gabriela Aline Junqueira, Gabrielle Tami Kimura, Gustavo Cruz A. Garcia, Gustavo Malheiro Correia Lopes, Josue Rodrigues da Silva Junior, Julia Nicole Teixeira, Larissa Coelho de Oliveira, Leonardo Araujo, Luana Schiavenin, Lucas Gonçalves de Oliveira, Marina Santana, Mateus Paulilo Mantovani, Mateus Zanovello de Oliveira, Matheus Nigro Silva, Michelle Bonatti de Souza, Murilo Kelm, Nathalie Tamioso Rezende, Paulo Gabriel Franco Martins, Rafael Fernandes, Roberto Molina, Thomas Borges Rocha, Yan Flávio da Costa Alvarenga, Yuri Brinhole Botura

- **ORIENTADORES**
Fabio Selleio Prado
Heloísa Cristina Fernandes Cordon

2º LUGAR



Equipe com prêmio pelo segundo lugar

- **INSTITUIÇÃO**
INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

- **EQUIPE**
Augusto Teixeira Lopes, Ben-Hur Raíra Martins, Bruno José Silva, Geraldo Luis Becker Duarte, Jeferson Cavalheiro Atkinson, Lucas Balbuena Karkotli, Thiago Guesser Corrêa

- **ORIENTADORES**
Alexandre Lima de Oliveira
Guilherme Cardoso Hickel
Rafael Andrade de Souza

3º LUGAR



Equipe recebe prêmio pelo terceiro lugar do representante do patrocinador Equilibrata, Rafael Timerman

- **INSTITUIÇÃO**
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS DE MINAS

- **EQUIPE**
Fillipe Barbosa Novais, Henrique Pains Morais, Marcello Simão de Morais, Marcos Vinícius Rodrigues Silva

- **ORIENTADORES**
Eduardo Pains de Morais
Sheilla Pereira Vieira
Thais Isabela Simão Kardec



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

Concurso Concreto Colorido de Alta Resistência (COCAR)

O objetivo do Cocar é testar a habilidade dos competidores na preparação de concretos de pós reativos, coloridos e com alta resistência. Os inscritos têm que moldar corpo de prova com concreto colorido, com dimensões pré-estabelecidas, capaz de atingir alta resistência no ensaio de compressão axial.

O concurso é formado por quatro etapas: caracterização

do corpo de prova quanto às suas dimensões, massa e coloração; previsão pela equipe da resistência a ser obtida pelo corpo de prova; determinação de sua resistência à compressão; e análise de sua homogeneidade interna.

Venceu o concurso a equipe que conseguiu a maior pontuação final, obtida por meio de uma equação discriminada no Regulamento. O critério de desempate foi a menor massa do corpo de prova.



Corpos de prova classificados para a competição

Premiação COCAR 2019

1º LUGAR



Equipe premiada com primeiro lugar no concurso

- **INSTITUIÇÃO**
INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

- **EQUIPE**
Airton Brandini Soares Junior, Beatriz Borges Rocha, Beatriz Noro, Beatriz Seco Correa, Bruna Casmalla, Bruno Vasconcelos Costa, Carlos Chan, Daniel dos Santos Cazusa, Danilo Damas da Silva, Ester Lopes de Sousa, Gabriel Camargo de Oliveira, Gabriel Gonçalves, Gabriela Aline Junqueira, Gabrielle Tami Kimura, Gustavo Cruz A. Garcia, Gustavo Malheiro Correia Lopes, Josue Rodrigues da Silva Junior, Julia Nicole Teixeira, Larissa Coelho de Oliveira, Leonardo Araujo, Luana Schiavenin, Lucas Gonçalves de Oliveira, Marina Santana, Mateus Paulilo Mantovani, Mateus Zanovello de Oliveira, Matheus Nigro Silva, Michelle Bonatti de Souza, Murilo Kelm, Nathalie Tamioso Rezende, Paulo Gabriel Franco Martins, Rafael Fernandes, Roberto Molina, Thomas Borges Rocha, Yan Flávio da Costa Alvarenga, Yuri Brinhole Botura

- **ORIENTADORES**
Fabio Selleio Prado
Heloísa Cristina Fernandes Cordon

2º LUGAR



Equipe recebe prêmio pelo segundo lugar da representante do patrocinador Lanxess, Jéssika Pacheco

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE REGIONAL E INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES – SANTO ÂNGELO

- **EQUIPE**
Allison Irassoquy de Freitas, Charles Nícolhas Moura Bueno, Matheus Bittencourt Wilges, Robson Walter dos Santos

- **ORIENTADOR**
Nelson Seidler

3º LUGAR



Equipe com prêmio pelo terceiro lugar

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

- **EQUIPE**
Carlos Lenz Cappellari, Eduarda Franke Melchior, Gabriela Elias e Ferraz, Leonardo Marquezan de Oliveira, Luiz Henrique Justen, Vaniely Thaís Maldaner, Victória Pilar Saldanha

- **ORIENTADOR**
Erich David Rodriguez



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

Concurso Ousadia



Projetos inscritos expostos para a apreciação dos congressistas

Elaborar o projeto executivo estrutural de uma obra de arte especial em concreto e desenvolver o planejamento preliminar de sua construção foi o desafio do Ousadia 2019.

O concurso visa desenvolver a aptidão dos estudantes na elaboração de processos inerentes ao projeto e ao planejamento da construção de obras de arte arrojadas, entrosar estudantes dos cursos de engenharia e arquitetura, ampliar conhecimentos sobre tecnologia do concreto e sua aplicação estrutural, e estimular a consulta a normas técnicas.

Os projetos inscritos foram avaliados preliminarmente sob o critério de estabilidade, de caráter eliminatório.

Numa segunda etapa, sua avaliação foi realizada por uma comissão formada por representantes do Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT). Por fim, cada projeto, exposto na FEIBRACON, foi avaliado pela Comissão Julgadora.

Os três projetos mais bem pontuados receberam os prêmios de Vencedor (1º lugar), Destaque (2º lugar) e Mérito (3º lugar). Esses projetos serão avaliados pela Diretoria do DNIT e poderão ser utilizados como projetos-tipo do DNIT para passarelas em rodovias federais. O critério de desempate foi o menor volume de concreto empregado.

Premiação Ousadia 2019

1º LUGAR



Equipe comemora primeira colocação na competição com os representantes dos patrocinadores Mendes Lima Engenharia e Viapol, Carlos Mendes Lima e Cirene Tofanetto

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP SÃO CARLOS
- **EQUIPE**
Gabriel Francisco dos Santos, Gabriel Henrique Dalevedo Viana, Gabriel Passos, Giovanna Jacomelli, Isabela Okada Marquez, Lucas Modotte Bernardo, Luccas Gouvêa de Melo, Marcio de Oliveira Jr., Maria Luisa do Santos Vasconcellos, Matheus Motta Vaz, Michele Higa, Nicholas Picin Casagrande, Rafael Sanches Mercadante, Rafaela Fernanda Mendonça Gomes, Sophia da Rosa Siviero, Vinícius Viccino Granato
- **ORIENTADORES**
Luis Espallargas Gimenez
Ricardo Carrazedo
Simone Helena Tanoue Vizioli

2º LUGAR



Equipe vibra com segundo lugar na competição

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
- **EQUIPE**
Alexandre Dyrjawoj, Alicia Yumy Kawai, Caio Farto Farinacio, Felipe Santos Pereira, Guilherme Vigarani de Assis, Gustavo Goertz Cipeli de Oliveira, Julia Maria Faggioni de Paula, Juliana Silva Villa do Conde, Kimberly Gabriele Mazetto, Larissa Cardia Garmes de Campos, Larissa Nahas Dafico Bernardes, Leticia Cristina Muniz, Ligia Varanda Jarandilha Santos, Luana Inez Ribeiro Dias, Lucca Bianconcini Casanova, Luiz Fernando Costa Moreira, Maria Fernanda Farias dos Santos, Mariana Chaves Moura, Mariane de Oliveira Silva Aguiar, Matheus Goncalves Veludo Araujo, Matthaus Klinsmann Duarte Vieira, Moacir Lima Leite Junior, Paulo Roberto Perinazzo, Priscilla Serra Avalos, Rafael Goncalves da Silva, Raquel Ferraz Zamboni, Ricardo Sanvito Bonilha, Rodrigo Teruaki Tamura, Susanny Vieira da Silva, Teo Felipe Bruder Gouveia, Thomas Hideki Kuninari, Vinícius de Assis Modda, Wesley de Lima Santos
- **ORIENTADORA**
Ligia Victória Real

3º LUGAR



Equipe comemora terceira posição

- **INSTITUIÇÃO**
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PIRACICABA E FACULDADE ASSER
- **EQUIPE**
Bruna Moreira Mafra, Bruno Ometto Tunussi, Fábio Alexandre Rodrigues de Lara, Felipe Basso Ferreira, Gabriel Donadelli Polatto, Gabrielle Munhoz Ricciardi, Guilherme Alexandre, Julia Bonin Antonio, Julia de Paula Souza, Laura Ventura Zorzetto, Leonardo de Almeida Tosadore, Leticia Gabrieli Morinel, Maria Olivia de Andrade Santana, Davi Roberto Bernardo, Gabriela Cristina de Souza, Isabela Cardena, Isac Bernardo, Mariana Toso Meline, Mateus Eduardo Matias, Pedro Henrique Garcia, Sofia Puppini Rontani, Tathiane Tomaioli Cappelletti, Victor Alves da Silva
- **ORIENTADORA**
Patrícia Tolaine do Amaral



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

Concreto: Quem sabe faz ao vivo

O concurso avalia a habilidade dos competidores na dosagem de concretos autoadensáveis, coesos, translúcidos, com baixo consumo de cimento e com alta resistência à compressão em 24 horas.

Cada uma das 29 equipes recebeu cimento, adições, agregados, aditivos e água, para, em 60 minutos, realizar a dosagem do concreto, a moldagem de corpos de prova cilíndricos (com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura) e a confecção de uma placa de concreto autoadensável com fibras translúcidas.

O concurso é formado pelas etapas, todas contribuindo para a pontuação final:

- ▶ Etapa 1: verificação do espalhamento e obtenção do Índice de Estabilidade Visual;
- ▶ Etapa 2: verificação da massa específica do concreto e do consumo de cimento;
- ▶ Etapa 3: verificação da translucidez;
- ▶ Etapa 5: determinação da resistência à compressão.

Venceu o concurso a equipe cujo corpo de prova obteve a maior pontuação final, definida por equação do Regulamento O critério de desempate foi a menor massa específica do concreto.



Uma das equipes inscritas faz dosagem do concreto, teste (*flow test*) e medida de espalhamento, e concretagem de placa durante o concurso

Concurso CONCRETO: Quem sabe faz ao vivo 2019

1º LUGAR



Equipe recebe prêmio pela primeira colocação no concurso do representante do patrocinador Votorantim Cimentos, Luiz de Brito Prado Vieira

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
- **EQUIPE**
Anderson Luís Policiano Borges, João Victor Soares Teixeira de Araújo, Laura Gomes da Costa, Pablo de Souza Lopes, Vitor Tavares Matias
- **ORIENTADOR**
Arnaldo Manoel Pereira Carneiro

2º LUGAR



Equipe recebe prêmio pela segunda colocação

- **INSTITUIÇÃO**
INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA
- **EQUIPE**
Danilo Damas da Silva, Josué Rodrigues da Silva Junior, Paulo Gabriel Franco Martins, Roberto Molina, Yuri Brinhole Botura
- **ORIENTADORA**
Heloísa Cristina Fernandes Cordon

3º LUGAR



Equipe comemora terceira colocação

- **INSTITUIÇÃO**
UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
- **EQUIPE**
Anna Julia Henrique Ribeiro, Katrine Michelly de Jesus Pereira, Lucas Dionisio Barros, Pedro Henrique Gomes Santiago, Rosane Borges Moraes
- **ORIENTADOR**
Tiago Ferreira Campos Neto



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

Seminário trouxe soluções inovadoras de projeto, execução e operação de edifícios altos

DOUGLAS COUTO – DIRETOR

PHD ENGENHARIA

Seminário Brasileiro de Edifícios Altos foi realizado como evento paralelo do 61° CBC 2019, no dia 16 de outubro, no Centro de Eventos do Ceará, em Fortaleza. O Seminário trouxe soluções estruturais e tecnológicas pouco convencionais de projeto, execução, uso e operação de edifícios altos no mundo. Veja a seguir um resumo das apresentações.

PALESTRA I – FATIH YALNIZ

Vice-presidente sênior da WSP NYC

Fatih Yalniz é vice-presidente sênior da WSP em Nova York (EUA), sendo responsável pelo departamento de análise computacional de estruturas da WSP, projetando alguns dos edifícios mais altos e esbeltos do mundo.

Em sua palestra, Fatih abordou os aspectos de três projetos emblemáticos desenvolvidos por ele e sua equipe em Nova York, sendo apresentados os cases dos edifícios *432 Park Avenue*, *53w53 MoMA Tower* e *111w57th* (edifício mais esbelto do mundo).

Na apresentação do case sobre o *432 Park Avenue*, edifício de 96 andares e 426 m de altura, Fatih abordou os aspectos estruturais do edifício com relação ao vento, que exigiu uma solução pouco convencional ao criar aberturas em determinados trechos do edifício, permitindo, assim, a livre passagem do vento e consequente diminuição do arrasto aerodinâmico.

Ainda explicou o sistema estrutural do edifício, construído inteiramente em concreto armado, composto por um núcleo rígido de concreto, lajes lisas sem vigas e estrutura perimetral de fachada, composta por pilares e vigas de concreto. Além de ser todo em concreto aparente branco, a resistência de projeto foi 80 MPa.

Há ainda cinco níveis com sistema tipo outrigger, responsável pela transferência de esforços horizontais para os pilares periféricos, o que contribuiu para a estabilidade horizontal do edifício.

Devido a esbelteza do edifício, que possui dimensões de 28 x 28 m em planta, a maior preocupação do projeto estrutural foi a garantia do conforto dinâmico aos usuários, uma vez que a torre tem grande potencial de oscilação.

A solução desse grande desafio passou por ajustes na estrutura, concentrando massa nos pavimentos mais altos, até a instalação de dois amortecedores de massa sintonizada (*TMD – Tuned Mass Damper*), no topo do edifício, cada um pesando cerca de 660 toneladas.



Fatih Yalniz palestrando ao público presente no Seminário Brasileiro de Edifícios Altos

WSP



432 Park Avenue – NYC

Basicamente, um TMD atua na redução das acelerações da estrutura e oscilações, eliminando a sensação de movimento.

Na sequência, Fatih Yalniz apresentou o complexo desenvolvimento do projeto do edifício *53w53 MoMA Tower*, uma torre residencial, com 320 m de altura, que abrigará nos seus níveis inferiores as novas instalações do *Museum of Modern Art (MoMA) of New York*.

Uma estrutura singular em concreto armado, as dificuldades arquitetônicas e o pequeno terreno disponível para construção tornaram o projeto estrutural extremamente complexo. Diversos detalhes especiais metálicos tiveram que ser desenvolvidos por Fatih Yalniz e sua equipe de projetos, para as ligações entre os nós formados por pilares e vigas.

Esses detalhes especiais tiveram como objetivo viabilizar a construção do edifício, uma vez que o congestionamento convencional de armaduras nessas ligações impossibilitaria um adensamento adequado do concreto de alta resistência empregado. Neste caso as resistências variaram de 50 a 100 MPa.

Igualmente ao *432 Park Avenue*, o *53w53 MoMA Tower* possui elevada esbeltez e o equilíbrio dos esforços dinâmicos e o conseqüente conforto ao usuário só foi possível

através do projeto e instalação de um TMD, com massa total de 450 toneladas.

A estrutura do *MoMA Tower* conta também com três outriggers, colocados estrategicamente em três pavimentos ao longo da altura do edifício.

Encerrando, Fatih falou também sobre o icônico projeto do *111w57th*, edifício mais esbelto do mundo e que ainda se encontra em fase final de construção na cidade de Nova York.

Com 435 metros de altura e 82 pavimentos, quando finalizado será o terceiro maior edifício de Nova York e o 25º mais alto do mundo, além de um índice de esbeltez de 1:23.

Possui uma estrutura particular, associando o sistema de aberturas ao vento introduzidas no *432 Park Avenue*, além de sistemas de contraventamento internos e um poderoso amortecedor de 800 toneladas, instalado na área técnica do edifício em seu topo.



53w53 MoMA Tower – NYC



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

Os últimos níveis do edifício não são habitados e possui estrutura metálica. Entretanto, os demais pavimentos são todos em concreto armado, sendo a estrutura composta basicamente por pilares parede, vigas de borda, outriggers e lajes maciças.

PALESTRA 2 – ACIR MÉRCIO LOREDO-SOUZA

Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Coube ao Prof. Acir Loredo-Souza, professor associado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, discutir os efeitos do vento em edifícios altos, assim como as principais alterações que estão sendo discutidas no comitê técnico de revisão da ABNT NBR 6123.

Dentre as principais alterações, está o novo mapa de isopletas, proposto pela comissão, elaborado com dados de diversos aeroportos e estações de medições em todo o Brasil. Segundo apresentado por Acir, esse novo mapa refletirá, com maior precisão, as regiões e respectivas velocidades dos ventos sinóticos que ocorrem no país.

Além das alterações normativas, foram apresentados diversos casos de avaliação de modelos reduzidos em túnel de vento, para obtenção de dados de esforços para elaboração do projeto estrutural.

Em geral, nos edifícios com geometria atípica e com padrões de altura pouco convencionais, se faz necessário o ensaio de



Prof. Acir Mércio Loredo-Souza em momento de sua palestra



Eng. Luiz Aurélio Fortes da Silva no Seminário

túnel de vento, pois os dados obtidos via metodologia normativa podem não ser representativos para determinadas edificações.

PALESTRA 3 – LUIZ AURÉLIO FORTES DA SILVA

Diretor da SIS Engenharia

Luiz Aurélio apresentou alguns casos de edifícios altos projetados e em construção no Brasil, em especial alguns edifícios altos de Balneário Camboriú, em Santa Catarina, e em São Paulo, capital.

Em sua palestra, Aurélio fez um comparativo entre alguns modelos adotados na análise tridimensional de edifícios, modelos com fundações discretizadas, assim como a análise da interação solo-estrutura e seus impactos no modelo estrutural.

Também Aurélio demonstrou a importância da Avaliação Técnica do Projeto Estrutural, prevista na ABNT NBR 6118:2014 e como a interação entre projetista estrutural, avaliador técnico e demais entes pode beneficiar o processo de elaboração da estrutura.

PALESTRA 4 – ANDREAS TSELEBIDIS

Diretor de Tecnologia do Concreto e Soluções Sustentáveis da BASF USA

Andreas apresentou a palestra com o título: Engenharia do Impossível, Construindo um Futuro Sustentável.

Dentro desse tema, foram apresentadas as soluções não convencionais para desenvolvimento e produção de traços de concreto especiais empregados nos edifícios mais altos do mundo, dentre eles: *One World Trade Center*, *Hudson Yards* e *432 Park Avenue*, em Nova York; *Shanghai Tower*, na China; e diversos outros edifícios no Oriente Médio.

Dentre as soluções apresentadas destacam-se: os concretos de alta resistência e alto módulo empregados nos projetos da torre do *One World Trade Center*, com resistência de 110 MPa e módulo de 53 GPa, obtidos aos 56 dias, e o concreto branco aparente, empregado no *432 Park Avenue*, com resistência de 80 MPa e módulo de 50 GPa aos 56 dias.

Os desafios ao concreto também foram destacados, uma vez que o bombeamento a grandes alturas só é possível com uso de concreto autoadensável, juntamente com equipamentos especiais. Nesse contexto, Tselebidis apresentou o que há de mais moderno em termos de tecnologia do concreto e aditivos para concreto, que possibilitam o desenvolvimento de soluções não convencionais, de forma robusta e confiável.

No caso especial do *432 Park Avenue*, Andreas destaca que a cor branca do concreto foi o principal fator de dificuldade, pois manter o concreto sem manchas é muito difícil. Entre os aspectos do traço revelados, está a adoção de cimento branco e dióxido de titânio na mistura. Os demais aspectos, segundo ele, são confidenciais.

Um ponto muito importante dessa palestra foi o quesito de idade de controle de resistência e módulo do concreto para edifícios altos, que varia de 56 a 91 dias conforme o caso. Também foi salientado que a produção regular desses concretos especiais depende de um controle muito



Público atento e participativo na palestra de Nicholas Beristain

rigoroso dos insumos e do processo de produção do concreto.

Ao final, saindo um pouco do contexto e se dirigindo especialmente aos jovens estudantes, Andreas deixou uma importante mensagem sobre saúde e qualidade de vida, especialmente relacionados as tecnologias que utilizamos em nosso dia a dia.

PALESTRA 5 - NICHOLAS BERISTAIN

Gerente Técnico da Praire Material do Grupo Votorantim em Chicago IL

Nick abordou em sua palestra os aspectos do mercado de Chicago para produção de concreto para edifícios altos.

Foi apresentado os principais requisitos de uma central de produção de concreto, para um controle de qualidade adequado, assim como as particularidades do processo de produção de concretos especiais, como, por exemplo, concretos autoadensáveis, concreto massa e de alta resistência.

Dentro desses itens, Nick apresentou os casos mais emblemáticos de edifícios em concreto armado e estrutura mista produzidos em Chicago, onde foi necessária a adoção de soluções especiais para dosagem e produção do concreto.

O uso de aditivos e adições especiais, agregados de boa qualidade, gelo e até mesmo nitrogênio líquido em alguns casos são fundamentais para obter concretos com as propriedades requeridas para a aplicação. A organização e manutenção da central de concreto também fazem toda a diferença.

PALESTRA 6 - RENATO SALLES CORTOPASSI

Diretor da Kali Engenharia

Renato Cortopassi abordou em sua palestra a evolução dos métodos de análise de fundações e da interação



Andreas Tselebidis palestrando para público presente no Seminário



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

solo-estrutura, juntamente com exemplos retirados de estudos de caso de edifícios altos em construção no Centro-Oeste do Brasil e sistemas de fundações de edifícios altos ao redor do mundo.

O sistema de radier estaqueado foi abordado como uma solução eficiente e econômica para edificações acima de 150 metros de altura.

Também se abordou a importância de um estudo adequado do solo e da interação entre o projeto geotécnico e o projeto estrutural, principalmente no quesito de compatibilização da rigidez das fundações no modelo estrutural para obtenção da carga final de dimensionamento.

PALESTRA 7 – LUIZ HENRIQUE CEOTTO

Managing Partner Tecnoeng

Luiz Henrique Ceotto finalizou o seminário abordando os aspectos construtivos, do projeto de sistemas e de uso e operação de edifícios altos, com destaque especial para o projeto de segurança contra incêndio, uma vez que, em edifícios de elevada altura, a evacuação passa a ser um sério problema a ser contornado pela Engenharia.

Em algumas edificações superaltas já se adota o conceito de construção de abrigos enclausurados anti-incêndio em determinados pavimentos, possibilitando refúgio ao usuário até a chegada de socorro.



Renato Salles Cortopassi em momento de sua palestra



Luiz Henrique Ceotto no Seminário de Edifícios Altos

Outro aspecto importante, segundo Ceotto, é o tempo de espera e em uso dos elevadores, pois em edifícios com elevadores não setorizados, o tempo que o usuário pode gastar se locomovendo dentro do próprio edifício pode ser muito grande.

Em geral, edifícios altos comerciais já são pensados com sistemas de elevadores setorizados, onde o usuário pode em poucos segundos alcançar os andares mais altos sem muitas dificuldades. Já, no projeto de edifícios altos residenciais, a setorização de elevadores tende a ser mais difícil e onerosa ao projeto.

No quesito uso e operação, a adoção de monitoramento dos sistemas é fundamental para que não haja interrupções ou falhas no funcionamento dos mais variados itens do edifício. A adoção, por exemplo, de sensores de água em ralos instalados estrategicamente no edifício, pode evitar que um vazamento acidental de água chegue até os elevadores e paralise sua operação.

Ao primeiro sinal de vazamento o sensor do ralo dispara um alarme no centro de monitoramento que imediatamente aciona uma equipe de manutenção. (Ceotto)

Paralelamente, essas edificações necessitam de um sofisticado sistema de gestão de manutenção, de modo a garantir pleno funcionamento de todos os sistemas e subsistemas do edifício.



FEIBRACON
Feira Brasileira da Construção em Concreto

XV FEIBRACON:

curiosidades do 61º Congresso Brasileiro do Concreto



A letra **Como nossos pais**, do compositor e cantor cearense, **Antônio Carlos BELCHIOR**, música imortalizada na voz de **Elis Regina**, traz um verso que diz:

- Ou então;
- Que eu tô inventando;
- Mas é você que ama o passado;
- E que não vê;
- **Que o novo sempre vem!**



O **novo que sempre vem** fulgurou nas palestras de patrocinadores do **61º CBC 2019**, no **Espaço do Conhecimento** da **XV Feira Brasileira da Construção em Concreto**.



61º

CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019



- Inovação do concreto em tempos de crise (**Lafarge Holcim**);
- Mitos e verdades na especificação de cimentos com foco em durabilidade (**Votorantim**);
- Internet das coisas na construção civil (**Intercement**);
- Combate à mudança climática em um mundo de cimento digital (**Cimento Apodi**);
- Concretos autocicatrizantes (**Penetron**);
- Portfólio de soluções do SENAI (**FIEC**).

E se estamos falando **que o novo sempre vem**, as novidades do mundo moderno trouxeram a procura pelos espaços *instagramáveis*, onde fotos e *selfies* são feitas para serem postadas e curtidas nas redes sociais. Assim surgiu o **Concespaço Instagramável** no **61º Congresso Brasileiro do Concreto**, em Fortaleza, uma parceria dos expositores **ABCP, ABESC e IBTS**, incentivando os congressistas, estudantes e profissionais a fazerem seus registros e postá-los na **#euamoconcreto**.

Seminário abordou concretos especiais

FÁBIO LUÍS PEDROSO

No 61º Congresso Brasileiro do Concreto foi realizado, no dia 17 de outubro, no Centro de Eventos do Ceará, o Seminário de Inovações Tecnológicas, que trouxe novidades a respeito de pesquisas e aplicações dos concretos especiais no país. O Seminário foi coordenado pelo professor da Unisinos, Bernardo Tutikian, e contou com o patrocínio da GCP, Viapol e Votorantim.

O engenheiro da diretoria técnica da Votorantim Cimentos, Luiz de Brito Prado Vieira, abordou alguns dos concretos especiais que vêm sendo desenvolvidos pela companhia no país. O concreto de alto módulo foi desenvolvido para atender a uma demanda de projetistas de edificações por concretos de módulo mais alto, mas sem necessariamente maiores resistências à compressão e maiores consumos de cimento. Segundo Brito, “tem sido possível fabricar concretos com aumento de 20% no módulo de elasticidade, sem aumentar os custos desses concretos”.

A Votorantim vem também desenvolvendo concretos com fins estéticos, como o concreto autolimpante, o concreto hidrorrepelente e o concreto luminescente, para atender nichos de mercado. O concreto autolimpante incorpora dióxido de titânio, que promove reação fotocatalítica capaz de decompor a sujeira depositada na superfície do concreto, transformando-a em gases, líquidos e sólidos facilmente removíveis com a água de chuva. Dessa forma, consegue-se manter a cor das superfícies das edificações, além de eliminar manchas e facilitar a limpeza e manutenção. Já, o concreto hidrorrepelente usa aditivos hidrofóbicos à base de resina de silicone, que reduz a tendência da matriz cimentícia de absorver água por capilaridade. Com isso, esse concreto



Engenheiros Luiz de Brito e Gustavo Polidoro são interpelados pelo público, com mediação de Bernardo Tutikian (dir.)

serve de barreira para proteger as estruturas contra a ação de água e de agentes ambientais agressivos, prevenindo o aparecimento de manchas de bolor, deslocamentos e corrosão de armaduras. Por fim, o concreto luminescente incorpora pós fluorescentes em substituição parcial ou total aos agregados, absorvendo energia solar durante o dia para convertê-las em luz visível durante à noite. Além de sua finalidade estética, pode também ser usado para fins de iluminação de vias e rodovias, com economia de energia elétrica.

Brito tratou também dos concretos autocicatrizante e de baixo impacto ambiental. Ele distinguiu a colmatação natural do concreto, processo contínuo de hidratação de materiais não hidratados no concreto, com formação de cristais, que selam as fissuras, da autocicatrização, processo induzido por catalisador cristalino em solução com sílica reativa, que forma um material cimentício sintético, que desconectam poros e preenchem fissuras no concreto. Segundo Brito, o concreto autocicatrizante desenvolvido na empresa tem promovido o fechamento de fissuras de até 0,4 milímetros, apresenta resistência a pressões hidrostáticas positivas e negativas e tem baixa permeabilidade. Com isso, tem sido aplicado para reduzir etapas de impermeabilização nas



61° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2019

obras, reduzir custos de manutenção preventiva e corretiva, e aumentar a vida útil das obras.

Já, o concreto de baixo impacto ambiental combina uso de cimentos com adições, reaproveitamento de resíduos da produção de concreto e coprocessamento de resíduos nos fornos de cimento. Seu desenvolvimento está ligado a preocupação crescente no setor cimenteiro em reduzir a pegada ambiental com a produção do cimento e do concreto.

O concreto reforçado com fibras foi tema de duas palestras no Seminário. O engenheiro da Viapol/Euclid Group, Gustavo Polidoro, discutiu o comportamento das macrofibras sintéticas em pisos de concreto. Após conceituar o concreto reforçado com fibras como o concreto com material fibroso, voltado a aumentar a integridade estrutural do compósito pelo aumento de sua capacidade de deformação após sua fissuração, ele buscou caracterizar as fibras adicionadas ao concreto. As microfibras são fibras com até 24mm de comprimento e 0,3mm de diâmetro. Seu uso volta-se ao controle de fissuras ocasionadas pela retração do concreto em sua fase plástica. Já, as macrofibras são fibras com diâmetro superior a 0,3mm e comprimento superior a 38mm. Sua função é redistribuir os esforços pela estrutura, transferindo tensões de tração

através de fissuras, proporcionando, assim, ductilidade ao concreto.

Em seguida, o Eng. Polidoro elencou os fatores determinantes para o desempenho das macrofibras no concreto: sua ancoragem, módulo de elasticidade, número de filamentos por massa do concreto, resistência química e modos de mistura das fibras no concreto.

Sua conclusão foi que as características das macrofibras sintéticas possibilitam sua aplicação em pisos de concreto para reforço estrutural em substituição às telas e vergalhões de aço, com ganhos no aumento da resistência ao impacto e à fadiga, e com redução dos índices de fissuração. Isto porque as fibras promovem o reforço tridimensional do piso de concreto. Além disso, as macrofibras trazem agilidade na execução do piso, por dispensar bombeamento do concreto e posicionamento da armadura, e possibilitam maior espaçamento de juntas no pavimento. Estudo apresentado mostrou ainda redução de 20% nos custos com aquisição de materiais em relação ao piso de concreto armado.

Já, o professor da Escola Politécnica da USP, Antonio de Figueiredo, apontou as tendências para o uso estrutural do concreto reforçado com fibras no Brasil. Ele lembrou que a obra da Linha 4 do Metrô de São Paulo foi o divisor de águas para o uso do CRF no país,

pois foi quando se realizaram ensaios em aduelas pré-fabricadas de concreto reforçado com fibras, cujos resultados possibilitaram ter uma compreensão do comportamento do compósito para sua aplicação com bom desempenho. Outro passo importante para sua aplicação segura no país foi o lançamento das Práticas Recomendadas sobre o projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras, controle da qualidade



Prof. Antonio de Figueiredo palestrando no Seminário

do CRF, macrofibras poliméricas para concreto estrutural e macrofibras de vidro álcali-resistentes para concreto estrutural. Essas publicações foram decorrência do trabalho do Comitê Técnico 303 IBRACON/ABECE, cujos membros trabalham atualmente nos projetos de normas sobre o CRF no âmbito da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O Prof. Figueiredo salientou, por meio de resultados de ensaios de três tipos de tubos de concreto (com tela de aço, com fibras de aço e híbrido) submetidos ao ensaio de compressão diametral, o melhor desempenho mecânico de sistemas combinados de armaduras e fibras, bem como a necessidade atual das pesquisas por modelos de previsão do comportamento estrutural do concreto reforçado com fibras com diferentes tipos de configurações (reforço ortogonal ou paralelo das fibras em relação ao padrão de fissuração, por exemplo). “Essas modelagens devem possibilitar comparação de respostas virtuais em termos de níveis de deslocamento e abertura de fissuras, bem como padrões de fissuração, para cada condição de carregamento, que, uma vez validadas por meio de ensaios em escala real, devem garantir a otimização de sistemas de reforço com concreto reforçado com fibras”, explicou Figueiredo.

Questionado sobre os segmentos que demandariam mais CRF no país, em termos de seu custo-benefício, o Prof. Figueiredo respondeu que a aplicação do CRF deve ser concentrar mais em peças submetidas a maiores esforços e em concreto pré-moldado.

O gerente técnico da GCP/Grace para a América Latina, Eng. Rogério Venâncio, apresentou o concreto com fluidez controlada, que combina as vantagens do concreto convencional e do concreto autoadensável.

Ele iniciou sua apresentação enumerando os desafios para se produzir concreto autoadensável (alto consumo de cimento, maior custo por metro cúbico, maior risco de segregação e exsudação, necessidade de maior controle tecnológico) e para se executar o concreto convencional (necessidade de vibração, menor produtividade,



Mesa de debates com palestrantes do Seminário

necessidade de maior mão de obra e pior acabamento). Para superar esses desafios, a GCP desenvolveu o concreto com fluidez controlada, que, segundo Venâncio, requer pequeno ajuste no traço, tem custo intermediário entre o concreto convencional e o concreto autoadensável, tem robustez à umidade e à segregação, boa fluidez (espalhamento de 400 a 700 mm) e requer pouca vibração. O segredo estaria no desenvolvimento de aditivos policarboxilatos inovadores, capazes de assegurar alta fluidez com baixo consumo de cimento.

O Eng. Venâncio apresentou casos de uso do concreto de fluidez controlada em obras com o sistema de paredes de concreto, em lajes e em pavimentos no Brasil, México e Estados Unidos.

Por fim, o professor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Roberto Christ, abordou o desenvolvimento e a aplicação do concreto de ultra-alto desempenho (UHPC) no Brasil. Este concreto combina as propriedades do concreto de alto desempenho, do concreto autoadensável e do concreto reforçado com fibras. Sua resistência à compressão mínima é de 150 MPa. Além disso, ele tem elevada resistência à tração (mínima de 8 MPa) e elevada ductilidade. A chave para sua produção está no empacotamento das partículas que entram em sua composição.

O Prof. Roberto Christ trouxe vários exemplos da aplicação do UHPC no mundo, em pontes e passarelas, coberturas de estádios de futebol e, em especial, na produção de placas de um sistema construtivo modular de casas pré-fabricadas, desenvolvido por empresa brasileira (veja nesta edição).



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

Sócios do IBRACON elegem Conselho Diretor para gestão 2019/2021

Em votação direta, secreta e eletrônica, os associados ao Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) elegeram os membros do seu Conselho Diretor para a gestão 2019/2021.

Puderam votar todos os associados, adimplentes e com mais de seis meses de filiação, excluídos os da categoria “Estudante de Graduação”. Eles assinalaram seu voto nos nomes dos



Prof. Paulo Helene, eleito presidente do IBRACON, apresenta o Prof. Paulo Monteiro ao público presente no 61º Congresso Brasileiro do Concreto para assistir a sua conferência plenária

► **Tabela 1 – Membros corporativos do Conselho Diretor da gestão 2019/2021***

1	ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland
2	ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
3	IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
4	TQS Informática Ltda
5	EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
6	ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
7	PhD Engenharia Ltda
8	FURNAS Centrais Elétricas S/A
9	ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem
10	L. A. Falcão Bauer Centro Tecnológico
11	Votorantim Cimentos S/A

* HOVE EMPATE ENTRE O DÉCIMO E O DÉCIMO PRIMEIRO MAIS VOTADOS

► **Tabela 2 – Membros individuais do Conselho Diretor da gestão 2019/2021***

1	Enio José Pazini Figueiredo
2	Inês Laranjeira da Silva Battagin
3	Antônio Domingues de Figueiredo
4	Bernardo Fonseca Tutikian
5	Claudio Sbrighi Neto
6	Rafael Timerman
7	Vladimir Antônio Paulon
8	Iria Licia Oliva Doniak
9	Arnaldo Forti Battagin
10	César Henrique Sato Daher
11	Jéssika Mariana Pacheco
12	Leandro Mouta Trautwein
13	Luiz Prado Vieira Júnior
14	José Tadeu Balbo
15	Carlos José Massucato
16	Mário William Esper
17	Hugo da Costa Rodrigues Filho
18	Antônio Carlos dos Santos

* COM A INDICAÇÃO DO PRIMEIRO, QUARTO, QUINTO, SEXTO, DÉCIMO, DÉCIMO PRIMEIRO, DÉCIMO SEGUNDO E DÉCIMO QUINTO MAIS VOTADOS PARA COMPOR A NOVA DIRETORIA, OS SUPLENTES ATÉ A 18ª POSIÇÃO OS SUBSTITUÍRAM COMO TITULARES NO CONSELHO DIRETOR.

associados que desejaram concorrer ao Conselho Diretor, ou indicaram até dois associados de sua preferência no campo em branco da cédula.

O prazo de votação foi de 3 de setembro até as 12 horas de 17 de outubro (horário de Brasília).

Cada associado com direito a voto recebeu login e senha para acessar o sistema de votação (portal.ibracon.org.br/eleicoes), votar e imprimir seu voto e o certificado de sua participação.

O sistema de votação foi aberto publicamente pelos membros da Comissão de Apuração, formada pelos associados Carla Sahium, presidente da Comissão, e Flávio Moreira Salles, no dia 17 de outubro, no Centro de Eventos do Ceará, local de realização do 61º Congresso Brasileiro do Concreto.

Foram apurados pela Comissão 199 votos válidos na plataforma de votação, de um total de 476 sócios aptos para votar.

Confira os membros do Conselho Diretor do IBRA-CON para a gestão 2019/2021 nas Tabelas 1 e 2.

Órgão máximo deliberativo do Instituto Brasileiro do Concreto, o Conselho Diretor é formado pelos 10 associados mais votados na categoria “Individual” e pelos 10 associados mais votados nas categorias “Coletivos” e “Mantenedores”. Também fazem parte do Conselho, os ex-presidentes do IBRA-CON, como conselheiros permanentes.

No último dia 28 de novembro, o Conselho Diretor eleito escolheu o Prof. Paulo Helene como presidente da gestão 2019/2021, que, ato contínuo, apresentou sua Diretoria, homologada pelo Conselho.

Em seu discurso de agradecimento, Paulo Helene apresentou as metas para a nova gestão, como o aumento no número de associados, o pacote de benefícios para a fidelização dos associados e o aumento de receita por meio das atividades do Instituto.



PRÁTICA RECOMENDADA IBRA-CON/ABECE

Controle da qualidade do concreto reforçado com fibras

Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRA-CON/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



Potencial para aproveitamentos de resíduos de rochas ornamentais na construção civil

BRUNA MARIANI – PROFESSORA

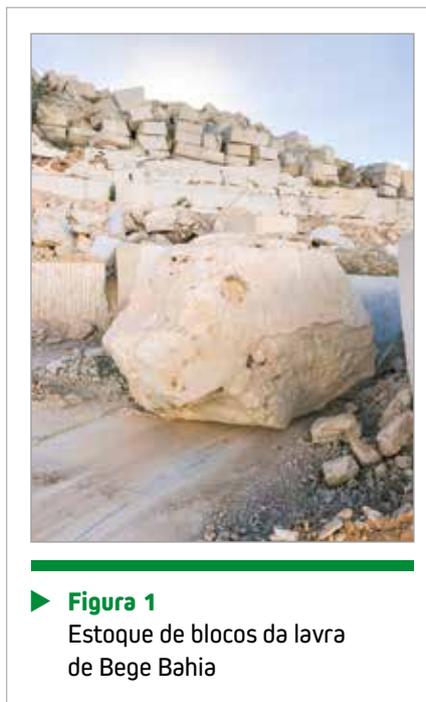
LUARA BATALHA – PROFESSORA

SENAI CIMATEC – UNIDADE EMBRAPPI

I. INTRODUÇÃO

Entre as indústrias parceiras do segmento de rochas ornamentais, se destaca a indústria da construção civil, uma das mais importantes do mundo e grande consumidora de recursos naturais. Seu potencial de reaproveitamento de resíduos gerados pelo segmento pode fornecer o desenvolvimento de produtos como revestimentos internos e externos, elementos urbanos para parques, jardins e pavimentação. Segundo estudo de 2018 da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABI-ROCHAS), o Brasil é o 4º maior produtor mundial e o 6º maior exportador de rochas ornamentais (dados de 2013 a 2016), sendo o estado da Bahia o 4º em produção no país, com 850.000 toneladas produzidas no ano de 2017.

Na Bahia, o grande destaque é a exploração do Mármore Bege Bahia, um travertino cujas jazidas são encontradas exclusivamente no norte do estado, nos municípios de Campo Formoso, Jacobina, Mirangaba, Umburanas e Ourolândia, este último com a maior produção. O processo de extração deste tipo de mármore é feito



► **Figura 1**
Estoque de blocos da lavra de Bege Bahia

a céu aberto, com o corte de grandes pranchas, com o uso de fio helicoidal, diamantado, ou até de forma manual, etapa esta chamada de lavra. A partir das pranchas são talhados blocos, que passam pelo processo de beneficiamento, que é a serragem do bloco em teares de fios diamantados, para a obtenção de chapas brutas, que, por fim, são transportadas para as marmorarias para o acabamento.

Em todas as fases descritas, há geração de estoques de remanescentes, sendo que na lavra esses estoques se configuram como blocos de dimensões diversas, e na serragem obtém-se, além das chapas, uma lama, que quando decantada se resume a um pó inerte, com baixa granulometria.

2. USO DE RESÍDUO DA SERRAGEM DO MÁRMORE BEGE BAHIA

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, a produção brasileira desta indústria é bastante expressiva, apresentando um montante de aproximadamente 900.000 toneladas de materiais rochosos minerais, apenas no primeiro semestre de 2019.

Todas as fases de produção de peças de mármore Bege Bahia geram resíduos. Na primeira etapa de extração (lavra), é quando ocorre a maior geração de resíduo, pois apenas cerca de 20% de rocha extraída é aproveitada e encaminhada à próxima fase. Os resíduos gerados na fase da lavra são blocos de rocha calcária sedimentar (Figura 1).

A fase seguinte é a serragem (Figura 2). Nela também ocorre grande geração de resíduo, cerca de 25% do material produzido. Já, a fase de beneficiamento secundária (polimento), a geração de resíduo acontece em menor escala, com o umedecimento do resíduo e posterior decantação.

O aspecto final do resíduo é pulverulento e apresentado na Figura 3.

No Brasil, o tratamento dos resíduos sólidos industriais carece de informações precisas e detalhadas, pois, além das estimativas não indicarem quantidades de resíduos gerados e riscos potenciais, os dados existentes são pouco confiáveis.

Para realizar o correto aproveitamento e destinação, os resíduos sólidos industriais devem ser classificados quanto à sua periculosidade. Esta classificação é feita segundo a NBR 10004:2004 (ABNT, 2004), e envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação desses constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

De acordo com a NBR 10004:2004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos são classificados em dois grupos, perigosos e não perigosos, sendo este último grupo subdividido entre os resíduos não inertes e os inertes:

- ▶ **Resíduos Classe I – Perigosos:** aqueles que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas. Estas características são: inflamabilidade; corrosividade; reatividade; toxicidade; e patogenicidade;
- ▶ **Resíduos Classe II – Não perigosos:**
 - Resíduos Classe II A – Não inertes: Podem ter propriedades como:

biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

- Resíduos Classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os resíduos classe I ou IIA, caso não sejam tratados, depositados e destinados de forma regular e correta, podem impactar negativamente o meio ambiente. Sendo assim, estudos que visam o reaproveitamento de resíduos se tornam essenciais para que haja o correto gerenciamento e, assim, se estabeleçam diretrizes que proporcionem benefícios sociais, econômicos e ambientais.



▶ **Figura 2**
Estoque de lama proveniente da serragem de blocos de Bege Bahia

3. USO DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM PRODUTOS DE MATRIZ CIMENTÍCIA

Alguns trabalhos que visam o reaproveitamento de resíduos pelo setor da construção civil já foram desenvolvidos.



▶ **Figura 3**
Aspecto final do resíduo de serragem de blocos de Bege Bahia

Entre os estudos realizados, se destacam aqueles que avaliaram a influência de resíduos industriais na produção de clínquer, em propriedades físico-mecânicas de argamassas e em propriedades fotocatalíticas de argamassas, além de trabalhos que avaliam sua utilização para a produção de cerâmica vermelha.

Se tratando de resíduos oriundos da indústria de rochas ornamentais, foi verificada a viabilidade técnica da incorporação de resíduo de mármore bege em produtos de matrizes cimentícias, mais especificamente, em argamassas.

Por outro lado, ainda não foram observados trabalhos visando o aproveitamento de resíduo de mármore bege para a produção de clínquer. Contudo, diversos pesquisadores, como Martins *et al.* (2014) e Mariani (2018) desenvolveram trabalhos nos quais reutilizaram diferentes tipos de resíduos como matérias-primas e reduziram custos e/ou impactos ambientais na fabricação de cimento.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o resíduo resultante do processo de produção de mármore bege apresenta composição química bastante heterogênea. Entretanto, esse resíduo se destaca pela presença de sílica e a alta concentração de cálcio, componentes respectivamente essenciais para utilização como adição em argamassas e na produção de clínquer, além de apresentar os quatro principais óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO) que as matérias-primas do clínquer necessitam.

Em relação à granulometria do resí-



► **Figura 4**
Resíduo de serragem de mármore Bege Bahia beneficiado

duo de corte de mármore, alguns estudos verificaram que essa categoria de resíduo apresentou granulometria bastante fina e alta superfície específica. A dimensão máxima característica desse resíduo é menor do que da areia fina, apresentando diâmetro médio de 0,012 mm. Sua finura pode ser observada na Figura 4 e evidencia seu potencial como filer em misturas de argamassas, possibilitando promover o tamponamento de poros da matriz cimentícia e também como substituição à matéria-prima do clínquer, colaborando para que ocorram as reações de fases cristalinas, no processo de clinquerização.

4. PARCERIA SOCIOAMBIENTAL

Na busca por soluções viáveis, sustentáveis e econômicas, micros e pequenas empresas do ramo, mesmo

como concorrentes, se reuniram para encontrar na inovação uma forma de dar utilização aos estoques de remanescentes que se acumulavam com o passar dos anos e perceberam no modelo de financiamento EMBRAP-II (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) um caminho para atender a esta demanda. Desta maneira, surgiu a parceria com a instituição que atua de forma flexível e sem burocracia visando aproximar a indústria com os institutos de pesquisa para o desenvolvimento de projetos inovadores. Na prática, a EMBRAP-II financia até 1/3 do valor dos projetos com recursos não reembolsáveis, sendo que, aliado ao Sebrae como neste caso, a contrapartida financeira das empresas fica ainda menor. Já são mais de 800 projetos apoiados com mais de 550 empresas, sejam elas startups, pequenas ou multinacionais.

O desenvolvimento de projetos no reaproveitamento de resíduos de mármore foi encabeçado pela Unidade EMBRAP-II, SENAI CIMATEC. O objetivo foi o de avaliar a viabilidade técnica da incorporação desse resíduo de serragem em argamassa autoadensável para produção de contrapiso autonivelante e como matéria-prima do clínquer.

Nos dois estudos serão desenvolvidas formulações com distintos teores de uso do resíduo para definição da melhor porcentagem de incorporação.

Os benefícios futuros dos projetos abrangem diversos aspectos da sociedade. A diminuição do consumo de agregados, no caso da argamassa,

► **Tabela 1 – Composição química do resíduo de mármore bege**

Material	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Total (%)
Mármore	4,573	0,604	0,271	90,480	3,222	0,154	0,222	99,526

e de calcário, no estudo do clínquer, impacta diretamente na conservação da fauna e flora, visto que a extração desses materiais poderá ser reduzida, pois serão substituídos pelos estoques remanescentes existentes. Além disso, o benefício ambiental alcançado por meio dos projetos torna-se ainda maior, visto que as argamassas e cimentos produzidos se tornarão repositórios úteis e, assim, oferecerão ao resíduo, atualmente depositado em

aterros, uma destinação permanente e sustentável.

Do ponto de vista econômico, há também um ganho para as indústrias envolvidas, já que novas parcerias podem ser firmadas, pois será possível contribuir para a fabricação de produtos bastante utilizados no setor da construção civil, o cimento e a argamassa.

5. CONCLUSÃO

De modo geral, os estudos iniciais

de caracterização do resíduo de mármore Bege Bahia indicam seu potencial para produção de argamassas autoadensáveis e clínqueres, assim como para a redução da ação impactante desses produtos sobre o meio ambiente, sem abrir mão da sua qualidade. Contudo, incorporações ideais do resíduo ainda estão sendo estudadas, para que resultados satisfatórios sejam alcançados com seu máximo reaproveitamento. ↩

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABIROCHAS. O setor brasileiro das rochas ornamentais. 2018. Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. Disponível em: < https://www.abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/abinoticias/Setor_de_Rochas_Ornamentais.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2019.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 21 p.
- [4] MARIANI, Bruna Bueno. Produção de clínquer Portland com baixa emissão de CO₂ a partir da incorporação de minério não reagido (MNR) advindo da produção de TiO₂. 2018. 160 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.
- [5] MARTINS, Eliziane Jubanski. Procedimento para dosagem de pastas para argamassa auto-nivelante. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.



GUIA DE PREVENÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON



COMITÊ TÉCNICO – CT-201
Coordenador: Cláudio Sbrighi Neto
Secretário: Eduardo Brandau Quitete

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-31-2
Formato: 18,6 x 23,3cm
Páginas: 32

PATROCÍNIO



Guia de Prevenção da Reação Alkali-Agregado

COORDENADORES

Cláudio Sbrighi Neto, Eduardo Brandau Quitete
e Arnaldo Forti Battagin

Apresenta de forma didática a sequência de ações necessárias para a prevenção da reação álcali-agregado (RAA). São abordadas generalidades da RAA, avaliação de risco de sua ocorrência, medidas preventivas, classificação da ação preventiva, ensaios laboratoriais, medidas de mitigação e a tomada de decisão.

O trabalho é resultado das discussões ocorridas no **Comitê Técnico de Reação Álcali-Agregado do IBRACON (CT-201)** e seu lançamento segue a recente publicação das sete partes da norma **ABNT NBR 15577 Agregados – Reatividade álcali-agregado**.

Aquisição: Acesse a Loja Virtual do IBRACON.

www.ibracon.org.br

Aplicação do concreto de ultra-alto desempenho (UHPC) em sistema construtivo habitacional no Brasil

ROBERTO CHRIST – PROFESSOR-DOUTOR

FERNANDA PACHECO – PROFESSORA-MESTRE

BERNARDO TUTIKIAN – PROFESSOR-DOUTOR

UNISINOS – itt PERFORMANCE

PAULO HELENE – PROFESSOR-DOUTOR/DIRETOR

USP – PhD ENGENHARIA

I. INTRODUÇÃO

Concreto de Ultra-Alto Desempenho (UHPC) é um compósito cimentício reforçado com fibras. Na sua composição não há a inserção de agregados graúdos, tendo apenas a introdução de agregados finos e fibras. A compatibilidade entre os constituintes é de fundamental importância e requer um estudo específico e alto controle no processo de produção.

O UHPC pode ser considerado uma evolução de três tipos de concreto, o concreto de alto desempenho (CAD), o

reforçado com fibras (CRF) e o autoadensável (CAA), como mostra a Figura 1 (TORREGROSA, 2013).

Algumas entidades apresentaram definições com relação ao UHPC. A Associação Francesa de Engenharia Civil (AFGC) define o UHPC como sendo uma matriz cimentícia reforçada com fibras de aço, com resistência à compressão superior a 150 MPa aos 28 dias, podendo chegar à resistência de 250 MPa, possuindo elevada resistência à tração, superior a 8 MPa, e excelentes propriedades reológicas no seu estado fresco (AFGC, 2013).

Outra entidade, o *American Concrete Institute* (ACI), através do *Committee 239* (2013), define o UHPC como sendo um concreto que deve apresentar, no mínimo, a resistência à compressão de 150 MPa e um requisito de durabilidade específico para uma determinada situação, apresentando elevada ductilidade e resistência à tração, além da introdução de fibras no composto.

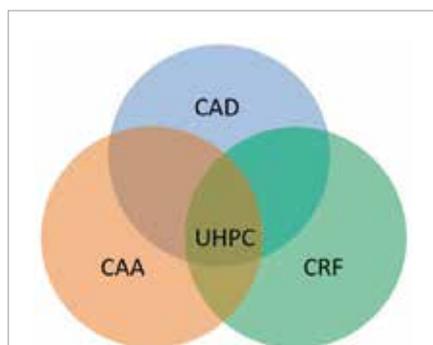
A produção do UHPC requer alguns cuidados, sendo a escolha correta dos materiais um deles. Os constituintes comumente presentes no UHPC são: cimento; areias muito finas; pozolanas,

como sílica ativa e cinza volante; aditivo superplastificante; fibras metálicas; e água (CHRIST; TUTIKIAN; PACHECO, 2011). O desenvolvimento de traços de UHPC foi estudado em diferentes países, porém nenhum desses estudos apresentou um método de dosagem científico para ser aplicado com diferentes materiais.

A proposição de um método de dosagem para a obtenção de uma mistura foi desenvolvida e é chamado de método UNISINOS (Christ, 2019). O método proposto apresenta uma maneira prática para se obter uma mistura, sendo que os materiais escolhidos são proporcionados de maneira em que a mistura apresente a maior compacidade possível. Este método foi utilizado em algumas aplicações do UHPC em sistemas construtivos e em elementos decorativos no Brasil. Neste artigo discorre-se sobre a utilização do método de dosagem UNISINOS (Christ, 2019) em um sistema construtivo de unidade habitacional isolada.

2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DOSAGEM

O método de dosagem UNISINOS se baseia em obter uma mistura com



► **Figura 1**

Junção dos três tipos de concreto que correspondem ao UHPC

Fonte: Torregrosa (2013, p. 37)

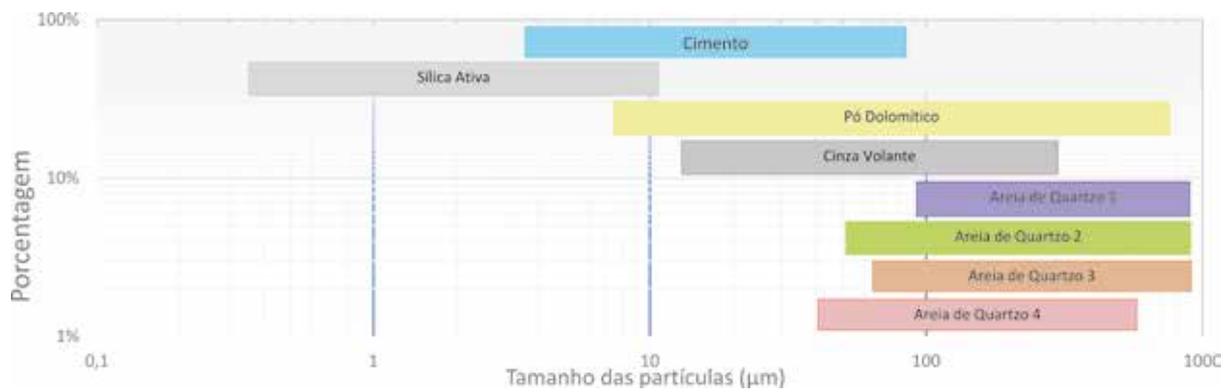


Figura 2
Variação granulométrica de diferentes materiais disponíveis no Brasil para utilização em UHPC

Fonte: Christ (2019, p. 28)

menor índice de vazios possível, ou seja, obter a máxima compactidade da mistura. Para o desenvolvimento de uma mistura de UHPC é preciso ter materiais de diferentes faixas granulométricas, e, para isso, a escolha dos materiais que serão utilizados depende da distribuição granulométrica de cada um.

O método proposto permite a estimativa do custo do UHPC através do valor de cada material. Diferentemente dos demais concretos, o insumo que mais repercute no custo do UHPC não é o cimento, e sim o custo de outros componentes especiais, como a sílica ativa e o aditivo superplastificante, que são utilizados em elevadas quantidades.

A Figura 2 apresenta diferentes materiais que podem ser utilizados e disponíveis no Brasil.

Ao analisar as diferentes opções, observa-se que existem materiais com faixas granulométricas similares, porém, que podem ter distribuição granulométrica variada. A sobreposição entre as faixas granulométricas gera uma compactidade menor, o que deve ser evitado.

O método de dosagem proposto UNISINOS (Christ, 2019) utiliza como base o método de empacotamento criado por Funk e Dinger em 1980, conhecido como equação de Andreasen e Andersen modificada.

Para que se obtenha a proporção ideal dos constituintes é determinado o Índice

de Desvio do Empacotamento (IDE) da mistura, em relação ao empacotamento ideal encontrado com a equação proposta por Funk e Dinger (equação 1). O IDE da mistura é a variação entre a curva de empacotamento, referente à soma de todos os diâmetros de cada parte da faixa granulométrica dos materiais (equação 2), e a curva granulométrica obtida através da equação 1 proposta por Funk e Dinger.

$$\frac{PAD}{100\%} = \frac{D^q - D_{min}^q}{D_{max}^q - D_{min}^q} \quad 1$$

Sendo que:

PAD – Porcentagem acumulada de cada diâmetro;

D^q – Diâmetro avaliado;

D_{min}^q – Diâmetro mínimo;

D_{max}^q – Diâmetro máximo.

$$\frac{PAD}{100} = \sum (Q * D_{retido}) \quad 2$$

Sendo que:

PAD – Porcentagem acumulada de cada diâmetro;

Q – Porcentagem de cada material na mistura;

D_{retido} – Porcentagem retida do determinado diâmetro.

Ao criar as curvas de empacotamento ideal e a curva de empacotamento da mistura temos como determinar o índice de desvio do empacotamento (IDE), que nada mais é do que a parte hachurada identificada na Figura 3. Se este índice for zero, por exemplo, significa que as porcentagens de cada diâmetro das partículas da mistura geram o empacotamento perfeito entre elas.

Para a determinação do IDE são elaborados os gráficos de empacotamento, com o auxílio de ferramentas do Excel que realizam testes de

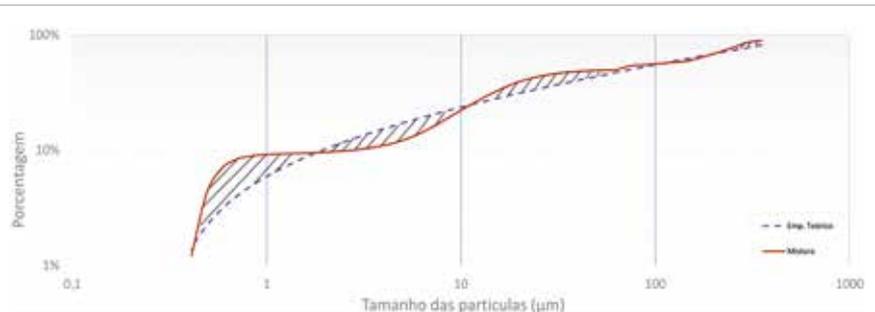


Figura 3
Área entre o empacotamento perfeito e o empacotamento da mistura

Fonte: Christ (2019, p. 83)



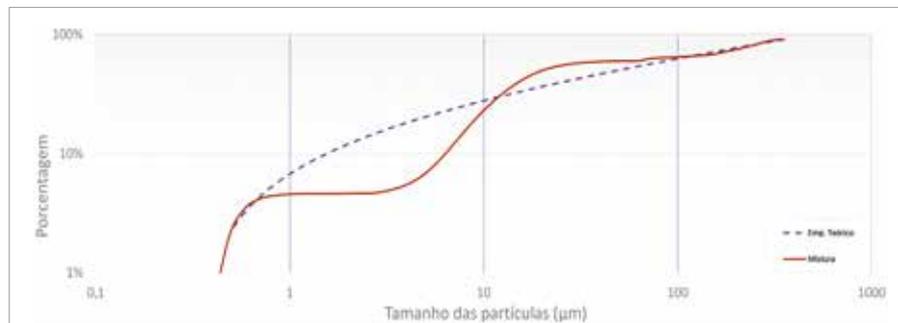


Figura 4
Curvas de empacotamento ideal e com IDE de 335 para o desenvolvimento do UHPC
Fonte: O autor

hipóteses, utilizando as equações 1 e 2 apresentadas. Assim, é possível obter as melhores porcentagens de cada material e obter as melhores proporções na mistura.

A curva de empacotamento é alterada à medida que as porcentagens dos materiais que a compõem são alteradas. Assim, criando-se uma lógica entre as porcentagens de cada material de maneira que o IDE seja o mais próximo possível de zero, se obtém a melhor proporção dos materiais e, consequentemente, o melhor empacotamento.

Em seguida, define-se a quantidade de fibras a ser inserida na mistura. Utiliza-se a equação adaptada de Martinie, Rossi e Roussel (2010) para a determinação do teor máximo de fibras. O teor de fibras máximo a ser empregado no UHPC, sem que haja a perda da trabalhabilidade, é determinado pela equação 3.

$$T_{fibras} = \frac{400}{r} * \left(1 - \frac{M_{unitária}}{M_{específica}} \right) \quad 3$$

Sendo que:

T_{fibras} – Teor máximo de fibras (%) a ser inserido na mistura;

r – Relação de forma da fibra (comprimento/espessura);

$M_{unitária}$ – Massa unitária da areia;

$M_{específica}$ – Massa específica da areia.

Com as quantidades de cada material, definidas através da determinação do menor IDE possível com os compostos disponíveis, e com a quantidade máxima de fibras a ser inserida na mistura é necessário encontrar, experimentalmente, o teor mínimo de água a ser empregado na mistura e o teor máximo de aditivo superplastificante. A relação água/aglomerante máxima deve ficar próximo a 0,21 e o teor máximo de aditivo superplastificante deve ser de, aproximadamente, 3,5% em relação ao aglomerante.

Desta maneira, é possível se obter a proporção dos materiais e desenvolver uma mistura com elevada compactidade e com o melhor desempenho mecânico, sem perder a trabalhabilidade.

Tabela 1 – Quantitativos de materiais utilizados no traço

Materiais	Traço unitário
Cimento	1
Sílica ativa	0,1
Areia	0,57
Fibra de vidro AR	0,02*
Superplastificante	0,035**
Água	0,21**

* em relação ao volume de material;

** em relação ao aglomerante.

3. APLICAÇÃO DO MÉTODO EM EMPRESAS

O método de dosagem UNISINOS (Christ, 2019) foi aplicado na empresa New House, localizada na cidade de São Paulo, que desenvolveu um sistema construtivo de casas pré-fabricadas. Trata-se de uma casa composta por uma estrutura metálica interna (frame) e revestida com painéis tipo sanduíche, sem juntas, de UHPC, com espessura de 10 mm, preenchidos com um material termorrígido para melhorar desempenho térmico e acústico da edificação.

Para o desenvolvimento do traço buscou-se a utilização de materiais de fácil acesso no Brasil e que pudessem viabilizar a aplicação deste concreto nas unidades habitacionais. Devido a questões de logística e custo, a empresa optou por utilizar a fibra de vidro AR no lugar das fibras metálicas. O traço



Figura 5
Aplicação do UHPC para a produção das placas

desenvolvido gerou um IDE de 335, sendo que é possível perceber que há uma sobreposição de partículas no diâmetro próximo do 30 μm e houve falta de grãos com diâmetros próximos a 3 μm , o que provocou um aumento do IDE. A Figura 4 mostra o IDE ideal e o IDE335 obtido.

Os materiais utilizados neste traço foram o cimento Portland CPV – ARI, sílica ativa não densificada, areia quartzosa utilizada no processo de fundição de aço e fibras de vidro AR. O traço desenvolvido, seguindo o método apresentado, é mostrado na Tabela 1.

A produção das placas foi realizada em mesa vibratória de 3 metros de comprimento e 4 metros de largura. A mistura foi realizada em misturador planetário e a sua aplicação foi feita através de caixa aérea, como pode ser evidenciado na Figura 5.

Após a aplicação, o UHPC foi mantido em condições de temperatura e umidade controlada, com 35°C e 80% respectivamente. As placas foram sacadas com 8 horas de cura e aplicadas no frame metálico para a produção do sistema de vedação vertical. A Figura 6 mostra o processo de retirada das placas após o processo de cura, utilizando saque com ventosas.

As propriedades mecânicas do UHPC nas idades iniciais e em 28 dias são apresentadas na Tabela 2.

A unidade habitacional confeccionada com o UHPC apresenta adequadas resistência mecânica e durabilidade, além



► **Figura 6**
Processo de içamento e retirada das placas das formas

► **Tabela 2 – Propriedades mecânicas do UHPC desenvolvido**

Idade	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração (MPa)
8 horas	18	2,8
24 horas	41	6,3
28 dias	132	24



► **Figura 7**
Unidade habitacional confeccionada com UHPC pela empresa New House

de excelente acabamento, como pode ser verificado na Figura 7, que apresenta uma vista geral da edificação produzida.

4. CONCLUSÃO

A aplicação do UHPC na construção civil pode vir a ser muito vasta, sendo sua elevada propriedade mecânica e potencial durabilidade as principais causas da sua viabilidade técnica. O

custo do UHPC, se comparado com outros tipos de concreto, é consideravelmente superior. Porém, ao se considerar os benefícios mecânicos e de durabilidade nas aplicações, a tecnologia pode se tornar uma opção viável. O método de dosagem proposto por Christ (2019) se mostrou eficaz para determinar os quantitativos dos materiais de uma mistura de UHPC. ◀

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACI COMMITTEE 239. ULTRA-HIGH PERFORMANCE CONCRETE 2012 ACI Fall Convention. In: 2013, Toronto, Ontario, Canada. Anais... Toronto, Ontario, Canada
- [2] AFGC. Documents scientifiques et techniques Bétons fibrés à ultra-hautes performances - recommandations. In: (Edition Révisée, Ed.) 2013, France. Anais... France
- [3] CHIST, Roberto. Preposição de um método de dosagem para concreto de ultra alto desempenho (UHPC). Tese de doutorado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2019.
- [4] CHRIST, Roberto; TUTIKIAN, Bernardo F.; PACHECO, Fernanda. Estudo comparativo entre concretos de alto desempenho e compósitos cimentícios avançados. Concreto e Construção - IBRACON, São Paulo, p. 72–76, 2011.
- [5] MARTINIE, Laetitia; ROSSI, Pierre; ROUSSEL, Nicolas. Rheology of fiber reinforced cementitious materials: classification and prediction. Cement and Concrete Research, v. 40, n. 2, p. 226–234, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.08.032>>
- [6] TORREGROSA, Esteban Camacho. Dosage optimization and bolted connections for UHPFRC ties. 2013. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA Dosage, 2013.

Compósitos cimentícios de alto desempenho com incorporação de pó de vidro: avaliação da expansão e verificação da mitigação da reação álcali-sílica

TAÍS OLIVEIRA GONÇALVES FREITAS – MESTRANDA

FERNANDA GIANNOTTI DA SILVA FERREIRA – PROFESSORA DOUTORA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

JOSÉ AMÉRICO ALVES SALVADOR FILHO – PROFESSOR DOUTOR

INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO, CAMPUS DE CARAGUATATUBA

I. INTRODUÇÃO

A utilização do cimento como principal material na construção civil está associada à alta poluição ambiental em decorrência dos elevados teores de gerados na sua produção e ao alto consumo de energia. Considerando as limitações dos recursos de combustíveis fósseis e as rigorosas regulamentações ambientais, alcançar uma produção sustentável de cimento é uma iniciativa fundamental a ser seguida (JOKAR; MOKHTAR, 2018).

Outra necessidade dentro da indústria da construção civil é a de obtenção de estruturas mais duráveis. A degradação precoce das estruturas é um problema mundial e está ligado muitas vezes à má execução, baixa qualidade de materiais, falta de projeto e manutenção.

Muitas pesquisas vêm abordando o pó de vidro como material viável na substituição de parte do cimento. No Brasil, o vidro é um produto produzido em larga escala e com baixo reaproveitamento. De acordo com o

CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem), o Brasil produz em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro e reutiliza somente 45% dessas embalagens.

Alguns estudos como os de Serpa *et al.* (2013), e Guo *et al.* (2018) abordam a incorporação do pó de vidro ao cimento em substituição parcial e a utilização do pó de vidro como agregado miúdo. Dependendo do tamanho das partículas de vidro utilizadas no concreto, e se ele é utilizado como material pozolânico ou como agregado, pode-se observar dois comportamentos antagonísticos: reação pozolânica, melhorando as propriedades do concreto, e a reação álcali-agregado, que envolve efeitos negativos.

Uma pesquisa realizada por Afshinia e Rangaraju (2015) mostrou que o pó de vidro finamente moído, tamanho da partícula média de 17 a 70 µm e substituição de cimento por pó de vidro nas proporções de 10 a 20%, apresentou uma capacidade significativa na mitigação da reação álcali-agregado,

particularmente quando usado em incorporação ao cimento.

Nos estudos sobre a utilização do pó de vidro como agregado, a reação álcali-agregado (RAA) é citada comumente. Esse fenômeno já foi intensamente estudado devido à sua importância, pois já afetou centenas de estruturas de concreto no mundo todo. No Brasil, foi criado um Comitê Técnico de Reação Álcali-agregado (CT-201) do IBRACON, com a participação de cerca de 20 especialistas, que criaram o Guia de Prevenção da Reação Álcali – Agregado – Prática Recomendada IBRACON (2018). Esse Comitê anteriormente contribuiu para a criação da NBR 15577 (ABNT, 2018), norma que trata dessa manifestação patológica. Essa reação causa expansão e fissuração dos elementos de concreto, pela reação química entre o agregado reativo, íons alcalinos do concreto e íons hidroxila, na presença de água.

A reação tem início com o ataque dos hidróxidos alcalinos da água contida nos poros das estruturas aos



► **Figura 1**
Processo de obtenção do pó de vidro
Fonte: Autor (2019)

materiais silicosos dos agregados, e tem como resultado a formação de um gel álcali-silicato nos planos de clivagem, nos poros dos agregados ou nas superfícies das partículas (NEVILLE, 2016).

As consequências da ocorrência da RAA são dispendiosas, devido ao alto custo das tecnologias que envolvem a recuperação, devido também ao fato de que, algumas vezes, torna-se necessário interditar os locais para a intervenção. Portanto, a recuperação de estruturas afetadas pela RAA pode ser muitas vezes considerada inviável.

Segundo Zheng (2016), embora a reação do vidro aumente a concentração de álcalis na solução de poros dos compósitos cimentícios, grãos finos de vidro mitigam eficientemente a expansão induzida pela reação álcali-silica (RAS). Este efeito mitigatório, segundo o estudo, é devido ao aumento da concentração de Al na solução de poros, o que reduz a dissolução da sílica reativa do agregado, controlando a reação álcali-silica, sendo essa reação a grande responsável pela ocorrência das expansões da RAA.

Compósitos cimentícios de alto desempenho, com incorporação de pó de vidro, podem atingir resistências elevadas, baixa permeabilidade, bons resultados de durabilidade e, sob o viés da sustentabilidade, ter ainda um menor consumo de cimento. Neste

estudo abordar-se-á os efeitos na RAS do pó de vidro moído (passante na peneira de malha #200), em substituição parcial ao cimento.

2. DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do programa experimental todos os materiais utilizados e os compósitos cimentícios de alto desempenho desenvolvidos neste estudo foram caracterizados. Posteriormente, foram realizados os ensaios de expansão em barras de argamassa, pelo método acelerado, e a avaliação da mitigação das expansões da reação álcali-silica.

2.1 Materiais utilizados

Utilizou-se nessa pesquisa os seguintes materiais:

- Cimento CP V;
- Cimento padrão;
- Sílica ativa;

- Pó de vidro passante na peneira de malha #200;
- Agregado miúdo de areia de rio, quartzoso, com dimensão máxima de 1,2 mm;
- Aditivo superplastificante à base de policarboxilato;
- Aditivo redutor de retração;
- Água.

A utilização do aditivo superplastificante é justificada pela baixa relação água/aglomerante das misturas estudadas. Já, a utilização do aditivo redutor de retração é justificada pelos altos consumos de cimento das misturas, em torno de 1000 kg/m³ no traço de referência, para diminuir fissuras por retração.

O pó de vidro utilizado, classificado como soda-cal, foi obtido a partir de garrafas de bebidas de pós-consumo de cor âmbar. As garrafas foram lavadas, com rótulos e cola removidos, em seguida quebradas em cacos em uma betoneira com esferas de aço. Logo após a quebra, o vidro foi processado em um moinho de bolas. O moinho utilizado possui revestimento de sílex e as bolas utilizadas para o processo de moagem são do mesmo material. O produto obtido é um pó de vidro passante na peneira #200, com abertura de 75 µm. O processo de obtenção do material pode ser observado na Figura 1. Destaca-se que o peneiramento final foi realizado no Laboratório de Materiais

► **Tabela 1 – Caracterização física dos aglomerantes utilizados**

Material	Massa específica (g/cm ³)	Superfície específica (m ² /kg)	d ₅₀ (mediana) (µm)
Cimento CP V	3,16	665,00	8,00
Cimento padrão	3,07	600,00	–
Sílica ativa	2,33	2470,00	0,80
Pó de vidro	2,55	393,00	14,00

Fonte: Autor (2019)



► Tabela 2 – Caracterização física do agregado miúdo

Característica	Agregado utilizado
Absorção de água (%)	0,64
Massa específica (g/cm ³)	2,56
Massa unitária seca e solta (kg/m ³)	1475,78
Massa unitária compactada (kg/m ³)	1617,83

Fonte: Autor (2019)

e Componentes da Universidade Federal de São Carlos.

A caracterização física dos aglomerantes utilizados pode ser observada na Tabela 1.

Na Tabela 2, é apresentada a caracterização física do agregado miúdo utilizado neste estudo.

Todos os materiais utilizados estão em conformidade com as normas vigentes no país.

2.2 Caracterização dos compósitos cimentícios

Para a caracterização dos compósitos cimentícios foram realizados

ensaios de resistência à compressão axial, aos 2, 7, 28 e 180 dias, ensaios de tração por compressão diametral aos 28 dias e ensaios de absorção de água por capilaridade aos 7 e 28 dias. Para a realização dos ensaios, foram moldados corpos de prova cilíndricos de 50x100 mm para cada idade de ensaio e para cada traço.

Foram desenvolvidos dois traços, sendo um deles o traço de referência (REF-S) e um traço com incorporação de 50% de pó de vidro (VD50), em substituição volumétrica ao cimento. Nos traços desenvolvidos para a caracterização dos compósitos cimentícios, os parâmetros que se mantiveram fixos

ao longo do estudo foram: o tipo de cimento, o consumo de sílica ativa (8% em massa), o agregado miúdo e a água. Como variável do estudo tem-se o teor de 50% de pó de vidro em substituição volumétrica ao cimento. Na Tabela 3 são apresentados os traços unitários dos compósitos cimentícios de alto desempenho utilizados neste estudo.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados obtidos na caracterização dos compósitos cimentícios do traço de referência.

Na Tabela 5, são apresentados os resultados de caracterização do compósito cimentício com incorporação de 50% de pó de vidro, em substituição volumétrica ao cimento (VD50).

Comparando os valores de resistência à compressão axial dos compósitos cimentícios, nota-se que os compósitos cimentícios com incorporação de 50% de pó de vidro (VD50) apresentaram

► Tabela 3 – Traço unitário dos compósitos cimentícios

Traço	Cimento	Sílica ativa	Pó de vidro	Agregado miúdo	* Água	** SP	*** RR	Consistência (mm)
REF-S	1,00	0,08	0,00	1,07	0,18	0,02	0,01	380,0
VD50	1,00	0,16	0,81	2,15	0,18	0,02	0,01	384,5

* Valor de água corrigida em relação aos 46% de sólidos do superplastificante; ** SP = superplastificante; *** RR = redutor de retração

Fonte: Autor (2019)

► Tabela 4 – Caracterização do compósito cimentício de referência (REF-S)

Propriedade avaliada	Idade de ensaio (dias)	Valor médio	Desvio padrão	C.V.* (%)
Resistência à compressão axial	2	84,43 MPa	0,88 MPa	1,04
	7	89,23 MPa	1,31 MPa	1,47
	28	106,81 MPa	1,42 MPa	1,33
	180	118,31 MPa	3,58 MPa	3,03
Resistência à tração por compressão diametral	28	11,08 MPa	0,48 MPa	4,33
Absorção de água por capilaridade (ao final de 72 horas de ensaio)	7	0,10 g/cm ²	0,01 g/cm ²	10,29
	28	0,08 g/cm ²	0,01 g/cm ²	10,40

* Coeficiente de variação

Fonte: Autor (2019)

► Tabela 5 – Caracterização do compósito cimentício com incorporação de 50% de pó de vidro (VD50)

Propriedade avaliada	Idade de ensaio (dias)	Valor médio	Desvio padrão	C.V.* (%)
Resistência à compressão axial	2	42,95 MPa	0,84 MPa	1,96
	7	67,12 MPa	0,68 MPa	1,01
	28	105,86 MPa	2,58 MPa	2,44
	180	111,58 MPa	3,15 MPa	2,82
Resistência à tração por compressão diametral	28	9,82 MPa	0,36 MPa	3,64
Absorção de água por capilaridade (ao final de 72 horas de ensaio)	7	0,13 g/cm ²	0,01 g/cm ²	3,84
	28	0,09 g/cm ²	0,02 g/cm ²	22,22

* Coeficiente de variação

Fonte: Autor (2019)

resistências à compressão mais baixas em relação ao compósito de referência (REF-S). Isso ocorre devido a hidratação do cimento ser mais rápida que a reação pozolânica do pó de vidro. Portanto, os valores de resistência à compressão nas primeiras idades do compósitos cimentícios com incorporação de pó de vidro é reduzida. No entanto, não existe uma diferença estatística significativa aos 180 dias de ensaio, pois, com uma idade de cura mais longa, os benefícios da reação pozolânica do pó de vidro começam a aparecer. Esse comportamento pode ser observado nos valores obtidos dos ensaios.

O mesmo comportamento observado nos resultados dos ensaios de resistência à compressão axial, pode ser observado nos resultados de absorção de água por capilaridade.

2.3 Ensaios de expansão em barras de argamassa pelo método acelerado

Os ensaios de determinação da expansão em barras de argamassa, pelo método acelerado, foram realizados de acordo com a NBR 15577-4 (ABNT, 2018). Foram moldados três corpos de prova prismáticos de seção quadrada de 25x25mm e 285 mm de comprimento, para cada composição estudada. Na Tabela 6 são apresentadas as duas composições estudadas.

Foram realizadas cinco leituras nos

corpos de prova, sendo elas: uma leitura inicial e aos 5, 16, 18 e 30 dias em cura agressiva. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 2.

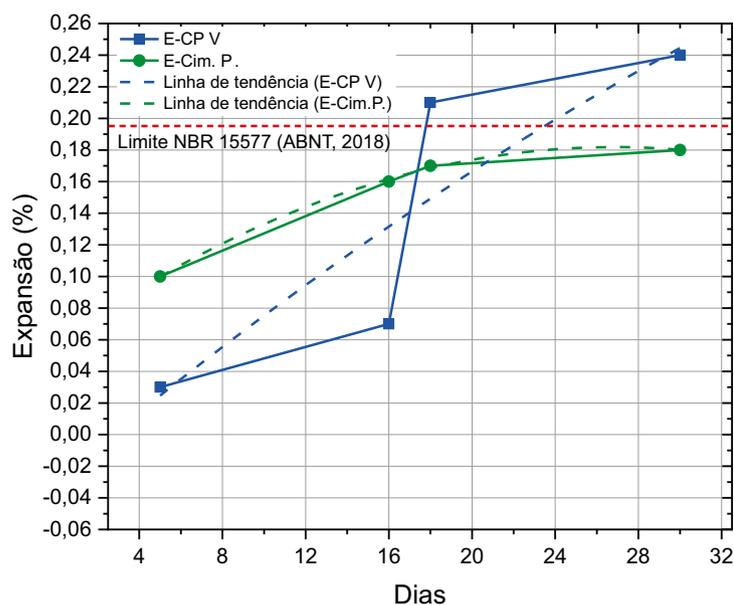
De acordo com a NBR 15577-1 (ABNT, 2018), uma das classificações do grau de reatividade do agregado miúdo é dada pelo ensaio realizado de

acordo com a NBR 15577-4 (ABNT, 2018), no qual, para que o agregado seja classificado como potencialmente reativo (grau R1), a expansão em barras de argamassa aos 30 dias deve estar entre 0,19 e 0,40%. Pelo exposto na Figura 2, as expansões só ficaram acima do limite estabelecido pela

► Tabela 6 – Composição dos traços do ensaio de expansão em barras de argamassa

Nomenclatura do traço	Composição
E - Cim. P.	Cimento padrão + agregado miúdo + água (a/c = 0,47)
E - CP V	CP V + agregado miúdo + água (a/c = 0,47)

Fonte: Autor (2019)



► Figura 2
Comparação da expansão das barras de argamassa

Fonte: Autor (2019)



Nomenclatura do traço	Composição
REF-S	CPV + 8% de sílica ativa + agregado miúdo + superplastificante + redutor de retração + água (a/agl:0,194)
VD50	CPV + 8% de sílica ativa + 50% de substituição volumétrica de cimento por pó de vidro + agregado miúdo + superplastificante + redutor de retração + água (a/agl:0,194)

Fonte: Autor (2019)

norma para o traço E-CPV, que chegou a valores de expansão de 0,24% ao final dos 30 dias de ensaio, sendo classificado como potencialmente reativo de grau R1.

2.4 Mitigação da expansão em barras de argamassa

Para realizar um estudo do potencial de mitigação das expansões nas barras de argamassa, confeccionou-se barras de argamassa com os traços abordados neste estudo, sendo eles: o traço de referência (REF-S) e com incorporação de 50% de pó de vidro (VD50). Para uma avaliação dos traços estudados nessa pesquisa, o procedimento de mistura na moldagem dos corpos de prova foram adequados de acordo com a moldagem dos compósitos cimentícios utilizados na caracterização no item 2.2 deste artigo. As composições dos dois traços estudados podem ser observadas na Tabela 7.

O traço unitário utilizado na moldagem das barras de argamassa (compósito cimentício) é o mesmo apresentado na Tabela 3. Os demais procedimentos foram realizados de acordo com a NBR 15577 (ABNT, 2018), partes 4 e 5. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 3.

Os dois traços analisados apresentaram expansões abaixo do limite especificado pela NBR 15577 (ABNT, 2018): 0,12% para REF-S e de 0,00% para VD50. Comparando-se os dois traços, nota-se diminuição das expansões com a incorporação de 50% de pó de vidro, em substituição volumétri-

ca ao cimento, nos compósitos cimentícios em relação ao traço de referência REF-S. A redução da expansão aos 30 dias de ensaio foi de 117%.

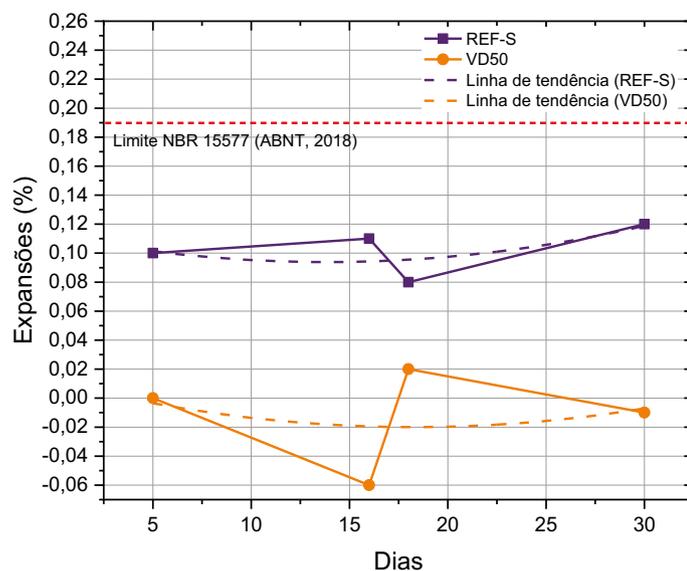
De acordo com Zheng (2016), embora a reação do vidro aumente a concentração de álcalis na solução de poros dos compósitos cimentícios, as partículas finas de pó de vidro aumentam a concentração de na solução de poros, devido à reação pozolânica deste material. Esse aumento de na solução de poros reduz a dissolução da sílica reativa, controlando a reação álcali-silica.

3. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, avaliando as questões levantadas nesta pesquisa e considerando apenas e exclusivamente os materiais empregados

nesse trabalho, as seguintes considerações podem ser realizadas:

- A resistência à compressão axial nas primeiras idades de 2, 7 e 28 dias dos compósitos cimentícios apresentaram diferenças estatísticas significativas, o que já era esperado devido à hidratação mais lenta dos compósitos cimentícios com incorporação de pó de vidro. No entanto, na idade de 180 dias, não houve diferenças estatísticas significativas entre as amostras de REF-S e VD50;
- As resistências à tração por compressão diametral dos compósitos cimentícios aos 28 dias de idade tiveram resultados estatisticamente diferentes e o coeficiente de absorção de água por capilaridade foi baixo, tanto para REF-S quanto VD-50, aos 7 e 28 dias de idade;
- Em relação à reatividade do agregado miúdo, com a utilização do cimento padrão, o agregado foi classificado como potencialmente inócuo (grau R0). Já, com a



► **Figura 3**
Resultados de expansão para os traços REF-S e VD50
Fonte: Autor (2019)

utilização do cimento Portland CP V, o agregado foi classificado como potencialmente reativo (grau R1), ao final dos 30 dias de ensaio;

- ▶ Nos ensaios de mitigação da expansão álcali-silica, o teor de 50% de pó de vidro, em substituição vo-

lumétrica ao cimento (VD50), diminui a expansão em 117%, aos 30 dias, quando comparado com o material de referência (REF-S);

- ▶ Outro ponto a ser considerado em relação à substituição de cimento por 50% de pó de vidro é sob o viés

da sustentabilidade, visto que as propriedades física e mecânicas do compósito cimentício foram mantidas, com redução do consumo de cimento e um melhor comportamento frente ao desenvolvimento da reação álcali-silica. 🏗️

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AFSHINNIA, K.; RANGARAJU, P. R. Impact of combined use of ground glass powder and crushed glass aggregate on selected properties of Portland cement concrete. *Construction and Building Materials*, v. 117, p. 263–272, 2016.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577: Agregados – Reatividade álcali-agregado. Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
- [3] CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (São Paulo). Vidro. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>>. Acesso em: 25 abril. 2018.
- [4] GUO, S. et al. Reduced alkali-silica reaction damage in recycled glass mortar samples with supplementary cementitious materials. *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 3621–3633, 2018.
- [5] JOKAR, Z.; MOKHTAR, A. Policy making in the cement industry for CO₂ mitigation on the pathway of sustainable development- A system dynamics approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 201, p. 142–155, 2018.
- [6] NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p.
- [7] SBIRIGHI NETO, C.; QUITETE, E. B.; BATTAGIN, A. F. (Org.). Prática recomendada IBRACON: GUIA DE PREVENÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO. São Paulo: Ibracon, 2018. 30 p.
- [8] SERPA, D. et al. ASR of mortars containing glass. *Construction and Building Materials*, v. 47, p. 489–495, 2013.
- [9] ZHENG, K. Pozzolanic reaction of glass powder and its role in controlling alkali-silica reaction. *Cement and Concrete Composites*, v. 67, p. 30–38, 2016.

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)

Propriedades físico-mecânicas e colorimétricas do concreto pigmentado com óxido de ferro vermelho e preto

FABIANA LOPES DE OLIVEIRA – PROF^a DRA. DO DEPTO. TECNOLOGIA DA ARQUITETURA

GABRIELA PETTER VIANA – ALUNA DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

RENATA SATIE CRUZ – ALUNA DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (FAU-USP)

CARLOS BRITZ – DIRETOR

BRITZ CONSULTORIA

RAFAEL SANTOS – PESQUISADOR DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT)

I. INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil e há inúmeras pesquisas com o intuito de aprimorar suas propriedades físico-mecânicas e de investigar os aspectos relacionados à durabilidade do material. Recentemente, houve um aumento da aplicação de técnicas que exploram a estética e o acabamento superficial do concreto aparente, dentre elas se encontra a técnica do concreto pigmentado (POSITIERI, 2005). A adição de pigmento ao concreto permite aos arquitetos e engenheiros explorar o potencial estético do concreto aparente, ampliando as opções de cores a serem especificadas em projeto (HARTMANN; BENINI, 2011).

Apesar de haver alguns exemplares de edifícios com concreto pigmentado no Brasil, seu uso não é muito expressivo. O material e sua técnica ainda não fazem parte do repertório de muitos profissionais, o que cria uma barreira

para a sua disseminação na produção arquitetônica, podendo haver dúvidas sobre as vantagens do uso do concreto pigmentado ou sobre os cuidados técnicos demandados.

O desempenho técnico do concreto pigmentado e do concreto convencional são muito similares (HARTMANN; BENINI, 2011). Como o pigmento possui pequena granulometria, considera-se que sua adição possui um efeito de agregado fino. Assim, pode ser capaz de preencher vazios na composição do concreto, contribuindo para maior compactação dos poros e empacotamento (NEVILLE; BROOKS, 2013).

O concreto pigmentado, em princípio, pode dispensar o uso de revestimento, podendo resultar numa economia a longo prazo ao diminuir o custo de manutenção. É uma técnica que possui vantagens, mas que deve ser estudada para evitar resultados insatisfatórios de desempenho, estética e/ou custos elevados. A análise

da viabilidade do material tem que ser realizada com o equacionamento de todos os custos ao longo da vida útil, principalmente aqueles que não serão imediatos

A difusibilidade do concreto, que pode ser verificada pela correlação dos parâmetros de porosidade e absorção por capilaridade do concreto, é responsável pelas principais manifestações patológicas que comprometem o aspecto estético da construção, como o surgimento de eflorescências. A eflorescência é o resultado da lixiviação de sais presentes nos poros do concreto para a superfície do material.

Uma maneira de diminuir os efeitos deletérios da porosidade sobre a durabilidade do concreto é o uso de proteção superficial, tal como hidrofugantes e vernizes. Como no concreto pigmentado o aspecto estético é um parâmetro de qualidade do concreto, optou-se neste artigo por utilizar o hidrofugante à base de silano-siloxano, por produzir menor impacto na

► **Quadro 1 – Traço referência do concreto pigmentado em materiais secos por m³ de concreto**

Materiais	
Consumo de cimento (Votoran)	370 kg
Adição de sílica ativa (Tecnosil)	65 kg
Areia natural de cava (Extrabase)	527 kg
Areia de Brita II (VC Araçariguama)	351 kg
Brita 0 (VC Araçariguama)	570 kg
Brita 1 (VC Araçariguama)	380 kg
Aditivo polifuncional (MIRA 94, GPC) (0,4%)	1,5 kg
Aditivo superplastificante (ADVA FLOW 422, GPC) (1,2%)	4,5 kg
Aditivo modificador de viscosidade (Levasil CB45-A, Nouryon) (1,0%)	3,7 kg
Pigmento (Bayferrox 381 PF ou Bayferrox 120) (5,0%)	18,5 kg
Relação Água / (Cimento+Adição)	0,40
Água livre + Água de umidade das areias + Água de amassamento	174 kg
Teor de argamassa	58%

Fonte: Autores

aparência da superfície do concreto pigmentado.

Infelizmente, depara-se, por vezes, com muita informação equivocada relacionada ao tema, no que tange principalmente à diminuição de resistência mecânica ou ao aumento de eflorescência quanto ao uso de concreto pigmentado. Logo, o objetivo do presente artigo é verificar, por meio de ensaios de laboratório, a influência da adição de pigmentos na durabilidade e nas propriedades do concreto pigmentado de cimento Portland, dosado para possuir propriedade autoadensável. A verificação da compatibilidade entre as propriedades físico-mecânicas e a cromaticidade ao longo de sua vida útil pode contribuir para a difusão do potencial do concreto pigmentado e para sua correta especificação.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

O traço de concreto de referência

objeto deste artigo é fruto de um estudo de dosagem, realizado pela PhD Engenharia, nos laboratórios da Engemix, em São Paulo, com a participação ativa de um dos autores.

Tal fato motivou realizar os ensaios de durabilidade, bem como as análises a longo prazo em amostras expostas ao envelhecimento natural e aceleradas em ambiente controlado, com a câmara de radiação ultravioleta, cujo método de ensaio foi adaptado da norma ABNT NBR 15.380:2015, a fim de constatar eventuais manifestações patológicas no concreto pigmentado em função do tempo, como a perda de coloração, por exemplo.

3. MATERIAIS

Foi dosado concreto de referência autoadensável com expectativa de atingir fck de 60MPa aos 28 dias. A partir deste traço, foi possível produzir concretos pigmentados nas cores vermelha e preta com a adição de 5% em relação à massa de cimento. As amos-

tras de concreto foram produzidas utilizando cimento CP-II E 40; dois tipos de agregado miúdo: a areia natural de quartzo e a areia artificial de calcário; e dois tipos de agregado graúdo: britas 0 e 1, ambas de calcário (Quadro 1). Utilizou-se a adição de sílica ativa na mistura, com o intuito de diminuir a porosidade do cimento, mantendo a relação a/c em 0,47. Para garantir a fluidez e trabalhabilidade do concreto, acrescentou-se aditivo polifuncional, aditivo superplastificante e aditivo modificador de viscosidade.

3.1 Pigmentos

Os pigmentos preto e vermelho adicionados à mistura são à base de óxido de ferro (Quadro 2 e Figura 1). Fixou-se a porcentagem de pigmentos em relação à massa de cimento em 5%, devido a capacidade de coloração dos pigmentos relacionado à sua dosagem. Segundo COELHO *et. al.* (2002), misturas de concreto com quantidades crescentes de pigmentos têm um aumento da intensidade da cor inicialmente linear até alcançar um ponto a partir do qual o acréscimo de pigmento não provoca mais alterações na intensidade da cor do concreto, sendo este ponto conhecido como ponto de saturação. Acréscimos de pigmento acima do ponto de saturação podem acarretar na

► **Quadro 2 – Informações sobre os pigmentos à base de óxido de ferro sintético**

Cor	Aspecto	Denominação química
Preta	Pó	Fe ₃ O ₄
Vermelha	Pó	Fe ₂ O ₃

Fonte: Autores



redução de resistência do concreto devido ao aumento da quantidade de finos na mistura, bem como um au-

mento significativo do custo do concreto sem representar benefícios em sua coloração.



► **Figura 1**
Pigmentos utilizados no concreto. Pigmento preto (esq.); Pigmento vermelho (dir.)
Fonte: autores



► **Figura 2**
Proporção do volume dos materiais utilizados no concreto
Fonte: autores



► **Figura 3**
Amostras de concreto
Fonte: autores

4. MÉTODO

4.1 Dosagem do concreto em laboratório

Com o conhecimento do traço do concreto, os materiais foram pesados configurando a proporção ilustrada na Figura 2. Para garantir uma boa dispersão do pigmento, é sugerido que seja incorporado em conjunto com os materiais secos (POSITIERI, 2005). Portanto, a ordem de inserção dos materiais na betoneira foi: agregados, cimento, pigmento, água, sílica ativa, aditivo polifuncional, aditivo superplastificante, aditivo modificador de viscosidade.

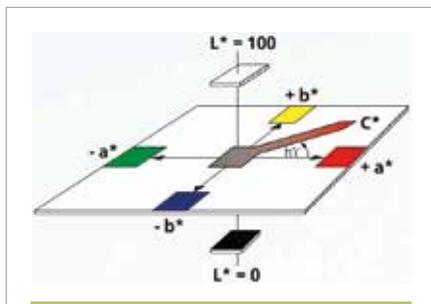
4.2 Ensaios de avaliação de propriedades físico-mecânicas

Para a caracterização do concreto dosado, realizaram-se ensaios de caracterização das propriedades em estado fresco e endurecido, seguindo as normas específicas, conforme indicado a seguir:

- Ensaio de determinação do espalhamento pelo Método do Cone de Abrams NBR 15823-2 (ABNT, 2017);
- Ensaio de determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica (MAV) – NBR 9778 (ABNT, 2009);
- Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade – NBR 9779 (ABNT, 2013);
- Ensaio de resistência à compressão axial – NBR 5739 (ABNT, 2018).

4.3 Ensaios de avaliação da estabilidade da cor

Para os ensaios de avaliação da estabilidade de cor do concreto pigmentado, foram utilizadas seis amostras



► **Figura 4**
Sistema CIELAB
Fonte: BYK-Gardner GmbH. Solid Color

– duas vermelhas, duas pretas e duas referências – de 9 x 9 x 4 cm (Figura 3). Sobre uma amostra de cada par, foi aplicada uma camada de hidrofugante à base de silano siloxano por meio de aspersão.

4.3.1 ESPAÇO DE COR

A percepção das cores é subjetiva e varia para cada observador. A fim de se expressar a cor de forma objetiva, a *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) definiu o espaço de cor mais conhecido e utilizado: o CIEL*a*b*.

O sistema CIELAB se traduz em uma matriz tridimensional com parâmetros adimensionais, representada pelos eixos L* de luminosidade e pelos eixos a* e b* de coordenadas cromáticas (Figura 4). O eixo a* caracteriza a quantidade de vermelho ou de verde e o eixo b*, a quantidade de amarelo ou de azul presentes na cor.

A partir das coordenadas das cores no espaço CIELab, é possível realizar a comparação entre elas, utilizando a equação (1) de Diferença Total de Cor (ΔE^*):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad 1$$

Onde ΔL^* = Diferença de luminosidade (mais claro ou mais escuro);

Δa^* = Diferença em vermelho e verde;

Δb^* = Diferença em amarelo e azul.

A medição das cores foi feita com um espectrofotômetro, o *Color Guide Sphere BYK Gardner*, com observador CIE 10° e iluminante D65 *daylight* (Figura 5). Esse equipamento faz a leitura do espectro de luz visível refletida pelo objeto em cada comprimento de onda e expressa a cor pela determinação das coordenadas L*, a* e b*.

Como o concreto é um material heterogêneo, que apresenta alteração de cor em sua superfície, para a medição das amostras utilizou-se um gabarito com seis pontos de aferição, a fim de se conseguir amostragem razoável para caracterizar a cor do concreto. Com base nas medidas de uma mesma amostra e de uma mesma medição, tomou-se a média para sintetizá-las em uma única cor, utilizando como referência trabalhos de Positeri (2005) e de Passuelo (2004).

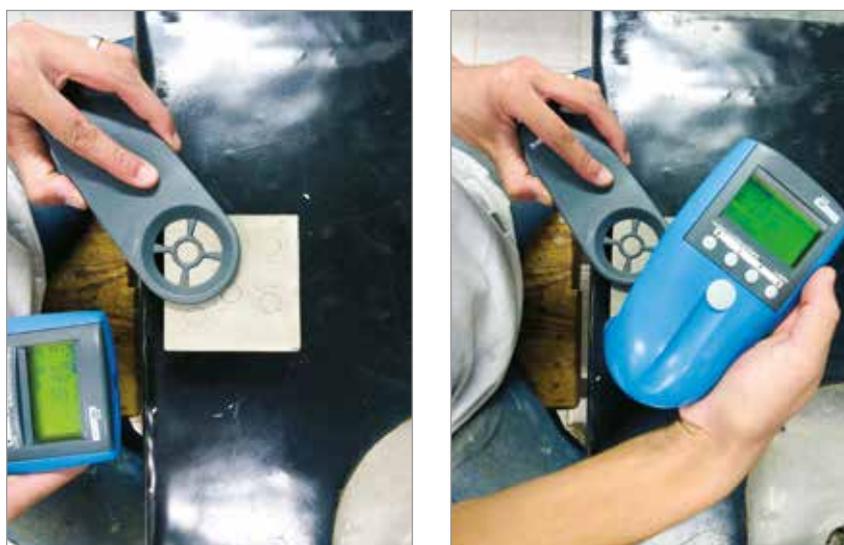
Teichman (1990), em seus estudos, define que valores de diferença total de cor acima de 1,5 indicam variações de

cores perceptíveis ao olho humano em superfícies de concreto, valor adotado como limite na percepção da alteração da cor neste trabalho.

4.3.2 ENSAIO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

O ensaio de envelhecimento acelerado executado na Câmara de Radiação Ultravioleta (CUV) tomou como base a norma brasileira ABNT NBR 15.380:2015 (Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Resistência à radiação UV e à condensação de água pelo ensaio acelerado) e simula os desgastes causados pela luz solar, pela chuva e pelo orvalho, por meio de ciclos alternados de radiação ultravioleta B e de condensação com duração de quatro horas cada.

Se considera que cada 150 h de exposição das amostras na CUV equivalem a seis meses de exposição em



► **Figura 5**
Medição com o espectrofotômetro
Fonte: autores





► **Figura 6**
Amostras na CUV
Fonte: autores

condições naturais. As peças ensaiadas foram mantidas na CUV num total de 1.500 h de ensaio (Figura 6), o que equivaleria a cinco anos de exposição natural.

Segundo o fabricante do hidrofugante utilizado, após três anos de exposição às condições ambientes é necessário reaplicar o produto sobre a superfície do concreto. Assim, após 900 h de ensaio, reaplicou-se o hidrofugante sobre as amostras, após a limpeza da superfície com solução de ácido cítrico para retirar manchas esbranquiçadas e sujidades, e se retornou as amostras para a câmara UV.

4.3.3 ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO

O objetivo do ensaio de lixiviação é forçar a saída de sais de eflorescência pela superfície do concreto, manifestação patológica que impacta no aspecto visual dos concretos, em especial dos concretos coloridos. Por não haver norma específica para o ensaio, foram adotados dois métodos adaptados.

O método do primeiro ensaio de simulação de eflorescência de sais foi baseado e adaptado do artigo de QUARCIONI *et al.* (2003), que descreve diretrizes gerais para o ensaio. A simulação consiste em ciclos de apro-

ximadamente 8 h em estufa com circulação de ar à temperatura de $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ e 16 h em ambiente de laboratório com umidade relativa de $(60 \pm 4)\%$ e temperatura de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. O ensaio foi realizado durante aproximadamente 500 h.

As amostras foram imersas em água, de modo a cobrir metade do volume e a outra metade continuar em contato com a atmosfera. Para garantir que a água penetrasse nas amostras, realizou-se uma barreira com selamento de silicone, para dificultar que a água evaporada escapasse pela abertura do recipiente. O objetivo dos ciclos na estufa é de forçar a saída da água pela superfície, e dos ciclos em temperatura ambiente, permitir a entrada da água pelos poros do concreto (Figura 7).

O segundo método de ensaio realizado foi baseado e adaptado da norma NBR 15845-2 (ABNT, 2015). O método do ensaio consiste na inserção das amostras num recipiente acoplado a uma bomba de vácuo, com pressão mínima de 80 KPa ou 600 mmHg, por oito horas, com o intuito forçar a entrada de água em materiais com baixa porosidade e com baixa absorção capilar; posteriormente, insere-se as amostras em estufa por 16 h para forçar a saída da água e verificar o carregamento de sais (Figura 8).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

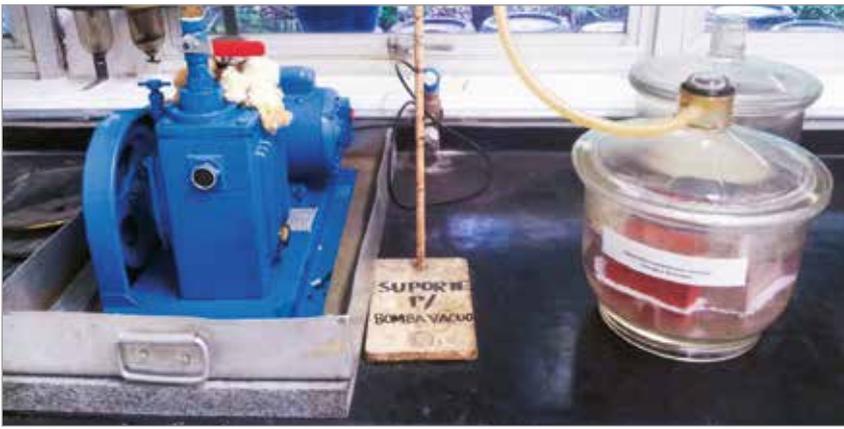
5.1 Ensaios de avaliação de propriedades físico-mecânicas

5.1.1 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ESPALHAMENTO PELO MÉTODO DO CONE DE ABRAMS

Após a remoção do cone de Abrams e o espalhamento, ambas misturas não apresentaram exsudação em suas



► **Figura 7**
Amostras posicionadas na estufa
Fonte: autores



► **Figura 8**
Amostras posicionadas na bomba de pressão
Fonte: autores



► **Figura 9**
Ensaio de espalhamento. Concreto sem pigmento (a e b); Concreto pigmentado vermelho (c e d)
Fonte: autores



► **Figura 10**
Ausência de segregação da mistura. Concreto sem pigmento (esq.); Concreto pigmentado vermelho (dir.)
Fonte: autores

bordas e os agregados estavam espalhados uniformemente, que indicam uma boa dosagem e compactação dos materiais durante o amassamento, minimizando a porosidade do concreto (Figura 9 e 10). O espalhamento do concreto foi de 70 centímetros, conferindo a propriedade autoadensável ao concreto.

5.1.2 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA, ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA (MAV)

Os resultados do ensaio de MAV (Tabela 1) demonstraram que os concretos possuem elevada massa específica e baixo índice de vazios. Os valores na coluna chamada "Indiv." são os valores das medições individuais dos parâmetros e a coluna "Média" representa a média dos valores individuais.

Nota-se que o concreto sem pigmento possui absorção de água e o índice de vazios maiores do que do concreto pigmentado, consequência da sua baixa massa específica. Considera-se, assim, que o pigmento colabora para o preenchimento dos poros do concreto, devido ao diâmetro das partículas, melhorando as propriedades do concreto vinculadas à sua durabilidade.

5.1.3 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

De uma maneira geral, os valores da ascensão capilar são baixos e com diferenças pequenas, indicando que os concretos apresentam poucos poros e baixa capilaridade, justificado pelos baixos índices de vazios (Tabela 2).

5.1.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os corpos de prova rompidos indicaram uma boa distribuição das britas e com poucos vazios, e a ruptura



► Tabela 1 – Resultados do ensaio de MAV

Corpos de prova	Absorção de água (%)		Índice de vazios (%)		Massa específica da amostra seca (kg/dm³)		Massa específica da amostra saturada (kg/dm³)		Massa específica real (kg/dm³)	
	Indiv.	Média	Indiv.	Média	Indiv.	Média	Indiv.	Média	Indiv.	Média
Concreto sem pigmento	2,0		4,7		2,39		2,43		2,51	
	1,9	2,0	4,5	4,7	2,40	2,39	2,44	2,43	2,51	2,50
	2,0		4,8		2,37		2,42		2,49	
Concreto pigmentado preto	1,8		4,3		2,42		2,46		2,53	
	1,8	1,9	4,3	4,4	2,42	2,41	2,46	2,45	2,52	2,52
	2,0		4,7		2,39		2,39		2,51	
Concreto pigmentado vermelho	1,9		4,6		2,41		2,45		2,52	
	1,8	1,9	4,3	4,6	2,43	2,41	2,48	2,45	2,54	2,52
	2,0		4,8		2,38		2,43		2,50	

Fonte: IPT – LMCC (2018)

se deu no agregado graúdo, e não na interface pasta agregados (Figura 11).

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão demonstram que todas as amostras superaram a resistência especificada no cálculo de dosagem de 60 MPa aos 28 dias. Os concretos pigmentados apresentaram resistência à compressão superior à do concreto sem pigmento (Gráfico 1). Os resultados do ensaio estão de acordo com o explicitado pela bibliografia, que aponta para um ganho de resistência em dosagens que não ultrapassem o ponto de saturação (HOSPODAROVA et al., 2015).

5.2 Ensaios de estabilidade da cor

5.2.1 ENSAIO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

Os resultados da Diferença Total de Cor (ΔE^*) observada em cada concreto estão dispostos nos Gráficos 2 e 3.

No Gráfico 2, é possível analisar que a amostra de concreto sem pigmento e sem hidrofugante apresentou diferença de cor crescente e, após a limpeza com ácido cítrico, houve um decréscimo da diferença de cor até o fim do ensaio. Já a amostra com hidrofugante manteve uma diferença de cor quase constante nas horas iniciais

de ensaio e o efeito da limpeza foi de redução da diferença de cor. Ambas apresentaram diferença de cor notável para o olho humano, mas os efeitos de envelhecimento foram mais acentuados na amostra sem hidrofugante.

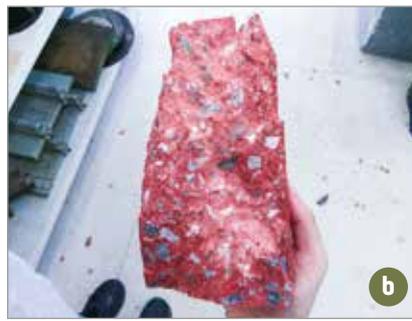
No ensaio do concreto pigmentado preto, a amostra sem hidrofugante apresentou uma pequena variação de cor no primeiro ciclo de envelhecimento, que foi crescendo ao longo do ensaio. Após a limpeza, houve um decréscimo da diferença de cor, que manteve-se decrescente até o fim do ensaio. A amostra com hidrofugante apresentou diferença de cor inicial acentuada, que decresceu ao longo do ensaio. Após a limpeza e reaplicação do hidrofugante, houve uma queda da diferença de cor, que apresentou pequenas oscilações até o final do ensaio. O hidrofugante manteve a diferença de cor inferior à amostra sem hidrofugante, entretanto a diferença entre elas foi sutil. (Gráfico 3a)

A amostra de concreto pigmentado vermelho, sem hidrofugante, apresentou variações de cor não perceptíveis ao olho nu durante as primeiras horas de envelhecimento. Após o processo de limpeza, a diferença de cor obteve um aumento expressivo de diferença de cor. A amostra com proteção superficial, desde o começo do ensaio, apresentou diferença

► Tabela 2 – Resultados do ensaio de MAV

Corpos de prova	Altura da ascensão capilar máxima (cm)	
	Individual	Média
Concreto sem pigmento	8,2	
	8,6	10,3
	14,1	
Concreto pigmentado preto	11,6	
	5,6	7,0
	3,9	
Concreto pigmentado vermelho	0,0	
	5,0	1,7
	0,0	

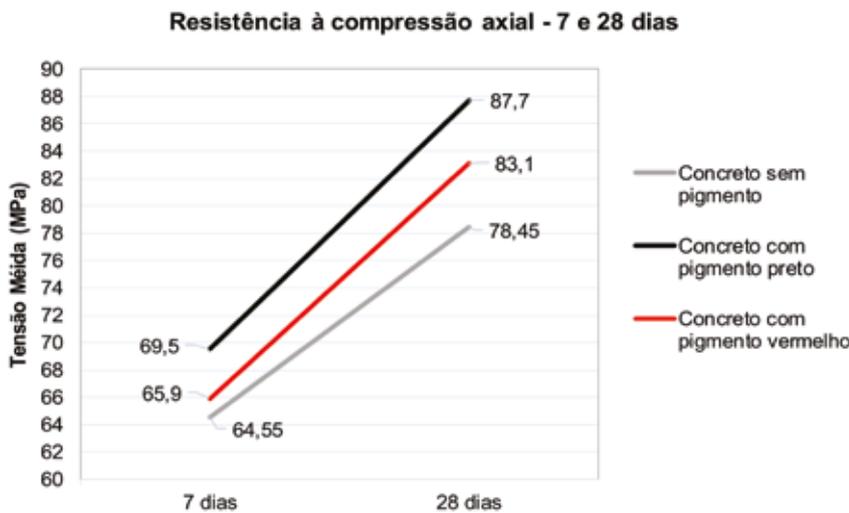
Fonte: IPT – LMCC (2018)



► **Figura 11**

Ruptura dos corpos de prova após o ensaio de resistência à compressão. Concreto sem pigmento (a); Concreto pigmentado vermelho (b); Concreto pigmentado preto (c)

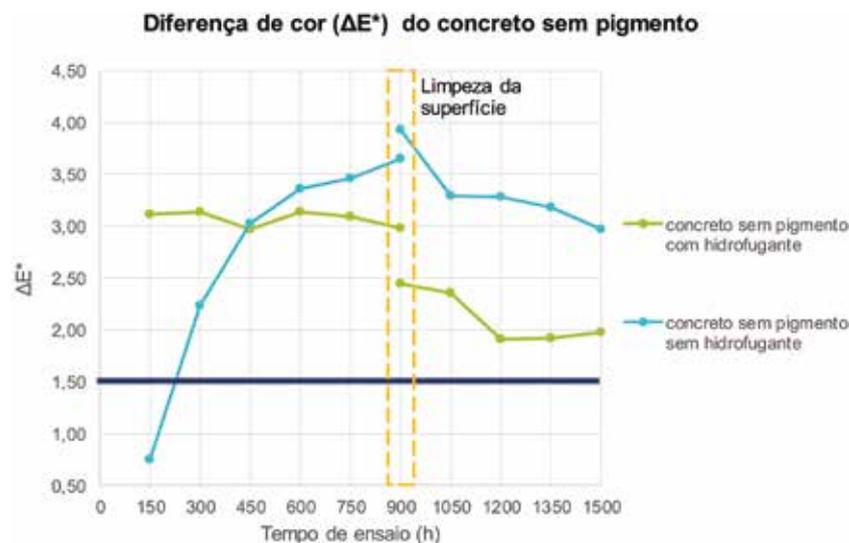
Fonte: autores



► **Gráfico 1**

Resistência à compressão axial em idades de 7 e 28 dias

Fonte: autores



► **Gráfico 2**

Diferença total de cor do concreto sem pigmento

Fonte: autores

de cor com valores acima de 1,5. Após o processo de limpeza e reaplicação do hidrofugante, a amostra apresentou um pequeno aumento do ΔE^* . Ao final do ensaio, pode-se constatar que a amostra sem hidrofugante apresentou maior diferença de cor em relação à amostra com hidrofugante (Gráfico 3b).

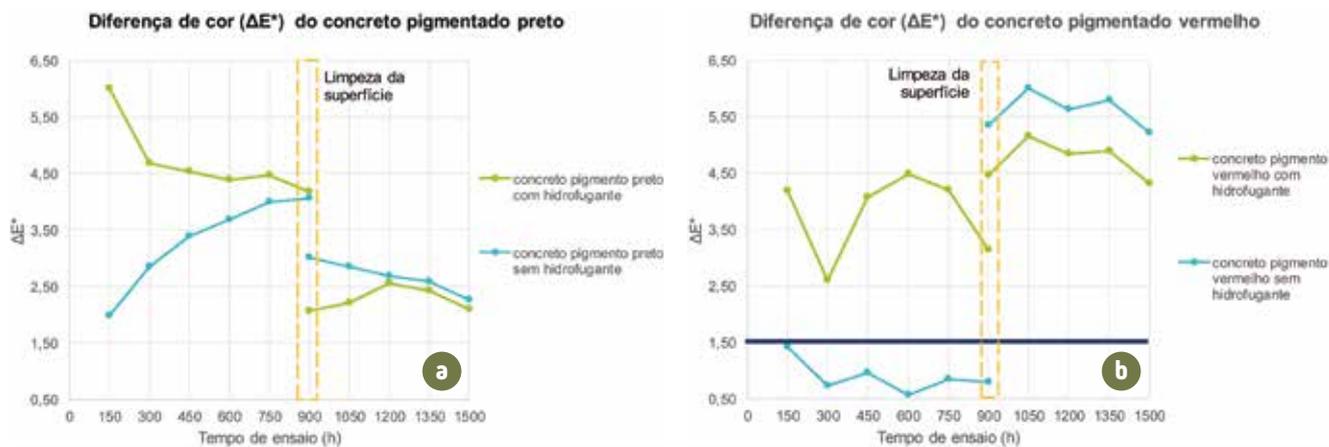
De modo geral, notou-se que a cor das amostras, ao serem expostas aos ciclos da CUV, obteve diferenças notáveis de cor. Como o concreto sem pigmento teve alterações de cor visíveis, a alteração da cor não é uma característica exclusiva dos concretos pigmentados.

Apesar da aplicação do hidrofugante provocar uma alteração na cor do concreto pigmentado, a longo prazo, atenua a variação de cor frente ao envelhecimento e processo de limpeza da superfície. A limpeza da superfície com ácido cítrico altera significativamente a cor, entretanto é um processo necessário para a remoção de sujeira da superfície.

5.2.2 ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO

O primeiro método de ensaio não apresentou alterações na superfície das amostras, sugerindo que não houve a lixiviação de sais até a superfície. Como o material apresentou, nos demais ensaios de caracterização, baixa porosidade e baixa absorção por capilaridade, assumiu-se que o método é incapaz de provocar o





► **Gráfico 3**
Diferença de cor dos concretos pigmentado preto (a) e vermelho (b)
Fonte: autores

processo de lixiviação. Logo, buscou-se um outro método mais intenso para forçar o aparecimento de eflorescência.

O segundo método também não provocou a deposição de sais na superfície. Criou-se, então, a hipótese de que os sais não atingiram a superfície devido à baixa porosidade, mas que poderiam estar depositados dentro dos poros do material. Então, concluído o ensaio, as amostras foram rompidas ao meio (Figura 12). No entanto, não houve a presença de sais no interior do material.

Por fim, considerou-se que as características observadas atestam a qualidade do material e a dificuldade de apresentar manifestações patológicas relacionadas ao processo de lixiviação, um dos problemas principais em estru-

turas envolvendo concreto aparente pigmentado. Logo, pode-se criar a hipótese de que o concreto confeccionado com a dosagem apresentada no presente artigo possuirá dificuldade de apresentar alteração de cor devido ao surgimento de eflorescência, preservando a qualidade estética do concreto pigmentado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desempenho de uma edificação envolvendo concreto aparente pigmentado depende sobremaneira da dosagem do traço de concreto, a qual é determinante para aspectos de durabilidade e vida útil longevas, evidentemente considerando o ambiente agressivo no qual a mesma estará exposta. Em outras palavras, é possí-

vel projetar um concreto pigmentado adequado para resistir às manifestações patológicas diversas ao longo de sua vida útil, desde que controlando as suas propriedades para esse objetivo.

Neste estudo verificou-se que o acréscimo de pigmento à mistura de concreto de alta resistência e autoadensável:

- Não afetou negativamente a resistência à compressão. O concreto pigmentado apresentou resistência superior em relação ao concreto sem pigmento de referência;
- Não interferiu no índice de absorção do concreto. Os concretos pigmentados manifestaram índice de absorção inferior ao concreto sem pigmento de referência nos ensaios de MAV e absorção por capilaridade;



► **Figura 12**
Ruptura das amostras após o ensaio de lixiviação: concreto pigmentado preto (a); concreto pigmentado vermelho (b); concreto sem pigmento (c)
Fonte: autores

- ▶ Não favorece o processo de lixiviação do concreto. Os ensaios de lixiviação atestaram as baixas porosidade e absorção por capilaridade observadas no material, resultando na ausência de sais de eflorescência;
- ▶ Não comprometeu a consistência do concreto. Os ensaios de espalhamento verificaram a fluidez do concreto, confirmando a propriedade autoadensável da mistura.

Em suma, a dosagem final foi satisfatória em relação à durabilidade e à resistência mecânica do concreto pigmentado, preservando a qualidade estética do concreto pigmentado, sempre recordando que se trata de um concreto de relação a/c baixa e resistência acima de 60 MPa.

Quanto ao processo de envelhecimento acelerado, constatou-se alterações de cor notáveis ao olho humano nas amostras com e sem hidrofugante. Porém, notou-se que o uso do hidrofugante auxiliou em manter a diferença total de cor (ΔE^*) das amostras de concreto com hidrofugante inferior à das amostras de concreto sem hidrofugante, e dessa maneira, a utilização de hidrofugante auxilia na mitigação dos efeitos das intempéries na cor.

Observou-se, também, que a limpeza da superfície do concreto causa alterações na cromaticidade das

amostras, devido às descontinuidades observadas nos gráficos apresentados. Contudo, o processo de limpeza da superfície de concretos aparentes é essencial para a manutenção da autenticidade da cor do concreto devido ao acúmulo de sujidades devido a exposição às condições urbanas.

Levanta-se a hipótese de que a variação de cor do concreto pigmentado preto observada no estudo é menor devido a influência da cor dos outros componentes do concreto, fazendo com que, durante a limpeza com escovação, o impacto da lixiviação dos pigmentos da superfície não seja tão perceptível quanto à do concreto pigmentado vermelho.

O concreto aparente é um material que, naturalmente, apresenta diferenças cromáticas em sua superfície e, no concreto pigmentado, não é diferente. Essas diferenças também podem ser influenciadas pelo desmoldante, tipo de acabamento e proteção de superfície, logo não se deve esperar, desde a concepção do projeto, uma cor sólida e uniforme como resultado. Essa diferença de cor encontrada pode ser imperceptível em uma dimensão maior de superfície, ainda mais considerando a heterogeneidade do material. Mesmo no concreto não pigmentado a não

homogeneidade da cor acontece, mas como no concreto pigmentado a cor passa a ser um parâmetro de qualidade o seu controle é fundamental.

Além disso, é possível, através do conhecimento do material e de um projeto arquitetônico que leve em consideração as suas características inerentes, atingir a melhor homogeneidade possível da cor e a sua durabilidade.

Caso haja necessidade de amenizar as diferenças cromáticas deve-se, na concepção do projeto, evitar grandes áreas de paredes cegas. Pode-se optar por acabamentos rústicos, aberturas, alto relevos ou paredes com detalhes em diferentes planos.

7. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo fomento a pesquisa.

Ao Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) do IPT pelos ensaios realizados.

À Votorantim pelo fornecimento de material de pesquisa e da disponibilização do laboratório.

À MC Bauchemie pelo fornecimento do hidrofugante.

À Lanxess pelo fornecimento de pigmento. 

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COELHO, F. C. A.; CAVALERA, J.; GOMEZ, J. SANCHEZ, P. Estudio sobre la variación del color y la durabilidad em hormigones vistos con adición de pigmentos sometidos a distintos tratamientos de exposición ambiental. In: Cuadernos INTEMAC. N° 43, 2002.
- [2] HARTMANN, C., BENINI, H. Concreto Arquitetônico e Decorativo. In: Concreto: Ciência e Tecnologia. cap. 45, v. 2. Editor Geraldo Cechella Isaia. IBRACON. São Paulo, 2011. p. 1645-1681.
- [3] HOSPODAROVA, V.; JUNAK, J.; STEVULOVA, N. Color pigments in concrete and their properties. In: International Journal for Engineering and Information Sciences. Pollack Periodica. DOI: 10.1556/606.2015.10.3.15, Vol. 10, No. 3, 2015, pp. 143–151.
- [4] NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2ed. Porto Alegre: Bookman. 2013.
- [5] PASSUELO, A. Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. 176 p.
- [6] POSITIERI, M. J. Propiedades Fisicomecánicas y Durabilidad del Hormigón Coloreado. Tese (Doutorado), Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, 2005. 254 p.
- [7] QUARCIONI, V. A., CHOTOLI, F. F., ALEIXO, D. M. Ensaio acelerado para simular eflorescência de sais solúveis em argamassas endurecidas. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2003. Anais. São Paulo: USP/ANTAC.
- [8] TEICHMANN, G. The use of colorimetric methods in the concrete industry?. Betonwerk+Fertigteil-Technik. 457, p. 58-73, 1990.



A utilização do resíduo de construção civil como agregado no concreto autoadensável

BRUNA MARIA SELLI – ENGENHEIRA CIVIL

DEIVID WILLIAN PREIS – GRADUANDO

ADRIELI BRUSTOLIN – GRADUANDO

PEDRO LUIZ SOBOLEWSKI ESCARABER – GRADUANDO

TOBIAS JUN SHIMOSAKA – COORDENADOR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FACULDADE DE PATO BRANCO

I. INTRODUÇÃO

A implementação de concreto autoadensável (CAA) em obras vem ganhando impulso no Brasil e no mundo devido a suas diversas qualidades. O CAA surgiu no Japão na década de 1980, em decorrência de problemas com a durabilidade das estruturas de concreto, que eram causados principalmente por falhas de adensamento na etapa de concretagem. Este tipo de concreto no estado fresco possui capacidade de preencher os espaços vazios das fôrmas nas quais é lançado, de forma independente, sem necessidade de nenhum método de adensamento.

A ausência da etapa de adensamento permite que a concretagem seja mais ágil, podendo reduzir o número de funcionários e melhorar a durabilidade, pois diminui a possibilidade de que ocorram falhas de concretagem, como grandes vazios oriundos de obstruções nas armaduras ou adensamento mal executado. Permite também a confecção de peças com menores seções, uma vez que o CAA é mais fluido que o concreto convencional (CCV).

Entretanto, mesmo com a notável

evolução na construção civil, um problema que ainda a assola é a degradação do meio ambiente, sendo que a indústria da construção civil é considerada como uma das maiores poluidoras do meio ambiente. O setor, além de causar a exploração das jazidas de matérias-primas e poluição durante o processo de beneficiamento dos materiais, ainda gera uma enorme quantidade de resíduos, provenientes da perda e desperdício no canteiro de obras, demolições e reformas de edificações.

Em relação à exploração das jazidas, de acordo com dados do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), em 2015 no Brasil foram produzidas 212.749.004 toneladas de brita.

De acordo com dados de 2017 da Câmara Ambiental da Indústria da Construção da CETESB (Companhia Ambiental de São Paulo), o volume de resíduos gerados pela construção civil chega a ser duas vezes maior que o volume de lixo sólido urbano, sendo que 50 a 60% do total de resíduos produzidos nas cidades brasileiras têm origem na construção civil; somente em São Paulo, estima-se que há geração de 17 mil toneladas/dia de resíduos.

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) publicou pela primeira vez em 2002 a Resolução nº 307, que trata das diretrizes para a gestão dos resíduos da construção civil, a fim de minimizar os impactos ambientais. Nela os resíduos são classificados em 4 classes, sendo que os resíduos que foram objetos do presente estudo estão contidos na classe A, que são componentes cerâmicos e concreto.

2. PROCEDIMENTO EXECUTIVO

Diante da enorme quantidade de resíduos gerados pela construção civil, se torna interessante estudar a possível reutilização desses resíduos em obras, sendo uma das alternativas seu emprego como agregados no concreto... Logo, a presente pesquisa tratou de avaliar a viabilidade de substituir parcialmente o agregado graúdo natural (brita) por resíduo cerâmico (RCCI) e resíduo de concreto (RCCI) na confecção de concreto autoadensável para fins estruturais. Para comprovar que a substituição é vantajosa, é necessário avaliar as características no estado fresco e no estado endurecido do concreto.

Pois, para o concreto confeccionado

poder ser considerado autoadensável é indispensável que ele possua algumas características, de acordo com Tutikian e Dal Molin (2008, p.9). São elas: fluidez, habilidade passante e resistência à segregação. A fluidez indica a habilidade do material fluir nas fôrmas e preencher todos os espaços de forma independente. Habilidade passante é a capacidade da mistura escoar pela fôrma, transpondo os obstáculos, como as barras de aço, sem ocorrência de obstrução. E a resistência à segregação é a capacidade do CAA se manter coeso, ou seja, os agregados não segregam, depositando-se no fundo, assim a mistura se mantém homogênea.

2.1 Materiais

Os materiais utilizados na confecção do CAA pouco diferem do CCV. São utilizados cimento, agregados, água, aditivo e adição. A adição é responsável por aumentar coesão da mistura e diminuir a segregação do agregado. As adições podem ser quimicamente ativas ou inertes, o filer é uma adição inerte cujo efeito físico é empacotamento granulométrico e melhora da coesão da mistura (TUTIKIAN e DAL MOLIN, 2008, p.33). O uso

► Tabela 1 – Caracterização do materiais

Material	Massa específica (g/cm ³)	Finura (%)	
		#200	#325
Cimento	2,99*	1*	9*
Areia	2,63	9*	22*
Brita	2,82	—	—
Aditivo	1,04 a 1,08*	—	—
Adição	2,86	—	—
RCC I	2,3	—	—
RCC II	2,57	—	—

* Valores fornecidos pelos fabricantes.

de superplastificante é indispensável para o CAA, pois, sem ele, seria impossível alcançar a fluidez e trabalhabilidade necessárias (GOMES e BARROS, 2009, p.53).

O cimento utilizado foi do tipo CP V-ARI RS, pois possui alto valor de superfície específica, igual a 4949 cm²/g (Método de Blaine), de acordo com o fabricante, o que ajuda a reduzir a tensão de escoamento e aumentar a viscosidade. O agregado graúdo natural utilizado foi a brita de origem basáltica, com diâmetro máximo igual a 12,5 mm e, como agregado miúdo, a areia natural, com módulo de finura igual a 1,39. O aditivo utilizado foi o superplastificante de 3^o geração, pois melhora a fluidez e trabalhabilidade

do concreto e permite que se empregue uma baixa relação água/cimento (a/c), evitando a perda de resistência. A adição escolhida foi o filer calcário, um tipo de adição inerte proveniente da moagem do calcário. O resíduo cerâmico utilizado era proveniente de blocos cerâmicos que não continham outro material aderido, e o resíduo de concreto proveniente de corpos de prova feitos de CCV utilizados para ensaios mecânicos. A Tabela 1 informa as características dos materiais.

2.2 Traços e confecção

Com a finalidade de comparar as diferenças entre o CAA convencional e

► Tabela 2 – Traços

Traço		Cimento	Filer	Areia	Pedrisco	Resíduo	Água	Aditivo
Padrão	Kg/m ³	445,5	51,68	891	891	0	178,2	3,56
	Unitário	1	0,116	2	2	0	0,4	0,8
30% RCC I	Kg/m ³	436,15	50,59	872,3	610,61	261,69	174,46	3,49
	Unitário	1	0,116	2	1,4	0,6	0,4	0,8
30% RCC II	Kg/m ³	441,43	51,21	882,86	618	264,86	176,57	3,53
	Unitário	1	0,116	2	1,4	0,6	0,4	0,8
50% RCC I	Kg/m ³	430,13	49,9	860,26	430,13	430,13	172,05	3,44
	Unitário	1	0,116	2	1	1	0,4	0,8
50% RCC II	Kg/m ³	438,75	50,9	877,5	438,75	438,75	175,5	3,51
	Unitário	1	0,116	2	1	1	0,4	0,8



o CAA contendo resíduos, foram definidos traços com diferentes porcentagens de substituição. A pedra brita foi substituída por resíduo cerâmico (RCCI) e resíduo de concreto (RCCII), nas seguintes proporções: 30% RCCI, 30% RCCII, 50% RCCI, 50% RCCII.

O primeiro traço confeccionado foi o traço de CAA convencional, denominado Padrão, para que servisse de parâmetro. Na Tabela 2 constam os traços confeccionados.

Os resíduos não podem ser simplesmente britados e incorporados ao concreto, é importante que eles tenham a granulometria o mais próxima possível do agregado natural.

O processo de preparação dos resíduos consistiu em britá-los, separá-los por tipo, secá-los em estufa, peneirá-los de acordo com a NBR NM 248/2003 e selecionar o resíduo de forma que as porcentagens retidas de cada peneira do mesmo, fossem idênticas as porcentagens retidas de cada peneira do agregado graúdo natural, resultando assim na mesma granulometria para brita, RCCI e RCCII.

Devido à grande quantidade de finos proveniente da britagem, foi feita a lavagem e saturação dos resíduos após serem peneirados, antes da sua utilização para confecção, pois poderiam consumir muita água de amassamento, sendo assim, para o agregado graúdo natural foi realizado o mesmo processo de lavagem e saturação para manter a uniformidade dos processos. Todos os traços foram submetidos às mesmas condições de ambiente, equipe, material e equipamentos, isso é importante para que haja a menor interferência possível de fatores externos que possam acarretar em variações nos resultados.

2.3 Ensaios em estado fresco

Para verificar as características essenciais do CAA citadas anteriormente, fluidez, habilidade passante e resistência à segregação, a norma NBR 15823/2017 cita os critérios para o concreto ser aceito como autoadensável e a classificação de acordo com a finalidade ao qual é indicado. Os ensaios presentes na norma que foram executados nesta pesquisa foram os seguintes: *Slump Flow Test* (Método do Cone de Abrams), Anel J e Caixa L.

O *Slump Flow Test* (Método do Cone de Abrams) é um ensaio que serve para determinar a capacidade de espalhamento e o tempo de escoamento do concreto, ou seja, avalia a fluidez do concreto. Para esse ensaio utiliza-se o cone de Abrams, centralizado em uma circunferência de 500 mm de diâmetro, marcada sobre uma superfície nivelada e regular, como na Figura 1. O cone é preenchido com o concreto sem adensamento, quando ocorre a desmoldagem, quando ocorre a desmoldagem é cronometrado o tempo a partir do momento que o cone perde contato com a superfície, até o momento que

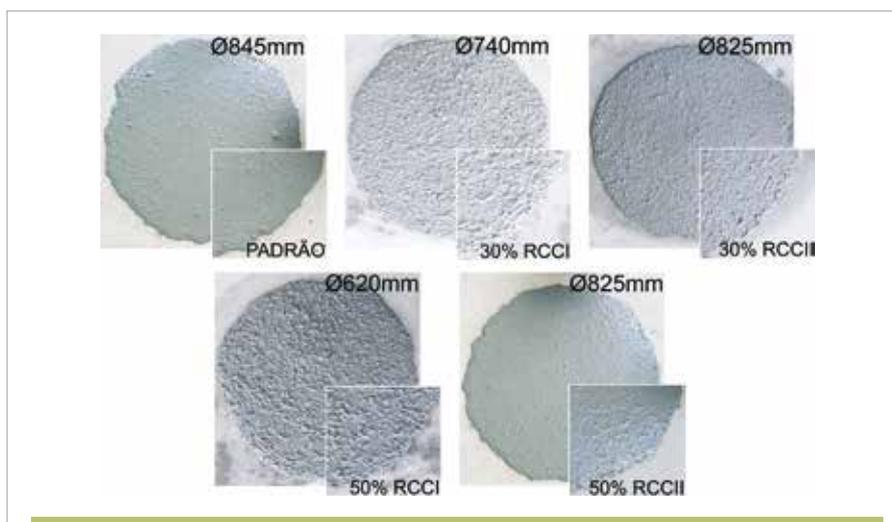


► **Figura 1**
Ensaio de *slump flow test*

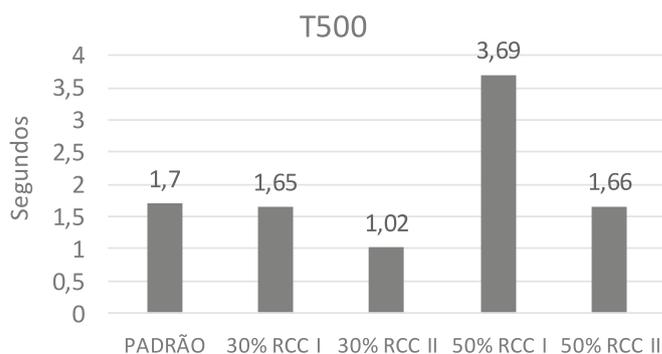
a massa de concreto alcança a marcação de 500 mm.

Com o ensaio de *Slump Flow Test* obtêm-se três resultados: Espalhamento, T500, IEV.

O espalhamento é a medida em milímetros obtida a partir da média de dois diâmetros perpendiculares da massa já estabilizada após a desmoldagem, e o T500, o parâmetro de escoamento em segundos. O IEV, índice de estabilidade visual, é uma avaliação feita visualmente no ensaio de *Slump Flow Test*, onde



► **Figura 2**
Aspecto do concreto no ensaio de *slump flow test*



► **Figura 3**
Resultados do T500



► **Figura 4**
Ensaio de Anel J

percebe-se se há presença de segregação, exsudação e acúmulo de agregados.

A Figura 2 mostra imagens registradas ao final do ensaio de Slump Flow Test, na qual é possível visualizar que as misturas contendo resíduos apresentaram bordas mais regulares que o traço Padrão, principalmente as com RCCI. Em relação à exsudação e segregação, apenas o traço 50% RCCII indica apresentar leve exsudação em sua superfície e bordas ligeiramente mais irregulares que as demais misturas com resíduo, entretanto ainda teve resultados mais satisfatórios que o traço Padrão. Em nenhum traço ocorreu concentração de agregados no centro.

Os resultados obtidos para o T500 estão apresentados na Figura 3. Nela é possível perceber que a maioria dos traços com resíduo levaram menor tempo, em comparação ao traço Padrão, para atingir a circunferência de 500 mm, ou seja, eram mais fluidos que o traço de CAA convencional, com exceção do traço 50% RCCI.

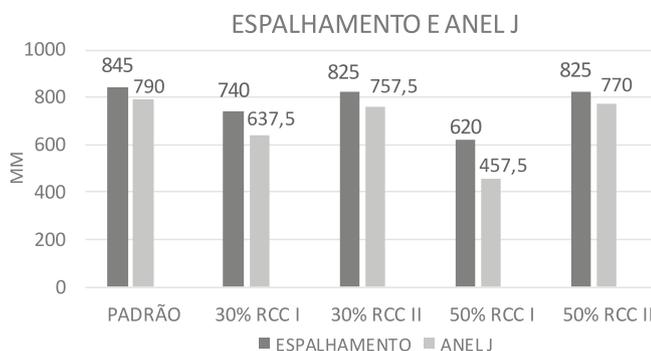
O ensaio de anel J determina a habilidade passante do concreto. Nesse ensaio é utilizado o cone de Abrams de forma invertida, centralizado em um anel dotado de barras na vertical, feito em aço, como mostra a Figura 4. O cone é preenchido com concreto sem adensamento e desmoldado posteriormente. Após a massa de concreto estabilizar-se, é determinado o resul-

tado do ensaio, que é a medida em milímetros obtida a partir da média de dois diâmetros perpendiculares. Ainda é possível avaliar se houve obstrução das armaduras.

Os dados obtidos para o espalhamento no ensaio de Anel J e no ensaio de *Slump Flow Test* constam na Figura 5. O diâmetro de espalhamento diminui nos traços contendo resíduos e as substituições feitas com resíduo de concreto tiveram maior espalhamento do que as de resíduo cerâmico. Isso se deve ao fato de que os resíduos são mais porosos que a brita, assim como a cerâmica é mais porosa que o concreto, absorvendo maior quantidade de água de amassamento, comportamentos que já eram esperados.

O ensaio de Caixa L é outro ensaio que também serve para avaliar a habilidade passante do concreto, porém

nele o fluxo ocorre de forma confinada. Para esse ensaio, utiliza-se uma caixa com seção retangular e perfil em L, dotada de barras na vertical. Preenche-se totalmente com concreto sem adensamento o compartimento vertical, que é isolado por uma comporta que antecede as barras, como mostra a Figura 6. Após isso, a comporta é aberta e o concreto flui pelas barras alcançando o compartimento horizontal. O resultado deste ensaio é a razão entre H2(altura final) e H1(altura inicial), que são as alturas remanescentes do compartimento horizontal ocupado pela massa de concreto. Quanto o resultado for mais próximo de 1 indica que houve menor diferença de altura, ou seja, o concreto fluiu pelas armaduras com maior facilidade. Também se



► **Figura 5**
Resultado de espalhamento do *slump flow test* e Anel J





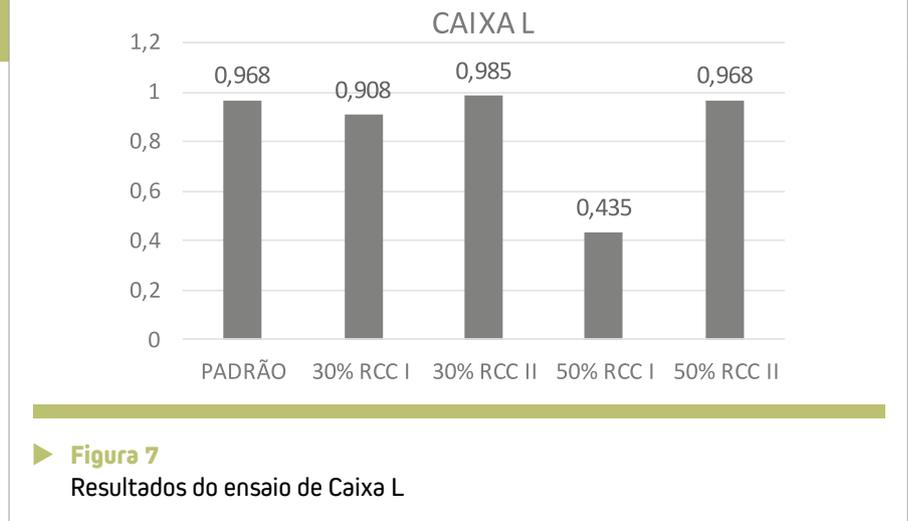
► **Figura 6**
Ensaio de Caixa L

observa se houve obstrução das barras.

Os dados obtidos no ensaio de Caixa L são apresentados na Figura 7. Nela é possível perceber que os traços com RCCI tiveram maior dificuldade em transpor as armaduras do que os traços com RCCII, porém chegando a valores muito próximos do traço Padrão de referência, com exceção do concreto onde 50% do pedrisco foi substituído por resíduo cerâmico. Em todas as outras situações também não foi identificada nenhuma obstrução das barras.

A norma 15823-1/2017 estabelece os limites para as classes de autoadensabilidade em função da sua aplicação. Com os dados obtidos em cada ensaio no estado fresco, os traços foram classificados e o resultado pode ser consultado na Tabela 3.

Percebe-se que, embora a maioria dos traços tenha atendido às diretrizes



► **Figura 7**
Resultados do ensaio de Caixa L

da norma, no ensaio de Anel J nenhum traço enquadrou-se nas categorias da NBR 15823-1/2017, pois a norma indica que os valores resultantes da diferença entre o espalhamento sem o anel J e com o anel J estejam entre 0 a 50 mm, e nos ensaios essa diferença foi maior do que é indicado. No ensaio de Caixa L, o traço 50% RCCI também não atendeu à NBR 15823-1/2017: a razão entre a H2(altura final) e H1(altura inicial) resultou em um valor menor que o indicado na norma que é no mínimo 0,8.

2.4 Ensaios em estado endurecido

Para avaliar as propriedades mecânicas no estado endurecido, foram realizados ensaios de resistência à compressão simples (NBR 5739/2018), resistência à tração por compressão diametral (NBR 7222/2011), absorção de água (NBR 9778/2009) e módulo de elasticidade. Todos os ensaios foram

realizados com 3 corpos de prova para cada idade, 7 dias e 28 dias, com exceção do módulo de elasticidade.

A Figura 8 apresenta o resultado do ensaio de compressão simples. É possível perceber que quanto maior a porcentagem de substituição do agregado graúdo natural por resíduos, menor é a resistência. Os traços com RCCI tiveram valores menores em relação ao RCCII, entretanto todos se classificam em classes de concreto que podem ser utilizadas para fins estruturais, utilizando armaduras passivas de acordo com a NBR 6118/2014.

Os resultados do ensaio de tração constam na Figura 9, cujo comportamento foi o mesmo identificado no ensaio de compressão: maiores substituições de agregado graúdo natural por resíduo, principalmente o resíduo cerâmico, resultam em menores valores para resistência. Uma peculiaridade ocorreu no traço 50% RCCI, no qual a resistência aos 7 dias e 28 dias tiveram valores quase idênticos - parte disso se deve ao fato de que o cimento utilizado é de alta resistência inicial, atingindo grande resistências logo nas primeiras idades.

A Figura 10 apresenta os dados obtidos com o ensaio de absorção de água. Com ele é possível concluir que absorção é maior à medida que aumenta a porcentagem de resíduos. Os traços com resíduo de concreto

► **Tabela 3 – Classificação dos traços de acordo com os ensaios em estado fresco**

Traço	T500	Esp.	Anel J	Caixa L	IEV
Padrão	VS1	SF3	*	PL2	IEV 1
30% RCC I	VS1	SF2	*	PL2	IEV 0
30% RCC II	VS1	SF3	*	PL2	IEV 0
50% RCC I	VS2	SF1	*	*	IEV 0
50% RCC II	VS1	SF3	*	PL2	IEV 1

* Não se enquadra em nenhuma das classificações para este ensaio.

apresentaram menor absorção em relação aos com resíduo cerâmico, exceto, o traço 50% RCCI aos 28 dias, que apresentou um comportamento inesperado.

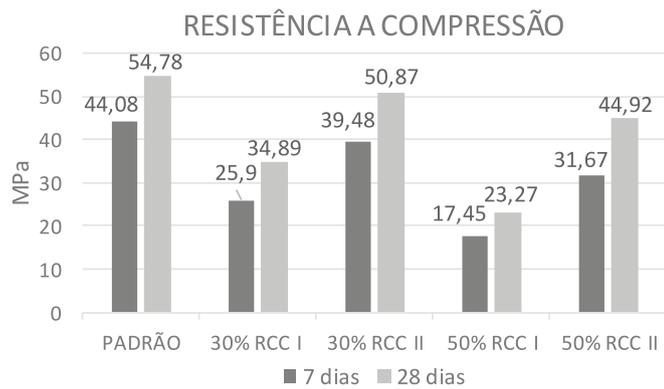
Devido à ausência dos equipamentos necessários, tornou impraticável a execução do ensaio de módulo de elasticidade de forma convencional. Sendo assim, o ensaio foi realizado de forma semelhante ao de compressão simples (porém, o corpo de prova não sofreu ruptura). O ensaio procedeu-se da seguinte forma: à medida que o corpo de prova recebia o carregamento, havia a aferição de forma simultânea da sua deformação. Dessa maneira, foi possível obter, para cada valor de carregamento (e, conseqüentemente valor da tensão), o valor da deformação específica correspondente. Assim, com valores de tensão e deformação, e considerando um comportamento linear do concreto, foi possível determinar o módulo de elasticidade utilizando a Lei de Hooke, presente na Equação 1. O ensaio de módulo de elasticidade foi realizado na idade de 28 dias.

$$(\sigma = \epsilon * E)$$

1

O resultado do ensaio para determinar de módulo de elasticidade é apresentado na Figura 11. Nela é possível perceber que houve ligeira redução no módulo com a utilização de RCCI e RCCII em relação ao traço Padrão, pois a natureza do agregado influencia na fissuração da zona de transição, influenciando também o módulo de elasticidade, sendo o módulo de elasticidade maior quanto maior for à dureza do agregado, como o agregado basáltico utilizado no traço padrão, que possui maior dureza em relação aos RCCs.

Na Figura 12, é possível visualizar os corpos de prova rompidos ao meio,

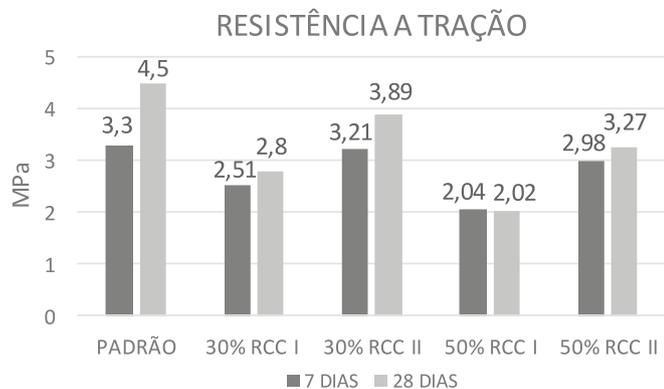


► **Figura 8**
Resultado do ensaio de compressão simples

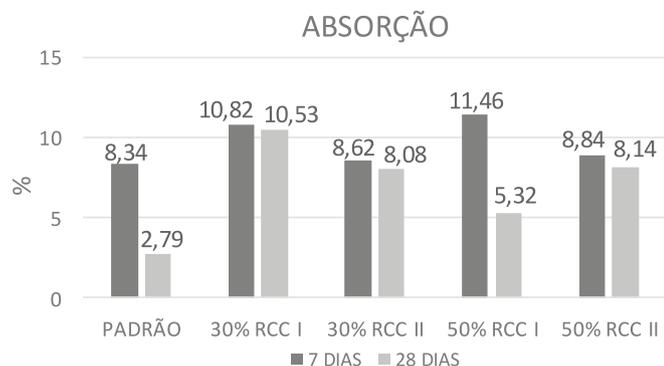
demonstrando que não houve segregação do agregado, o que faria com que ele se depositasse no fundo, a distribuição dos agregados se manteve uniforme no concreto, indicando a coesão dos traços produzidos.

3. CONCLUSÃO

Com o intuito de incentivar a valorização do resíduo de construção civil, a proposta da pesquisa consistiu em incorporar os RCCs na confecção de concreto autoadensável, mas buscando



► **Figura 9**
Resultado do ensaio de tração por compressão diametral



► **Figura 10**
Resultado do ensaio de absorção de água



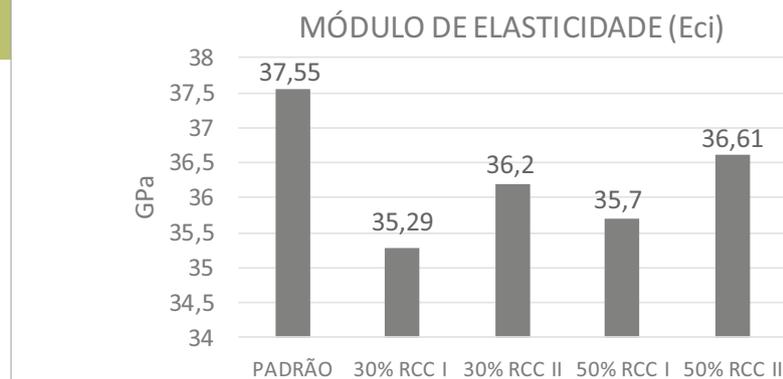
manter resistências significativas. Para isso foi utilizado resíduo cerâmico e resíduo de concreto para substituir parte do agregado graúdo natural. Sendo assim, foram realizados traços com 50% e 30% do agregado graúdo natural substituído por RCC.

Os ensaios para verificação das características em estado fresco mostraram que é possível fazer a utilização do resíduo sem perda das características autoadensáveis do concreto, podendo até ter resultados melhores que no CAA convencional.

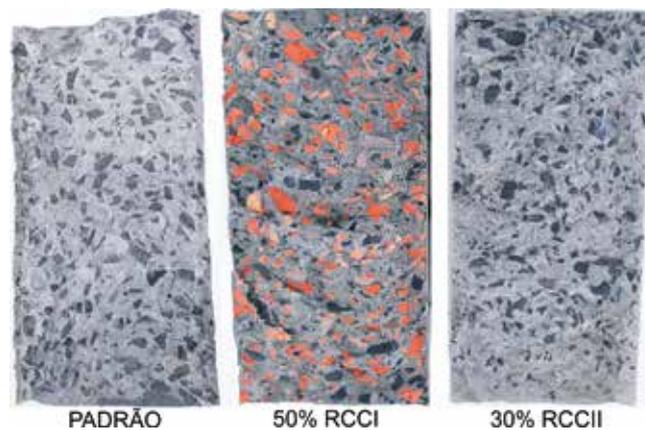
Os traços com maiores taxas de substituição, principalmente a substituições feitas por RCCI, tiveram melhor resultado para resistência à segregação e exsudação, apresentando-se de forma mais coesa em relação ao traço Padrão.

Os traços com utilização de RCCII apresentaram bons resultados nos ensaios de escoamento e fluidez, aproximando-se muito do diâmetro de espalhamento alcançado no traço Padrão, demonstrando que o resíduo não prejudica o espalhamento da massa de concreto.

Nos testes de habilidade passante, que medem a capacidade do concreto transpor obstáculos, também foram obtidos resultados satisfatórios: todos os traços fluíram sem dificuldades por entre as barras, não havendo obstruções das armaduras, mesmo que nos ensaios de Anel J e Caixa L alguns traços não tenham se enquadrado dentro das



► **Figura 11**
Resultado do ensaio de módulo de elasticidade



► **Figura 12**
Corpos de prova

categorias da norma, que apenas indica um índice a ser alcançado, porém isso não prejudica o desempenho do concreto.

No estado endurecido foi possível alcançar até 50,87 MPa de resistência à compressão, valor muito acima da classe C20, que era o mínimo desejado. Embora os resultados indiquem que quanto maior a porcentagem de resíduo menor a resis-

tência, os traços de até 50% resíduo obtiveram valores que são comumente utilizados nas obras, mostrando, assim, que a substituição do agregado graúdo natural por resíduo de construção civil, além de ser uma prática sustentável e benéfica ao meio ambiente, pode trazer economia e ainda ser muito eficiente em relação à sua resistência à compressão. 🏗️

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CETESB. Câmara ambiental da indústria da construção. Companhia ambiental do estado de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/wp-content/uploads/sites/21/2017/12/Construção.pdf>
- [2] CONAMA. Resolução N° 307, de 5 de julho de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>
- [3] DNPM. Cadastro nacional dos produtores de brita: Ano base – 2015. Departamento Nacional de Produção Mineral. Agência Nacional de Mineração. 2015. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/cadastro-nacional-de-produtores-de-brita/view>
- [4] GOMES, P. C. C.; BARROS, A. R.. Métodos de dosagem de concreto autoadensável. 1ª edição, São Paulo, 2009.
- [5] TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C.. Concreto auto-adensável. 1ª edição, São Paulo, 2008.

Substituição de cimento Portland por cinza da casca de arroz e vidro moído em concretos permeáveis

ABRAHÃO BERNARDO ROHDEN – PROFESSOR DOUTOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU

LOYANE LUMA SOUSA XAVIER – MESTRANDA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU

ROGER REITZ – ENGENHEIRO CIVIL

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU

I. INTRODUÇÃO

Não é de hoje que a população vem sofrendo com inundações e enchentes. Tal acontece devido ao grande avanço da urbanização nos grandes centros, que, em consequência, resulta na escassez de áreas permeáveis (caracterizadas pelos jardins, estradas não pavimentadas, etc.). Além disso, vem ocorrendo uma grande ocupação desordenada nas áreas ribeirinhas, barrando o avanço natural dos rios em grandes eventos. Deste modo, a drenagem urbana é realizada de modo que capta a água escoada passando por tubulações/galerias. Esse tipo de intervenção soluciona parcialmente o problema, isso

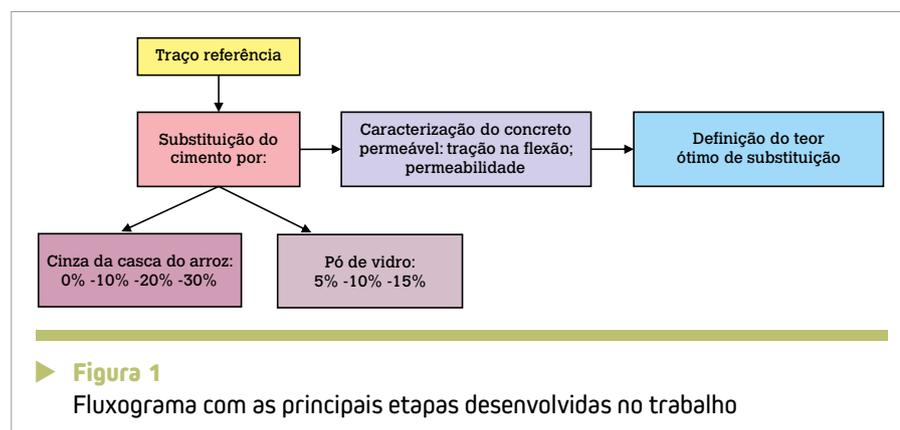
porque esse escoamento que é tubulado, só acaba transferindo o problema à jusante (TUCCI, 2007).

Uma abordagem mais contemporânea de drenagem urbana não considera mais sustentável simplesmente transferir a precipitação à jusante. Neste contexto se insere o concreto permeável ou drenante que permite que parte da água infiltre no solo ou seja reservada no próprio pavimento. Com esse propósito, o concreto permeável ou drenante tem sido utilizado no Brasil e em todo o mundo. No Brasil, a NBR 16.416 (ABNT, 2015) estabelece os requisitos e procedimentos a serem atendidos pelo concreto permeável.

No contexto da drenagem urbana, o

concreto permeável é um material que tem um apelo sustentável. Contudo, visando expandir sustentabilidade do material, a pesquisa desenvolvida neste trabalho propõe utilizar cinza de casca do arroz na composição do concreto permeável em substituição do cimento Portland. O emprego da cinza de casca do arroz foi amplamente estudado no Brasil nos últimos anos (ISAIA, 1995; POUHEY, 2006; CORDEIRO, 2009). Cada tonelada de arroz colhido gera cerca de 200 kg de casca que por sua vez acaba por dar origem a 40 kg de cinza. Através do controle de queima cinzas altamente pozolânicas podem ser produzidas (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

As cinzas altamente pozolânicas oriundas de processos de queima controlado apresentam aplicações em concretos de alto desempenho e já são comercializadas como adição mineral apresentando valor agregado. Ou seja, deixaram de ser um rejeito e passaram a ser tratadas como um subproduto da produção do arroz. Já, as cinzas de casca do arroz sem controle de queima são ainda rejeitos com pouco ou nenhum valor agregado. Muitas vezes, esse rejeito é descartado de



► **Figura 1**
Fluxograma com as principais etapas desenvolvidas no trabalho

maneira inadequada, o que acaba por prejudicar o meio ambiente onde o material é depositado (POUEY, 2006).

A pesquisa e o desenvolvimento de aplicações para cinzas sem controle de queima são de grande valia para que a mesma possa ter valor agregado e deixe de ser disposta de maneira incorreta. Neste contexto, este artigo propõe avaliar a aplicação da cinza de casca do arroz sem controle de queima na dosagem de concretos permeáveis em substituição do cimento.

Da mesma forma que a cinza de casca de arroz sem controle de queima o vidro também pode ser considerado um resíduo de baixo valor agregado. O vidro é um material passível de reciclagem, contudo o processo não é muitas vezes considerado vantajoso. Isso porque a manutenção das características originais de um tipo de vidro depende da correta separação do resíduo. A mistura de composições altera as características físicas do material, principalmente para os vidros coloridos. Com isso, tem se conseguido a transformação das embalagens de vidro em novas embalagens com qualidade igual ou inferior às originais.

O objetivo do estudo foi avaliar a resistência à permeabilidade do concreto permeável com a utilização da cinza de casca de arroz sem controle de queima e pó de vidro em substituição do cimento Portland.

No trabalho não foram avaliados fatores como a influência do tempo de moagem nas propriedades estudadas. Também não se avaliou a aplicação de nenhum tratamento na superfície das partículas: os resíduos foram somente finamente moídos antes da aplicação ao concreto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido conforme apresentado na Fig. 1. A partir de um



► **Figura 2**

Cinza da casca do arroz antes (esquerda) e após (direita) ao processo de moagem

Fonte: autores

traço referência foram dosados concretos com substituições de cimento Portland por cinza de casca de arroz sem controle de queima e por vidro moído.

2.1 Materiais

2.1.1 CINZA DA CASCA DE ARROZ (CCA)

A cinza de casca de arroz estudada neste trabalho foi proveniente de uma indústria de beneficiamento de arroz, localizada na cidade de Pelotas – RS e não recebeu qualquer tipo de controle

de queima ou tratamento. A moagem foi realizada em moinho de bola, tipo Los Angeles; o tempo de moagem foi de 5 h. Na Fig. 2 pode ser visto o aspecto do material antes e após a moagem.

A moagem foi realizada com a proporção de 2,5 kg de cinza para 6,0 kg de esferas de aço. Antes do processo de moagem, o material foi seco em estufa a 100°C por 24 h. Esse procedimento foi adotado de acordo com o procedimento descrito no trabalho de Rego (2004).

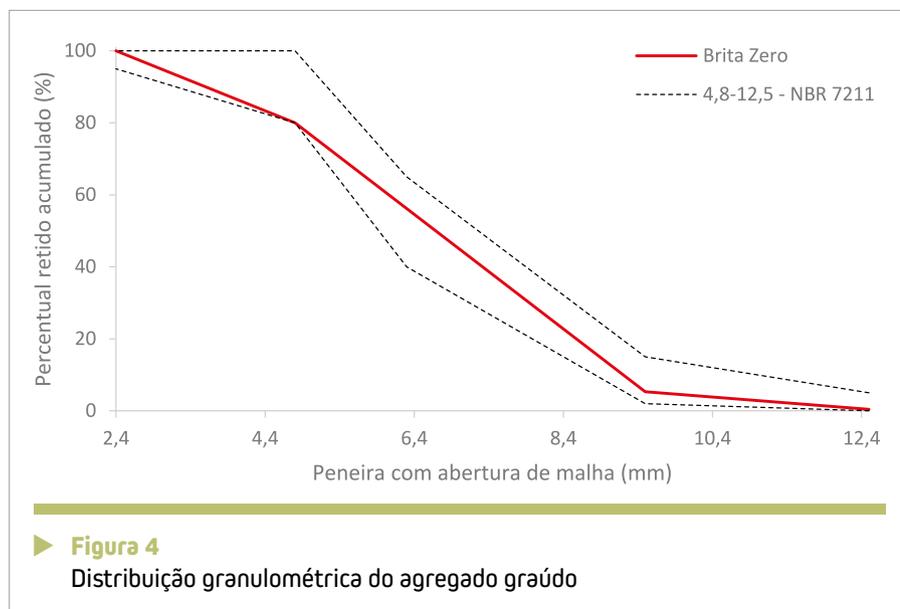
Após a moagem, a cinza foi caracterizada. O material apresentou perda



► **Figura 3**

Vidro após o processo de moagem

Fonte: autores



ao fogo de 11,29% no ensaio químico realizado de acordo com a NBR NM 18 (ABNT, 2012). Esse valor é quase o dobro do máximo estabelecido pela NBR 12.653 (ABNT, 2015), que limita a perda ao fogo das adições pozolânicas em 6%. A massa específica da CCA determinada de acordo com a NBR NM 23 (ABNT, 2000) foi de 2,04 g/cm³.

2.1.2 VIDRO MOÍDO

O vidro foi moído em moinho de bolas, tipo Los Angeles (Fig. 3). As embalagens empregadas no estudo foram adicionadas no moinho inteiras e o tempo de moagem foi de 5 h. A massa de esferas de aço foi 5 vezes maior que a massa de material a ser moído.

O material moído apresentou-se 100% passante na peneira 0,075 mm.

2.1.3 AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo utilizado foi um agregado graúdo britado, comercializado como brita zero de gnaíse. O material foi caracterizado segundo a NM 248 (ABNT, 2003). A distribuição granulométrica é apresentada na Fig. 4.

A massa unitária compactada do material foi determinada de acordo com a NBR NM 45 (ABNT, 2006) como sendo 1,648 g/cm³. A massa específica foi determinada de acordo com a NBR NM 53 (ABNT, 2009) como sendo 2,81 g/cm³. Já o módulo de finura determinado através da dis-

tribuição granulométrica apresentada na Fig. 4 foi determinado como 5,81 e dimensão máxima característica de 12,7 mm.

2.1.4 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland empregado na pesquisa foi o CPV – ARI. Na tabela 1 são apresentadas as características físicas e mecânicas do cimento empregado no estudo.

2.1.5 SUPERPLASTIFICANTE

O aditivo superplastificante empregado é caracterizado por ser um aditivo superplastificante de terceira geração. É baseado em uma cadeia de éter policarboxílico modificado, que atua como dispersante do material cimentício, propiciando alta redução de água.

2.1.6 ÁGUA

A água utilizada no estudo foi proveniente do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) da cidade de Blumenau – SC.

2.2 Métodos

Nas tabelas 2 e 3 são apresentados os traços utilizados no trabalho para as substituições de cinza da casca de arroz e pó de vidro, respectivamente.

► Tabela 1 – Características físicas CPV – ARI

Idades	Resistência à compressão axial (MPa)				Blaine (cm ² /g)	Início de pega (min)	Fim de pega (min)
	24 horas	3 dias	7 dias	28 dias			
NBR 5733	≥ 14	≥ 24	≥ 34	—	≥ 3000	≥ 60	≤ 600
CPV ARI	27	37	42	48	5330	160	265

Fonte: Adaptado fabricante



► Tabela 2 – Traços empregados no trabalho para determinação do teor de substituição ótima de cinza da casca de arroz

Teor	Brita seca (kg)	Cimento (kg)	Água (L)	Cinza (kg)	Aditivo (g)	Relação água/cimento
0%	62,5	20,83	5,21	0	52,0	0,25
10 %	62,5	18,75	5,21	2,08	60,0	0,25
20 %	62,5	16,67	5,21	4,17	58,8	0,25
30 %	62,5	14,58	5,21	6,25	78,0	0,25

Foi utilizado aditivo superplastificante visando a melhora da mistura e melhor dispersão do cimento e adições em função da baixa relação água/cimento utilizada.

A mistura dos traços foi realizada em betoneira de eixo inclinado. A moldagem dos corpos de prova empregados nos ensaios foi realizada com auxílio de uma colher de pedreiro e sem aplicar muitos golpes, buscando evitar o fechamento dos poros permeáveis do concreto. Na Fig. 5 são apresentados os detalhes do processo de moldagem realizados no laboratório.

2.2.1 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Para realização desse ensaio, adotou-se os critérios estabelecidos na NBR 16.416 (ABNT, 2015). Foram moldados corpos de prova prismáticos de 100x60x400mm, moldados com uma colher de pedreiro, realizado de duas em duas camadas para

cada corpo de prova. Após a cura, para conhecimento da resistência na tração na flexão, seguiu a NBR 12142 (ABNT, 2010). Os ensaios de resistência à tração na flexão foram realizados na idade de 28 dias.

2.2.2 PERMEABILIDADE

Para realização do ensaio de permeabilidade foram empregados três corpos de prova com 400x400x60

mm. O ensaio foi realizado de acordo com o anexo A da NBR 16.416 (ABNT, 2015). Para realizar o ensaio deve-se posicionar o anel de infiltração na placa e isolar a parte inferior do anel com massa de calafetar. O anel deve ter uma marca de 1 cm e 1,5 cm para controlar a água entre essa altura enquanto for despejando.

Como primeira parte, foi realizada a pré-molhagem com uma massa de água de 3,6 kg. A cronometragem



► **Figura 5**
Moldagem dos corpos de prova de concreto permeável
Fonte: autores

► Tabela 3 – Traços empregados no trabalho para determinação do teor de substituição ótima de pó de vidro

Teor	Brita seca (kg)	Cimento (kg)	Água (L)	Pó de vidro (kg)	Aditivo (g)	Relação água/cimento
0%	62,5	20,83	5,21	0	52,0	0,25
5 %	65,5	19,79	5,21	1,04	50,0	0,25
10 %	65,5	18,75	5,21	2,08	50,0	0,25
15 %	65,5	17,71	5,21	3,12	50,0	0,25



► **Figura 6**
Corpo de prova empregado na determinação do coeficiente de permeabilidade de permeabilidade
Fonte: autores

inicia-se a partir do instante que a água entra em contato com a placa, sendo despejada em velocidade constante entre 1 e 1,5 cm, até o momento que some da superfície. Assim, se o tempo de pré-molhagem for menor que 30 segundos, utiliza massa de água de 18 L para o ensaio; e se for maior que 30 segundos, utiliza massa de água de 3,6 kg.

O ensaio de determinação do coeficiente de permeabilidade é realizado da mesma forma que a pré-molhagem. Após esse ensaio é possível determinar o coeficiente de permeabilidade com a equação 1.

$$k = \frac{C \cdot m}{(d^2 \cdot t)}$$

1

Onde:

k = coef. de permeabilidade (mm/h);

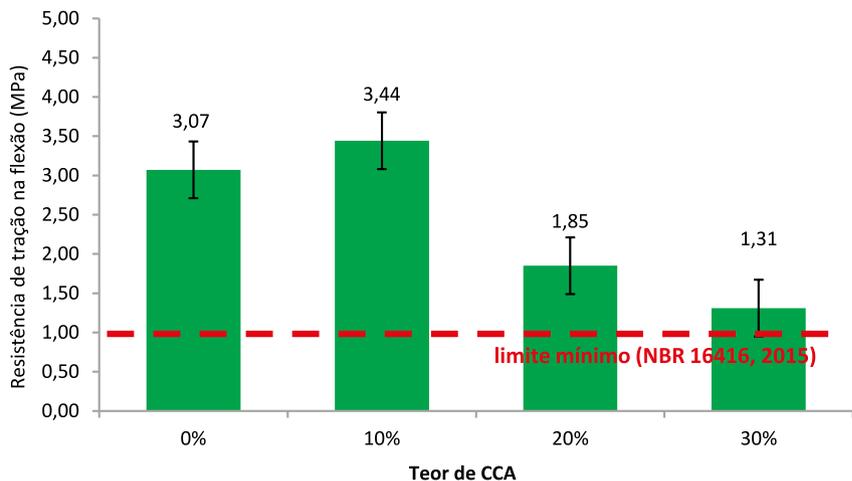
m = massa da água (kg);

d = diâmetro anel (mm);

t = tempo cronometrado (s);

C = fator de conversão = 4.583.666.000.

A figura 6 apresenta o corpo de prova empregado para os ensaios de permeabilidade na idade de 28 dias.



► **Figura 7**
Resistência à tração na flexão para os traços de concreto com diferentes teores de substituição de cimento por cinza de casca de arroz

3. RESULTADOS

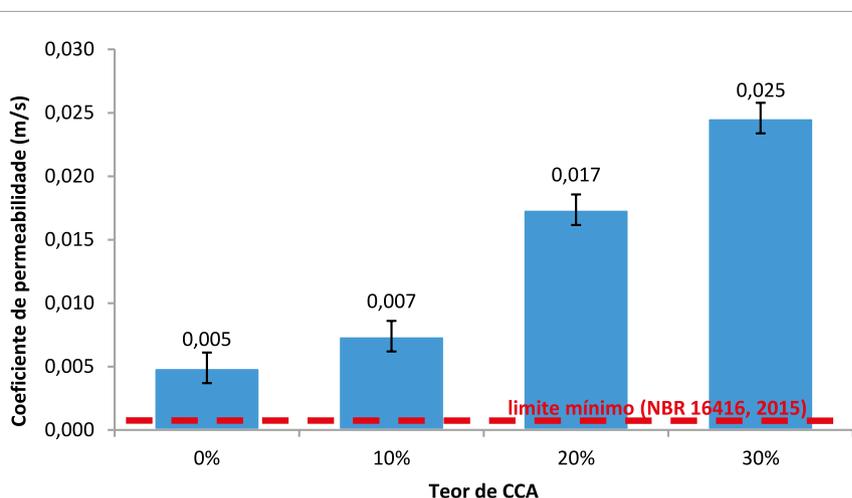
3.1 Cinza da casca de arroz

3.1.1 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Na Fig. 7 são apresentados os valores médios de resistência à tração na flexão determinados experimentalmente no trabalho, bem como o desvio padrão

e a resistência mínima estabelecida por norma para o concreto permeável. O teor de substituição da cinza de casca de arroz exerceu influência significativa na resistência à tração na flexão.

Para o teor de substituição de 10% de cimento por cinza de casca de arroz, ocorreu um leve aumento da resistência à tração na flexão quando comparado a resistência média do traço de referência.



► **Figura 8**
Coeficiente de permeabilidade de concretos com diferentes teores de substituição



Assim duas considerações podem ser feitas sobre o teor de substituição de cinza de casca do arroz mais adequado. A primeira é que o teor de 10% foi o que apresentou maior resistência. O segundo é que o teor de 30% de substituição é o que ambientalmente é mais interessante, pois é o que permite que maior quantidade do resíduo seja incorporado ao concreto permeável dentre os teores estudados.

3.1.2 PERMEABILIDADE

Na Fig. 8 são apresentados os valores médios de permeabilidade, o desvio padrão e o valor mínimo de permeabilidade estabelecido por norma.

O teor de substituição mostrou ser significativo na permeabilidade do concreto permeável. Os valores determinados experimentalmente e apresentados na Fig. 8 são bastante superiores aos valores mínimos estabelecidos pela norma.

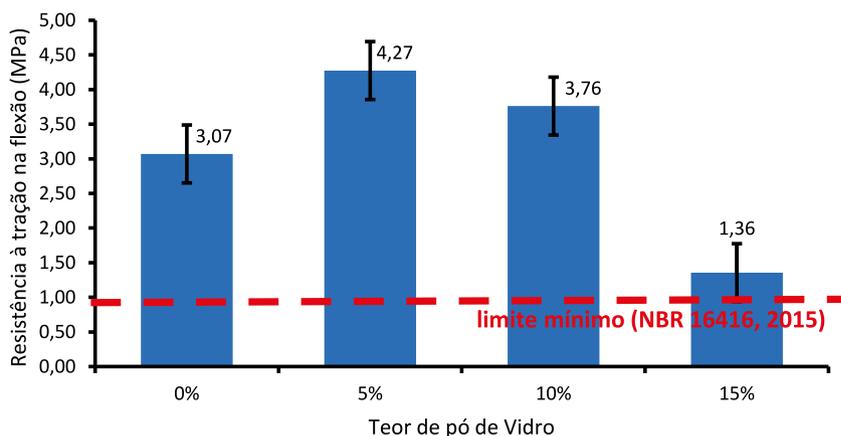
A partir dos resultados apresentados na Fig. 8, novamente, constata-se que, tanto do ponto de vista ambiental quanto da permeabilidade, o teor mais adequado de substituição é o teor de 30% de cinza de casca do arroz.

3.2 Pó de vidro

3.2.1 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Na Fig. 9 são apresentados os valores médios de resistência à tração na flexão para os diferentes teores de substituição.

O comportamento apresentado pela resistência à tração na flexão é de diminuição da resistência à tração na flexão com aumento do teor de substituição de cimento Portland por vidro moído. Contudo, mesmo para o teor de 15% de substituição apresentou resistência média superior ao mínimo estabelecido pela NBR 16.416 (2015).



► **Figura 9**
Resistência à tração na flexão do concreto para os diferentes teores de substituição de cimento Portland por vidro moído

3.2.2 PERMEABILIDADE

Por fim, são apresentados na Fig. 10 a permeabilidade determinada experimentalmente. Mesmo para o traço com 15% de substituição de cimento por vidro moído, a permeabilidade apresentou-se superior ao valor mínimo de 0,001 m/s estabelecido pela NBR 16.416 (ABNT, 2015).

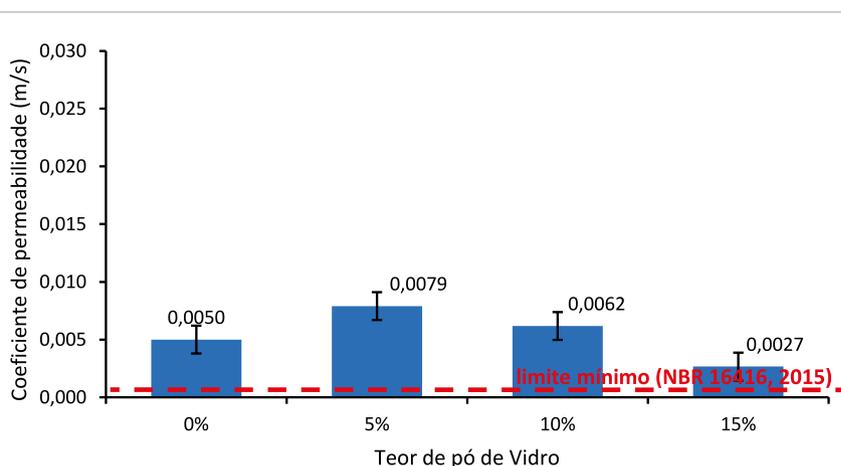
Analisando conjuntamente os requisitos da NBR 16.416 (2015) e também o aspecto ambiental, o traço com 15% de substituição de cimento Portland por vidro moído é o que permite maior incorporação de vidro moído,

atendendo os requisitos estabelecidos na norma.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos as seguintes conclusões foram alcançadas:

- O traço referência atingiu resistência à tração na flexão duas vezes superior ao mínimo exigido pela norma, e o coeficiente de permeabilidade atingiu valor cerca de 40% acima do mínimo estabelecido pela norma;
- Todos os traços com teores de substituição de cinza de casca de arroz tiveram um resultado satisfatório tanto na resistência à tração na



► **Figura 10**
Permeabilidade dos concretos permeáveis com diferentes teores de substituição de cimento Portland por vidro moído

flexão quanto no coeficiente de permeabilidade. Assim como os concretos permeáveis com adição de pó de vidro, visto que, para os dois ensaios, todos os traços atingiram valores acima do mínimo requerido pela norma NBR 16.416 (ABNT, 2015);

▶ O traço com 10% de cinza de casca de arroz obteve maior resistência à tração na flexão e coeficiente de perme-

abilidade, do que o traço referência;

▶ Já, para as substituições de pó de vidro, os traços com 5 e 10% obtiveram maior resistência à tração na flexão e coeficiente de permeabilidade, do que o traço referência;

▶ Como todos os traços obtiveram resultados acima dos valores mínimos estabelecidos pela norma NBR 16.416 (ANBT, 2015), os tra-

ços que melhor se adequaram aos objetivos do trabalho foram o traço de 30% de substituição de cimento por cinza de casca de arroz e o traço de 15% de substituição do cimento por pó de vidro, pois permitiram a incorporação dos maiores teores de cinza de casca do arroz e pó de vidro, sendo mais interessantes sob o aspecto ambiental. ➤

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CORDEIRO, Luciana de Nazaré Pinheiro. Análise da variação do índice de amorfismo da cinza de casca de arroz sobre a atividade pozolânica. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- [2] ISAIA, G. C. Efeito de misturas binárias e ternárias de pozolanas em concreto de elevado desempenho: um estudo da durabilidade com vistas à corrosão da armadura. 1995. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- [3] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.
- [4] POUEY, M. T. F. Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- [5] REGO, J. H. S. Viabilidade Técnica da Utilização da Cinza de Casca de arroz produzida sem controle da temperatura como adição mineral ao cimento. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, 2001.
- [6] TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2007. v. 1. 352p.

Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais

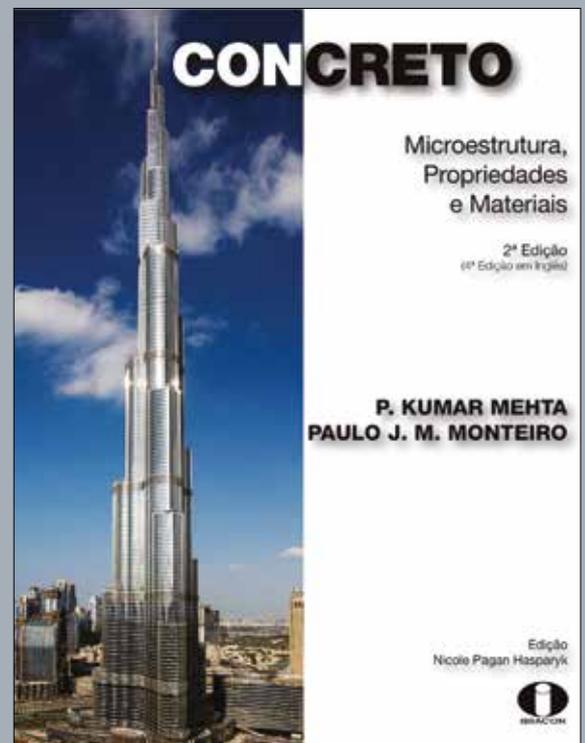
- **Autores** P. Kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro (Universidade da Califórnia em Berkeley)
- **Coordenadora da edição em português** Nicole Pagan Hasparyk (Eletrobras Furnas)
- **Editora** IBRACON • 4ª edição (inglês) • 2ª edição (português)

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



A nova versão curricular do curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da UFRJ

MICHÈLE PFEIL – PROFESSORA TITULAR

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ)

SANDRA ODA – PROFESSORA ADJUNTA E COORDENADORA

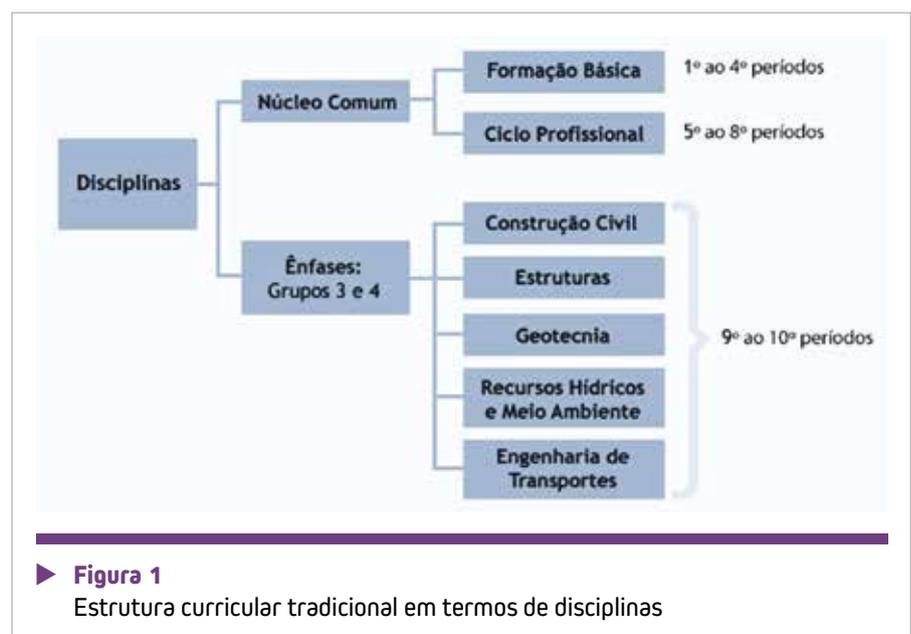
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ)

I. INTRODUÇÃO

Para os cerca de 850 alunos ativos do curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica (POLI) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o segundo semestre de 2017 foi marcado pela implantação de uma nova versão curricular, para a qual as primeiras discussões se iniciaram em 2014. Em agosto de 2015, foi implantada a comissão que tinha por objetivo elaborar a revisão curricular do curso.

Historicamente o ingresso aos cursos de engenharia ocorria de forma unificada e a estrutura curricular se desenvolvia com base nos denominados “ciclo básico” e “ciclo profissional”. O ciclo básico era comum a todos os cursos e compreendia os quatro primeiros semestres, nos quais o aluno cursava essencialmente as disciplinas de cálculo, física, computação e estatística, ministradas por professores ligados às carreiras de matemática e física. Na então Escola de Engenharia da UFRJ, o ingresso passou a ocorrer por curso de engenharia em 1993; as grades curriculares, entretanto, mantiveram os ciclos básico e profissional bem definidos.

O curso tem duração prevista de dez semestres, nos quais o aluno se dedica a disciplinas e atividades



► **Figura 1**
Estrutura curricular tradicional em termos de disciplinas

complementares na forma de requisitos curriculares (Projeto de Graduação, Estágio Obrigatório e Atividades Complementares Especiais e de Extensão – ACEEs – como atividades de Extensão Universitária, Iniciação Científica e estágio). As disciplinas e atividades acadêmicas do curso podem ser reunidas em conjuntos com as seguintes características: (i) formação básica em ciências matemáticas e da natureza; (ii) formação profissional de Engenharia Civil; (iii) formação profissional especializada de Engenharia Civil; (iv) formação complementar em ciências sociais e econômicas.

A Figura 1 ilustra a estrutura curricular tradicional do curso em termos de disciplinas, distinguindo-se um conjunto de disciplinas obrigatórias, denominado Núcleo Comum, a ser cursado nos ciclos básico e profissional, totalizando 4 anos, e os conjuntos de disciplinas optativas de escolha restrita nas áreas de Construção Civil, Estruturas, Geotecnia, Recursos Hídricos e Meio Ambiente, e Engenharia de Transportes. Após cursar as disciplinas do núcleo comum, o aluno opta por uma das cinco ênfases do curso. As disciplinas de ênfase ocupam o último ano do curso, oferecendo aos alunos uma

formação especial em uma das áreas mencionadas.

O presente trabalho apresenta a metodologia adotada pela comissão de revisão curricular e os seus resultados em relação a distribuição curricular e atendimento ao perfil do egresso. Além disso, uma nota histórica destaca a tradição deste curso, que foi o primeiro curso de engenharia no Brasil.

2. NOTA HISTÓRICA SOBRE A ESCOLA POLITÉCNICA E A ORIGEM DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRJ

A Escola Politécnica da UFRJ foi criada no século XVIII, quando o Brasil era ainda colônia de Portugal. Em 1792, o vice-rei, D. Luiz de Castro, assinou os estatutos aprovando a criação da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, que foi o marco inicial da engenharia no Brasil e do curso de Engenharia Civil no país (ESCOLA POLITÉCNICA, 2019). E, futuramente, serviria como base para a criação da UFRJ. Com o objetivo de construir fortificações que defendessem a Colônia, ainda tão vulnerável a ataques de outros povos, a Coroa Portuguesa determinou que engenheiros estrangeiros comesçassem a ensinar técnicas de fortificações, matemática, ciências e artilharia a oficiais brasileiros. Em 4 de dezembro de 1810, o Príncipe Regente, futuro Rei D. João VI, assinou uma lei criando a Academia Real Militar, em substituição a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho.

A Academia Real Militar passou a ser denominada de Escola Militar e, em 1858, de Escola Central, e abrangia três cursos (Ciências Matemáticas, Físicas e Naturais, Engenharia e Ciências Militares, e Engenharia Civil),

permitindo o estudo de civis e militares (1860). No entanto, o curso de Engenharia Civil era permitido apenas a alunos civis, sendo voltado para as técnicas de construção de estradas, pontes, canais e edifícios. Com esse curso foi criada a Escola Polytechnica em 1874 e novas especialidades de engenharia foram sendo incorporadas. A denominação passou a Escola Nacional de Engenharia em 1937, em seguida, a Escola de Engenharia em 1965 e, finalmente, a Escola Politécnica em 2003.

Nestes mais de 225 anos, a Escola Politécnica da UFRJ já formou mais de vinte mil engenheiros, muitos dos quais deram uma valiosa contribuição na construção de importantes cidades brasileiras, como os engenheiros André Rebouças e Paulo de Frontin.

3. METODOLOGIA DA REVISÃO CURRICULAR

A comissão de avaliação curricular foi formada pelos professores componentes do NDE – Núcleo Docente Estruturante – e do Conselho de Curso, composto dos chefes dos departamentos da EP mais envolvidos com o curso - Departamento de Construção Civil, Departamento de Estruturas, Departamento de Engenharia de Transportes e Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - além dos integrantes da Coordenação (coordenador e vice-coordenador), totalizando 11 professores. As reuniões foram quinzenais por um período de seis meses, após o qual ocorreram mais cinco reuniões do grupo. A participação dos alunos se deu através da CaCiv – Confraria dos alunos da Civil – trazendo sugestões e levantando questões pertinentes ao trabalho da comissão e especialmente colaborando na

etapa de estudos da implantação do novo currículo.

O trabalho da comissão evoluiu em duas etapas: a de diagnóstico e a de propostas de alteração. Os estudos para a implantação da nova versão curricular e a sua execução ficaram a cargo da Coordenação do Curso.

Na primeira etapa foram elaborados: (i) o diagnóstico do curso em termos de desenvolvimento das características desejadas do egresso; (ii) a verificação da grade curricular em termos de áreas de atuação e atividades; (iii) a identificação de falhas na grade curricular em termos de conteúdo (tópicos obsoletos, desatualizados ou não pertinentes ao curso; tópicos ausentes; superposição de conteúdo em diferentes disciplinas).

As discussões sobre propostas de alteração de currículo versaram sobre a estrutura curricular, distribuição de carga horária entre os dez períodos do curso, conteúdos a serem incluídos / excluídos e formato das aulas e das atividades acadêmicas.

Em paralelo ao trabalho da Comissão, a Diretoria da Escola Politécnica promoveu em 2016 um seminário sobre reforma curricular após o qual propôs as seguintes diretrizes para nortear as reformas curriculares dos cursos:

1. Introdução de disciplinas de caráter profissional desde o primeiro período do curso;
2. Máximo de 3.800 horas de carga horária (sem contar carga horária de ACEEs);
3. Incluir ao menos 1 disciplina integradora de conhecimentos;
4. Defasar Física I (2º período) de Cálculo I (1º período);
5. Integração com a pós-graduação;
6. Incentivar duplo diploma de Engenharia e Matemática.



PERÍODOS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Cálculo II	Cálculo III	Cálculo IV	Fundamentos de Eletricidade	Gestão de Projetos	Estruturas de Madeira	Estruturas de Aço I	Introd. Projeto de Graduação	
Cálculo I	Física I	Física II	Física III	Sistemas Prediais I	Sistemas Prediais II	Análise de Estruturas	Pontes Conc. Arm. e Prot.		
Álgebra Linear	Física Experimental I	Física Experimental II	Física Experimental III	Topografia	Sistemas de Transportes I	Sistemas de Transportes II	Sistemas de Transportes III		
Computação	Probabilidade e Estatística	Cálculo Numérico	Mecânica dos Fluidos	Geomecânica	Mecânica dos Solos I	Mecânica dos Solos II	Introd. Estudo das Fundações		
Química	Sistemas Projetivos	Economia	Elem. Mecânica das Estruturas	Resistência dos Materiais I	Resistência dos Materiais II	Fund. Concreto Armado I	Fund. Concreto Armado II		
Gr. 1 - Humanas	Gr. 1 - Humanas	Desenho Computacional	Desenho Técn. de Eng. Civil	Hidrologia Geral I	Técnica da Construção	Edificações	Obras Geotécnicas		
Introdução à Engenharia Civil	Materiais de Const. I e Labor	Mecânica	Materiais de Const II Labor.	Saneamento Ambiental	Lab. Modelos Estruturais	Aproveitamento de Recursos Hídricos	Planejamento Ambiental		
horas AULA /semana									
22	23	24	24	25	24	26	25	20	20
	ACE'S	ACE'S	ACE'S	ACE'S	ACE'S	ACE'S	ACE'S	Estágio Obrigatório	ACE'S
								Projeto de Graduação	Projeto de Graduação

Formação básica obrigatória	Formação ciências humanas - optativas	Formação profissional obrigatória	Atividades complementares Requisitos complementares	Formação profissional Optativas Gr.3 e Gr. 4
------------------------------------	--	--	--	---

► **Figura 2**
Grade curricular da versão 2017-2

4. RESULTADOS DA REVISÃO CURRICULAR

4.1 Estrutura e distribuição curricular

A estrutura curricular composta de núcleo comum de 8 períodos e ênfases nos dois últimos períodos foi considerada adequada porque atende bem aos conteúdos fundamentais necessários à profissão e permite a especialização em uma das áreas de atuação e, por isso, foi mantida.

A estrutura de “ciclos básico/profissional” em que, nos dois primeiros anos, o aluno tem pouco ou nenhum contato com os professores engenheiros foi avaliada como um fator desestimulante para o aluno. Para promover maior envolvimento do aluno com os conteúdos de formação profissional desde os primeiros períodos do curso, uma série de disciplinas teve sua periodização alterada, resultando em uma transição gradual da formação básica à profissional. Além disso, em

algumas disciplinas obrigatórias para todos os cursos de engenharia, como por exemplo Desenho Computacional, o conteúdo é dirigido a aplicações de engenharia civil nas turmas ofertadas para alunos desse curso, o que contribui para a citada transição. A Figura 2 ilustra a distribuição curricular recomendada, com as disciplinas separadas por categoria de formação, além da distribuição das atividades complementares.

A carga horária semanal da versão do Currículo 2010-1 variava de 20 a 29 horas, sendo o valor máximo considerado excessivo, já que o aluno precisa de tempo para o estudo individual e/ou em grupo. Na nova versão curricular, a carga horária semanal de aulas varia entre 22 e 26 no Núcleo Comum e é igual a 20 nas Ênfases, conforme mostrado na Figura 2.

Nos períodos 9 e 10 se dá a formação profissional em uma das ênfases, com um total de 40 créditos assim distribuídos: (a) 2 créditos em disciplina obrigatória; (b) 35 créditos em disciplinas optativas de escolha restrita em dois conjuntos: 27 créditos do Grupo 3, caracterizado por focalizar a área da ênfase e 8 créditos do Grupo 4, que é composto de disciplinas de engenharia civil e outras; (c) 3 créditos de escolha livre. As Tabelas 1-a/b/c apresentam exemplos de disciplinas que compõem o Grupo 3 de cada uma das ênfases.

Em relação aos conteúdos das disciplinas obrigatórias ocorreram diversas alterações, seja por inclusão daqueles considerados essenciais atualmente e que se encontravam ausentes, seja por exclusão de outros considerados não essenciais e até mesmo não pertinentes ao curso.

Os itens (5) e (6) das diretrizes

► **Tabela 1a – Exemplos de disciplinas das ênfases Estruturas e Geotecnia**

Estruturas	Geotecnia
Estruturas de concreto armado I	Geotecnia rodoviária
Método dos elementos finitos	Mecânica das rochas
Pontes concreto armado e protendido II	Aspectos estruturais do projeto de fundações
Estruturas de aço II	Aspectos geotécnicos do projeto de fundações
Elasticidade I	Comportamento mecânico dos solos
Estruturas de fundações	Estabilidade de taludes e estruturas contenção
Detalhamento de estrut. concreto armado	Barragens e aterros
Análise dinâmica estruturas	Túneis
Análise estruturas offshore	Ensaio campo instrumentação
Estruturas protendidas	Geotecnia ambiental

propostas pela Diretoria da Escola Politécnica foram contemplados com a inclusão de disciplinas da pós-graduação e de matemática na lista de optativas de escolha restrita.

A Tabela 2 apresenta um resumo dos quantitativos da versão curricular 2017-2 em termos de créditos e cargas horárias, que totalizam 229 créditos e 4255 horas de atividades acadêmicas.

4.2 Perfil do Egresso

O perfil almejado do egresso do Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da UFRJ é o de um profissional que atua de forma ética em atividades pertinentes à sua formação, conforme previsto na legislação, com as seguintes características: competência em análise, formulação e solução de problemas, senso crítico, capacidade de autodesenvolvimento, capacidade de trabalho individual e em equipe e consciência social. O detalhamento destes atributos e ainda outros pode ser encontrado no Plano Pedagógico do curso (COORDENAÇÃO DE CURSO CIVIL, 2017).

Em relação ao desenvolvimento da competência do egresso no desempenho de suas atividades, o curso foi bem avaliado pela comissão.

No entanto, identificou-se a ausência de atividades de consolidação dos conhecimentos nas diversas áreas que compõem a engenharia civil na forma de realização de projetos integradores dos conteúdos. Nesse sentido, as propostas de alteração envolveram a criação de uma nova disciplina específica para este fim, além do incentivo à realização de atividades em formato de projeto nas disciplinas avançadas de formação profissional.

► Tabela 1b – Exemplos de disciplinas das ênfases Recursos Hídricos e Meio Ambiente e Transportes

Recursos hídricos e meio ambiente	Transportes
Hidráulica geral	Logística de transportes
Poliuição e qualidade das águas	Sistemas inteligentes transportes
Hidrologia geral II	Engenharia de tráfego
Aproveitamentos hidrelétricos	Terminais de transportes
Portos e vias navegáveis	Administração aeroportos
Gestão de recursos hídricos	Transporte urbano
Engenharia fluvial e costeira	Rodovias
Abastecimento de água	Infraestrutura das estradas
Drenagem urbana	Transporte ferroviário
Esgotamento sanitário	Pavimentação

► Tabela 1c – Exemplos de disciplinas da ênfase Construção Civil

Construção Civil	Construção Civil
Materiais sustentáveis na construção civil	Gestão da qualidade
Empreendedorismo e inovação na eng. civil	Construção civil I
Segurança ambiental	Arquitetura I
Alvenaria estrutural: técnica construção	Urbanismo I
Gerenciamento de Obras	Planejamento da construção

Avaliou-se que as características de senso crítico e capacidade de autodesenvolvimento deveriam ser mais estimuladas através do currículo e, para isso, é necessário promover maior participação do aluno em atividades propostas a partir de tarefas desafiadoras, incorporando o seu trabalho individual ou em gru-

po. A coordenação de curso e os departamentos devem estar permanentemente incentivando o corpo docente a praticar formatos de aula e de avaliações dos alunos que privilegiem a participação ativa do discente. A Figura 3 apresenta a grade de disciplinas obrigatórias classificadas de acordo com o formato em que

► Tabela 2 – Resumo da versão 2017-2 em termos de cargas horárias e créditos

Atividades acadêmicas	Versão 2017-2
Disciplinas obrigatórias	181 créditos / 2.880 horas
Projeto de graduação e estágio obrigatório	6 créditos / 340 horas
Disciplinas optativas de escolha restrita	39 créditos / 585 horas
Disciplinas de livre escolha	3 créditos / 45 horas
ACEEs	405 horas
Total	229 créditos / 4.255 horas



PERÍODOS									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Cálculo II	Cálculo III	Cálculo IV	Fundamentos de Eletricidade	Gestão de Projetos	Estruturas de Madeira	Estruturas de Aço I	Introd. Projeto de Graduação	
Cálculo I	Física I	Física II	Física III	Sistemas Prediais I	Sistemas Prediais II	Análise de Estruturas	Pontes Conc. Arm. e Prot.		
Álgebra Linear	Física Experimental I	Física Experimental II	Física Experimental III	Topografia	Sistemas de Transportes I	Sistemas de Transportes II	Sistemas de Transportes III		
Computação	Probabilidade e Estatística	Cálculo Numérico	Mecânica dos Fluidos	Geomecânica	Mecânica dos Solos I	Mecânica dos Solos II	Introd. Estudo das Fundações		
Química	Sistemas Projetivos	Economia	Elem. Mecânica das Estruturas	Resistência dos Materiais I	Resistência dos Materiais II	Fund. Concreto Armado I	Fund. Concreto Armado II		
Gr. 1 - Humanas	Gr. 1 - Humanas	Desenho Computacional	Desenho Técn. de Eng. Civil	Hidrologia Geral I	Técnica da Construção	Edificações	Obras Geotécnicas		
Introdução à Engenharia Civil	Materiais de Const. I e Labor	Mecânica	Materiais de Const II Labor.	Saneamento Ambiental	Lab. Modelos Estruturais	Aproveitamento de Recursos Hídricos	Planejamento Ambiental		

Laboratório de ensaios, de computação ou trabalho de campo

Trabalhos e Projetos visitas técnicas

Figura 3
Disciplinas obrigatórias em que há aulas de laboratório de ensaios ou de computação, trabalhos de campo e aulas de orientação para realização de trabalhos e projetos

são aplicadas no presente momento. Destacadas estão as que possuem aulas de laboratório ou trabalho de campo e aquelas em que há aulas de orientação e supervisão para realização de trabalhos e projetos sujeitos à avaliação. Pretende-se que esses formatos de abordagem dos conteúdos estejam em permanente evolução e ampliação. O alcance deste objetivo, entretanto, é dificultado quando da oferta de disciplinas obrigatórias em uma única turma, o que conduz a demandas que podem chegar a 80 ou mais alunos em uma sala de aula.

O requisito obrigatório Projeto de Graduação é visto como uma oportunidade de aprimoramento da capacidade criativa e de autodesenvolvi-

mento do aluno e deve ser valorizado como um resultado de caráter essencialmente autoral, incentivando-se a contribuição pessoal do aluno na elaboração do projeto. Uma nova disciplina obrigatória foi implantada com o objetivo de fornecer orientação geral ao bom desenvolvimento e apresentação do trabalho, e ainda de promover reflexão sobre a postura ética nos ambientes profissional e acadêmico, além de aprimorar habilidades pessoais.

5. IMPLANTAÇÃO DA VERSÃO CURRICULAR

Os estudos para implantação da versão curricular 2017-2, com a migração de todos os alunos da versão 2010-1 para a nova, resultaram na

elaboração dos planos de estudos dos alunos, considerando o percurso feito de acordo com a grade curricular recomendada vigente até 2017-1. O formato desses planos de estudos, elaborados para os ingressantes de 2013-1 até 2017-1, está ilustrado na Figura 4 e consta da distribuição das disciplinas a serem cursadas no novo currículo, tomando por base as já cumpridas de acordo com o currículo anterior. O intervalo de tempo de transição se estendeu do segundo período de 2017 até o primeiro período de 2019 (4 semestres), tempo no qual foi necessário oferecer turmas extras de 11 disciplinas, num total de 18 turmas, em um significativo esforço do corpo docente.

Os resultados positivos de avaliação discente das novas disciplinas e daquelas que sofreram significativas alterações de periodização, conteúdo ou formato de abordagem são indicadores do bom direcionamento adotado na revisão curricular.

6. COMENTÁRIOS FINAIS

A nova versão curricular manteve a estrutura básica do curso que consta de um conjunto de disciplinas obrigatórias (Núcleo Comum) e grupos de disciplinas optativas contemplando as principais áreas de atuação do engenheiro civil na forma de Ênfases do curso, além dos Requisitos Curriculares Suplementares e das Atividades Complementares Especiais e de Extensão. O Núcleo Comum deixou de se caracterizar por dois períodos distintos de formação: ciclo básico e ciclo profissional; isto porque desde o primeiro período, e progressivamente a partir do segundo período, o aluno toma contato e se dedica às disciplinas obrigatórias de formação profissional nos



Figura 4
Modelo dos planos de estudos elaborados para os ingressantes de 2013-1 até 2017-1

campos de atuação do Engenheiro Civil as quais se estendem até o oitavo período. Esta formatação objetivou manter o aluno motivado com o curso a partir das questões profissionais desde o primeiro período.

O trabalho da comissão de reforma curricular privilegiou a modernização dos temas e o formato de abordagem dos mesmos nas disciplinas e atividades acadêmicas, de modo a garantir a competência do egresso e o seu desenvolvimento como profissional cidadão.

Reconhecendo-se que o aprimoramento do curso é um processo a ser desenvolvido de forma contínua, é notório o empenho do corpo docente no cumprimento das diretrizes adotadas, ao mesmo tempo em que surgem novos objetivos e desafios, os quais irão amadurecer e resultar em futuras alterações curriculares, sempre em prol da excelência do curso.

7. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem aos demais integrantes da comissão de avaliação curricular pelo trabalho em equipe,

desenvolvido por meio de estimulantes debates em clima de respeito mútuo: Professores Elaine Vasquez, Fernando Danziger, Flavia Moll, Leonardo Becker, Marcelo Miguez, Paulo Renato Barbosa, Eduardo Batista, Giovani Avila e Luis Otávio Cocito; à Diretoria da Escola Politécnica na gestão do Prof. João Carlos Basilio, pelo apoio ao trabalho de revisão curricular e aos discentes representantes da CaCiv Barbara Emrich Henriques e Leon Deharbe, pela valiosa colaboração na etapa de estudos de implantação da reforma curricular. ➤

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COORDENAÇÃO DE CURSO CIVIL, 2017, Plano Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [2] ESCOLA POLITÉCNICA, 2019, História da Escola Politécnica, disponível em <http://www.poli.ufrj.br/politecnica_historia.php>, acessado em 10 de outubro de 2019.

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

Macrofibras poliméricas para concreto destinado a aplicações estruturais: definições, especificações e conformidade

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 especifica os requisitos técnicos das macrofibras poliméricas para uso em concreto estrutural.

A Prática Recomendada abrange macrofibras para uso em todos os tipos de concreto, incluindo concreto projetado, para pavimentos, pré-moldados, moldados no local e concretos de reparo.

AQUISIÇÃO

www.ibracon.org.br (Loja Virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-29-9

Edição: 1ª edição

Formato: eletrônico

Páginas: 37

Acabamento: digital

Ano da publicação: 2017

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

MACROFIBRAS POLIMÉRICAS PARA CONCRETO
DESTINADO A APLICAÇÕES ESTRUTURAIS



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

BT4: Caracterização de materiais não convencionais e fibras para reforço estrutural

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio
Representante CTA: Sofia Maria Carato Diniz

Patrocínio





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

1 a 4 de setembro
de **2020**

Florianópolis – SC



62º

CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

IBRACON 2020

Cotas de Patrocínio e Exposição

- ▶ Excelentes oportunidades para divulgação, promoção e relacionamento
- ▶ Espaços comerciais na XVI FEIBRACON Feira Brasileira da Construção em Concreto
- ▶ Palestras técnico-comerciais no Seminário de Novas Tecnologias
- ▶ Inscrições gratuitas no evento



▶ **TELEFONE** (11) 3735-0202 ▶ **E-MAIL** arlene@ibracon.org.br

Temas

- ▶ Análise Estrutural
- ▶ Gestão e Normalização
- ▶ Materiais e Propriedades
- ▶ Materiais e Produtos Específicos
- ▶ Métodos Construtivos
- ▶ Projeto de Estruturas
- ▶ Sistemas Construtivos Específicos
- ▶ Sustentabilidade

Submeta o resumo de seu trabalho técnico-científico para o 62º CBC 2020.



Mais informações:

www.ibracon.org.br [ibraconOffice](https://www.facebook.com/ibraconOffice) office@ibracon.org.br [ibraconOffice](https://twitter.com/ibraconOffice)

IBRACON

Av. Queiroz Filho, 1.700 – sala 407/408 – Torre D – Villa Lobos Office Park – 05319-000 – Vila Hamburguesa – São Paulo – SP – Tel. (11) 3735-0202