

# CONCRETO

& Construções

INFORMÁTICA APLICADA A PROJETOS

## TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO PROJETO E MODELAGEM DE ESTRUTURAS DE CONCRETO



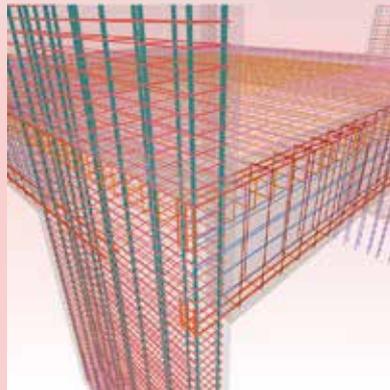
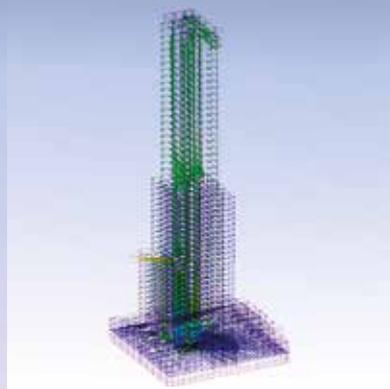
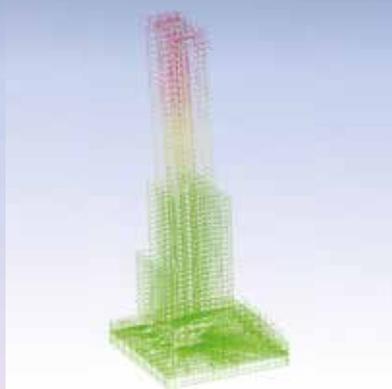
**IBRACON**  
Instituto Brasileiro de Concreto

Ano XLIV

**84**

OUT-DEZ  
**2016**

ISSN 1809-7197  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

NELSON COVAS:  
INFORMÁTICA PARA AUXILIAR  
O PROJETO ESTRUTURAL

NORMALIZAÇÃO TÉCNICA

NORMAS BRASILEIRAS  
SOBRE BIM

58º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

ATIVIDADES TÉCNICAS,  
CIENTÍFICAS E SOCIAIS  
DO CONGRESSO DO IBRACON

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

## ADITIVOS



## ADIÇÕES



## JUNTAS



## EQUIPAMENTOS



## ARMADURA



## RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



Pires | Giovanetti | Guardia  
Tratamentos de Infiltrações



## 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



## CONTROLE TECNOLÓGICO



l.a.falcão bauer



## CONSTRUTORAS



## FÓRMAS



## CIMENTO



LafargeHolcim



Associação Brasileira de Cimento Portland



CIMENTO NACIONAL



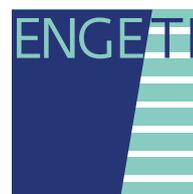
## GOVERNO



## CONCRETO



Esta edição é um oferecimento das  
seguintes Entidades e Empresas



# Adote concretamente

a revista **CONCRETO & Construções**



**CRÉDITOS CAPA**  
**MODELO ESTRUTURAL, ANÁLISE ESTÁTICA (MOMENTOS FLETORES), ANÁLISE DINÂMICA E ARMADURAS NO PROJETO DE EDIFICAÇÃO MULTIPAVIMENTOS. EDATEC ENGENHARIA.**

**SEÇÕES**

- 6 Editorial
- 7 Coluna Institucional
- 8 Converse com o IBRACON
- 9 Encontros e Notícias
- 10 Personalidade Entrevistada: Nelson Covas
- 68 Entidades da Cadeia
- 89 Mantenedor
- 97 Acontece nas Regionais



**REVISTA OFICIAL DO IBRACON**

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

**ISSN 1809-7197**

Tiragem desta edição: 5.000 exemplares  
 Publicação trimestral distribuída gratuitamente aos associados

**JORNALISTA RESPONSÁVEL**

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

**PUBLICIDADE E PROMOÇÃO**

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

**PROJETO GRÁFICO E DTP**

→ Gill Pereira  
 gill@elemento-arte.com

**ASSINATURA E ATENDIMENTO**

office@ibracon.org.br

**GRÁFICA**

Ipsis Gráfica e Editora  
 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 2016 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 (alvenaria estrutural)

**COMITÊ EDITORIAL – MEMBROS**

- Arnaldo Forti Battagin (cimento e sustentabilidade)
- Bernardo Tutikian (tecnologia)
- Eduardo Millen (pré-moldado)
- Enio Pazini de Figueiredo (durabilidade)
- Ercio Thomas (sistemas construtivos)
- Evandro Duarte (protendido)
- Frederico Falconi (projetista de fundações)
- Guilherme Parsekian (alvenaria estrutural)
- Helena Carasek (argamassas)
- Hugo Rodrigues (cimento e comunicação)
- Inês L. da Silva Battagin (normalização)
- Iria Licia Oliva Doniak (pré-fabricados)
- José Martins Laginha Neto (projeto estrutural)
- José Tadeu Balbo (pavimentação)
- Nelson Covas (informática no projeto estrutural)
- Paulo E. Fonseca de Campos (arquitetura)
- Paulo Helene (concreto, reabilitação)
- Selmo Chapira Kuperman (barragens)

**IBRACON**

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



**INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO**

Fundado em 1972  
 Declarado de Utilidade Pública Estadual | Lei 2538 de 11/11/1980  
 Declarado de Utilidade Pública Federal | Decreto 86871 de 25/01/1982

**DIRETOR PRESIDENTE**

Julio Timerman

**DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE**

Túlio Nogueira Bittencourt

**DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE**

Luiz Prado Vieira Junior

**DIRETOR 1º SECRETÁRIO**

Antonio D. de Figueiredo

**DIRETOR 2º SECRETÁRIO**

Carlos José Massucato

**DIRETOR 1º TESOUREIRO**

Claudio Sbrighi Neto

**DIRETOR 2º TESOUREIRO**

Nelson Covas

**DIRETORA DE MARKETING**

Iria Licia Oliva Doniak

**DIRETOR DE EVENTOS**

Bernardo Tutikian

**DIRETORA TÉCNICA**

Inês Laranjeira da Silva Battagin

**DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS**

Paulo Helene

**DIRETOR DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA**

Eduardo Barros Millen

**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

**58º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO**

24 Atividades motivam profissionais a aprenderem mais sobre o concreto e a pensarem sobre sua profissão

31 Profissionais de Destaque do Ano

34 Prêmio de Teses e Dissertações

35 Concursos Técnicos Estudantis

46 Comitê lança Prática Recomendada sobre concreto reforçado com fibras

49 Seminário discute ensino de engenharia civil no país

**NORMALIZAÇÃO TÉCNICA**

54 Normas brasileiras sobre BIM

60 Revisão das normas brasileiras para controle e aceitação do CAA

**ESTRUTURAS EM DETALHES**

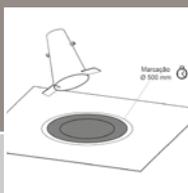
69 A influência do processo BIM no domínio de estruturas de concreto

75 Concepção de tabuleiros curvos e estaiados

83 Modelagem numérica da interação solo-estrutura

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

90 Estratégias na simulação numérica de viga de concreto armado



# Balanço das edições do ano

Caro leitor,

Chegamos ao final de 2016, com as quatro edições da Revista CONCRETO & Construções registrando o mais elevado conteúdo técnico e o estado da arte de seus temas de capa – pavimentos de concreto, reforço e reabilitação de estruturas, reação álcali-agregado e informática aplicada às construções em concreto. Nas edições tivemos relatos dos eventos relevantes do setor, acompanhamentos dos trabalhos de comitês técnicos, divulgação de artigos técnicos, esclarecimentos de dúvidas e discussões sobre nossa atuação profissional para protagonizar, com elevada ética e competência, as soluções para diversos problemas de nossas cidades e da infraestrutura de nosso país. Um exemplo de caso marcante registrado pela Revista foi o do Viaduto Santo Amaro, em São Paulo, no qual a intervenção da Engenharia permitiu não só a reabilitação mas também sua readequação, com aumento do gabarito vertical, recuperando uma importante obra, outrora condenada pelo poder público em função do incêndio que a afetou.

Esse resultado foi possível pelo comprometimento de várias pessoas, em especial os membros do Comitê Editorial, o Diretor de Publicações, Eng. Eduardo Millen, e do editor da Revista, jornalista Fábio Pedroso, bem como os autores e colaboradores de cada edição.

Nesta edição de final de ano um dos destaques é a cobertura do 58º Congresso Brasileiro do Concreto, realizado de 11 a 14 de outubro, em Belo Horizonte, pelo IBRACON. Além da apresentação das várias premiações e dos relatos dos trabalhos dos Comitês Técnicos, em especial o voltado para a normalização do concreto reforçado com fibras e para o concreto autoadensável, a edição traz as discussões travadas no Seminário de Ensino de Engenharia Civil. No evento ficou claro o clamor de professores e estudantes para transformação do ensino de graduação, com mudanças nas estruturas curriculares, expansão de métodos que façam o aluno aprender com a prática, melhoria na formação pedagógica dos docentes. Nessa linha, os tradicionais Concursos do IBRACON muito contribuem para estimular o aprendizado e motivação de nossos futuros engenheiros, como expresso no “Manifesto de Belo Horizonte”, publicado nesta edição, produto da livre iniciativa dos alunos.

O tema de capa - Informática Aplicada a Projetos – Tecnologia da Informação no Projeto e Modelagem de Estruturas de Concreto – é pertinente face às inacreditáveis inovações que aparecem de forma incremental a cada ano. A informática nada mais é do que o produto da sistematização do pensamento de grupos de pessoas brilhantes, que conseguem transpor todo seu conhecimento, experiência e inteligência a máquinas e equipamentos, tornando-os disponíveis e acessíveis, beneficiando milhares de pessoas. É a partir dos

comandos programados que o computador realizada as inúmeras atividades e análises, de forma rápida e precisa. Assunto com tantas vertentes, tão surpreendente e cheio de novidades, não cabe em uma única edição e será tema de duas capas consecutivas.

Chover no molhado seria fazer um paralelo entre as vigas de concreto armado calculadas e desenhadas “a mão” há cerca de 30 anos, com os refinados processos de análise, detalhamento e disponibilização do projeto em mídias impressas ou não, realizados com o auxílio do computador. Mas a Informática hoje é muito mais que isso. Análises de materiais e componentes em laboratório são automatizadas, o projeto é integrado ao orçamento e ao planejamento da obra através de detalhados processos BIM, elementos do edifício, quiçá o edifício todo, começam a ser “impressos” a partir do computador através de prototipagem, tema que será tratado na edição 85, complexos ensaios de prospecção e caracterização realizados no local são analisados e apresentados instantaneamente em equipamentos portáteis. O papel vem aos poucos sendo substituído por esses equipamentos que permitem não só a visualização bidimensional, mas realísticos detalhes em várias dimensões. Robôs, já frequentes em outras indústrias, começam a fazer parte diretamente da construção de edificações. Os artigos nesta e na próxima edição mostram um pouco desse admirável novo mundo virtual, hoje muito concreto.

Destaca-se ainda a entrevista com o Eng. Nelson Covas, pessoa que muito contribuiu para a informática aplicada ao projeto de construções em concreto, e que aceitou o convite após várias tentativas e a partir da unanimidade do Comitê Editorial em torno de seu nome. O esforço valeu a pena e a entrevista é outro marco da Revista em função de seu conteúdo técnico e registro histórico a partir da década de 60 até hoje.

A primeira edição do ano que vem continuará tratando do tema de Informática, focando no auxílio ao planejamento e controle de obras. Estão previstas ainda edições sobre a questão do ensino de engenharia, evolução do concreto como material da construção civil, concreto reforçado com fibras e outros.

Então tome fôlego, aproveite a edição e se prepare para o futuro.

E que venha 2017!



GUILHERME PARSEKIAN  
PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL

# Balanço do último Congresso Brasileiro do Concreto e informações importantes sobre o próximo

**D**e 11 a 14 de outubro de 2016, Belo Horizonte recebeu o 58º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON. Com o objetivo de divulgar e debater sobre a tecnologia do concreto, o projeto e análise de estruturas, a normalização técnica e sistemas construtivos, o evento com a temática “Ciência e Tecnologia para a Construção em Concreto”, contou com a presença de mais de 1000 pessoas, entre profissionais, professores e estudantes, vindos de todos os estados brasileiros e do exterior.

No 58º Congresso Brasileiro do Concreto foram 802 artigos recebidos e 678 publicados nos Anais do evento. Para avaliar e revisar todos esses artigos, a Comissão Científica contou com o apoio de 171 professores e profissionais que em média revisaram mais de seis artigos cada um. Os trabalhos submetidos eram de autores de instituições de ensino e pesquisa, e também profissionais da área de engenharia, do Brasil e do exterior. Cabe aqui nossos agradecimentos a esses profissionais dedicados, sem os quais o 58º CBC não seria possível.

Além das três palestras magnas de conferencistas internacionais, ocorreram durante o evento 18 sessões orais, sendo 145 trabalhos apresentados e oito sessões pôsteres, com mais de 370 trabalhos, sobre os temas Projeto de Estruturas, Análise Estrutural, Métodos Construtivos, Sistemas Construtivos Específicos, Materiais e Propriedades, Materiais e Produtos Específicos, Gestão e Normalização e Sustentabilidade. Queremos agradecer a todos que colaboram na coordenação das mesas das sessões orais e das sessões pôsteres, que trouxeram sempre um retorno positivo da forma que as sessões transcorreram. Todas essas sessões sempre contaram com um grande número de participantes interagindo e debatendo com os apresentadores.

Somado a isso, o Programa Master PEC, programa de educação continuada do IBRACON, ofereceu três cursos durante o



evento: Estruturas Pré-Fabricadas de Concreto, Projeto de Lajes em Concreto Armado e Protendido, e Ensaios Destrutivos e não Destrutivos para Avaliação de Estruturas de Concreto. Durante o evento realizado foi lançada a Prática Recomendada “Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibras”, com o objetivo de fornecer material que traz os requisitos mínimos necessários para o projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras e pode ser adquirido na Loja Virtual no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br). Foram realizados os concursos técnicos, com a participação de mais de 500 estudantes de Engenharia Civil e

Arquitetura. E foram homenageados profissionais de destaque do ano e as melhores teses de doutorado na área de materiais e estruturas de concreto.

Tudo isso poderá ser conferido nesta edição.

Acredito que o 58º Congresso Brasileiro do Concreto atingiu plenamente seus objetivos, sendo o principal deles: proporcionar aos profissionais e estudantes atualização e reciclagem de conhecimentos, e informações relevantes na área de concreto. O 59º Congresso Brasileiro do Concreto ocorrerá em Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul, e as atividades para organização do evento já se iniciaram. No ano de 2017, o Prêmio de Teses e Dissertações será para os melhores trabalhos de Mestrado nas áreas de materiais e estruturas. As datas-limite para submissão dos trabalhos técnico-científicos para o 59º CBC são:

- Envio dos resumos: 17/02/2017;
- Aceitação dos resumos: 10/03/2017;
- Envio de artigos: 30/04/2017;
- Aceitação de artigos: 14/06/2017;
- Aceitação final: 01/09/2017.

Boa leitura!

LEANDRO MOUTA TRAUTWEIN

DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO IBRACON 

ENVIE SUA PERGUNTA PARA O E-MAIL: [fabio@ibracon.org.br](mailto:fabio@ibracon.org.br)

## PERGUNTAS TÉCNICAS

GOSTARIA DE SABER QUAIS OS PRINCIPAIS MATERIAIS (LIVROS, ARTIGOS, SITES...) PARA ESTUDAR CONCRETO PARA FUNDAÇÕES. TE-NHO ESTUDADO O TEMA E PRETENDO ATUAR NA ÁREA. ASSIM, GOSTARIA DE ENTENDER MAIS SOBRE OS TIPOS DE CONCRETO ESPECIFICAMENTE PARA OS DIFERENTES TIPOS DE FUNDAÇÃO, SOLOS, ESPECIFICIDADES DE SOLICITAÇÕES E EXECUÇÃO.

**LUCAS DE OLIVEIRA MENDES**

ALUNO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

UTFPR – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Os tipos de concreto para as mais variadas estruturas e aplicações constam nas normas técnicas brasileiras, em particular, a ABNT NBR 12655/2015 Concreto de Cimento Portland – Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação – Procedimento, ABNT NBR 6118 Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento, ABNT NBR 14931 Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento, ABNT NBR 10839 Execução de obras de arte especiais em concreto armado e protendido - Procedimento, entre outras mais de 200 normas relacionadas a concreto.

Você pode encontrar alguma referência também na ABNT NBR 6122 Projeto e execução de fundações. Ao lado das normas técnicas existem várias publicações do IBRACON que tratam do assunto, por exemplo, o livro “Concreto: Ciência e Tecnologia” editado por Geraldo C. Isaia, publicado em 2011, e mais de 4000 artigos técnico-científicos divulgados em Congressos e Seminários promovidos pelo IBRACON, além de seus periódicos, Práticas Recomen-

dadas e Publicações Especiais. Todo esse acervo pode ser consultado no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br).

Há ainda algumas referências em livros de fundações, como “Teoria e Prática de Fundações”, editado pela PINI/ABMS/ABEF, e o “Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos – Engenharia de Fundações e Geotecnia” editado pela ABEF. O DFI – Deep Foundation Institute, junto com o EFFC europeu, tem um manual “Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundation”.

Você pode consultar ainda o Eurocode 2 - Design of Concrete Structures e o Eurocode 7 - Geotechnical Design. Recentemente, o Prof. Paulo Helene em resposta a consulta do presidente da ABEF deu importantes esclarecimentos sobre a especificação do concreto para fundações na edição 81 da revista CONCRETO & Construções. Outro artigo interessante, apresentado em Estocolmo 2014, é de Karsten Beckhaus, da Bauer, intitulado “Are specifications for deep foundation concrete up-to-date?”

É um começo para você que pretende estudar e gosta do assunto.

**FREDERICO FALCONI, DIRETOR DA ZF & ENGENHEIROS ASSOCIADOS E MEMBRO DO COMITÊ EDITORIAL**

OS BLOCOS DE CONCRETO COM 9 CM DE LARGURA PODEM SER UTILIZADOS EM EDIFICAÇÕES DE UM PAVIMENTO? NÃO HÁ IMPEDIMENTO QUANTO À FLAMBAGEM PARA ESSE TIPO DE BLOCO, INVIABILIZANDO SUA UTILIZAÇÃO EM EDIFICAÇÕES DE UM PAVIMENTO?

**LUIZ EDUARDO**

RECIFE – PE

A norma de blocos de concreto permite o uso da largura de 9 cm para até um pavimento. Além disso, é preciso atender a norma de projetos, existindo uma limitação quanto à esbelteza da parede. Em termos práticos, entendendo que essa solução só será viável se a parede tiver alguma armação ou se tiver enrijecedor.

**GUILHERME PARSEKIAN, COORDENADOR DA PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL DA UFSCAR E PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL**

COMPRI O LIVRO “ABNT NBR 6118 COMENTÁRIOS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO”, MUITO BOM LIVRO, E A QUALIDADE DE IMPRESSÃO É EXCELENTE. O PROF. RUBENS MATHEUS FAGUNDES, RESPONSÁVEL, DENTRE OUTRAS, PELAS DISCIPLINAS DE CONCRETO I, II E III, RECOMENDOU A COMPRA DESTE LIVRO, E SEMPRE ESTÁ INCENTIVANDO A LEITURA.

GOSTARIA QUE FOSSE VERIFICADO, NA PÁGINA 128, QUANDO TRATA DOS VALORES DA ARMADURA LONGITUDINAL, (AV), CONSTA COMO VALOR DO DIÂMETRO MAX DO AGREGADO, 1,2, QUANDO DEVERIA CONSTAR 0,5 DMAX.

**IZABEL DA CUNHA ALVAREZ**

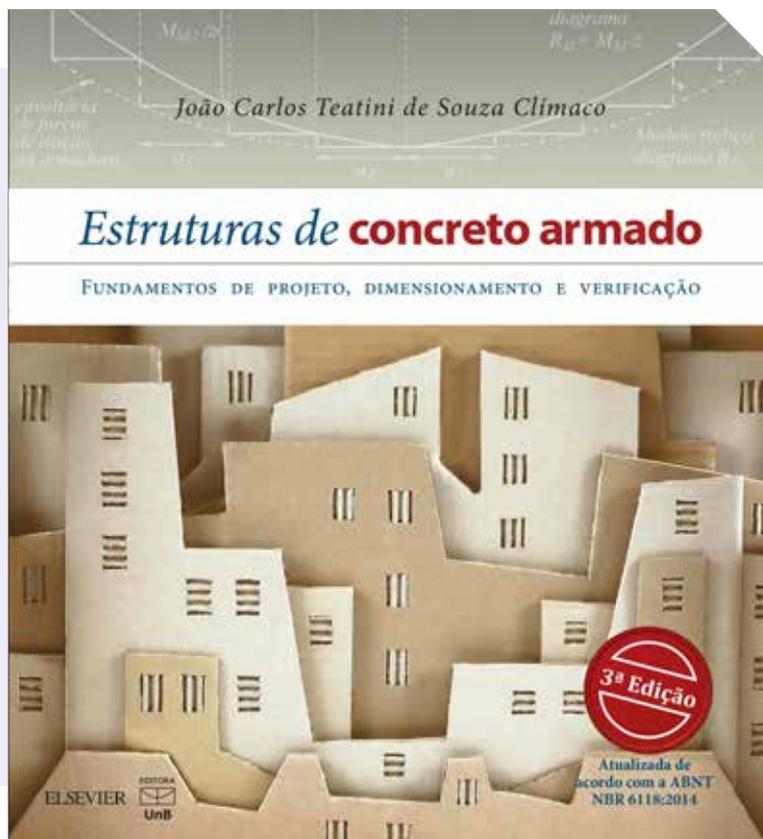
URCAMP – SANT’ANA DO LIVRAMENTO/RS

Excelente a sua observação. Realmente, no que se refere ao  $a_v$ , o correto é  $0,5.d_{max}$ , como consta na ABNT NBR 6118. Se houver uma nova Errata, iremos corrigir a figura da página 128.

Agradeço pela contribuição.

**ALIO KIMURA, SECRETÁRIO DO COMITÊ IBRACON/ABECE DE PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**





## Estruturas de concreto armado

A terceira edição do livro “Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação”, do professor da Universidade de Brasília, João Carlos Teatini de Souza Clímaco, foi ampliada e atualizada para se adequar à ABNT NBR 6118: 2014 – Projeto de Estruturas de Concreto Armado – Procedimentos. Voltada aos estudantes de Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia, a obra objetiva auxiliar os que se iniciam no projeto de estruturas de concreto armado de edificações usuais, com a exposição didática de seus fundamentos e dos principais procedimentos e disposições normativas para o dimensionamento e a verificação de elementos estruturais básicos (vigas, pilares e lajes).

→ Vendas: [www.elsevier.com.br](http://www.elsevier.com.br)

## A INDÚSTRIA DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS NO BRASIL TEM VIABILIZADO IMPORTANTES PROJETOS.



**As vantagens deste sistema construtivo, presente no Brasil há mais de 50 anos:**

- Eficiência Estrutural;
- Flexibilidade Arquitetônica;
- Versatilidade no uso;
- Conformidade com requisitos estabelecidos em normas técnicas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas);
- Velocidade de Construção;
- Uso racional de recursos e menor impacto ambiental.

CONHEÇA NOSSAS AÇÕES INSTITUCIONAIS E AS EMPRESAS ASSOCIADAS.

[www.abcic.org.br](http://www.abcic.org.br)

  
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

# Nelson Covas

Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, formado na turma de 1970. Exerceu atividades em empresas de consultoria e construção, como Maubertec, Promon, Intertec e Método.

Atua no desenvolvimento, utilização e implantação de sistemas computacionais aplicados à engenharia estrutural de concreto armado e protendido.

Conselheiro da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) e do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON).

É diretor da TQS Informática Ltda.



**IBRACON – COMO COMEÇOU SEU INTERESSE PELA APLICAÇÃO DA INFORMÁTICA AO PROJETO, EXECUÇÃO E GERENCIAMENTO DE OBRAS?**

**NELSON COVAS** – Comecei a trabalhar com informática aplicada à engenharia estrutural durante o ano de 1969, ainda estagiário. Fui contratado por um brilhante professor de concreto armado da EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), o engenheiro Maurício Gertsenchtein. Tive como primeira incumbência o cálculo de coeficientes K2, K3 e K6 da publicação intitulada “Tabela para Cálculo de Flexão Normal no Estádio III”, de autoria do professor Maurício e do professor John Ulic Burke Jr. Como eu fazia

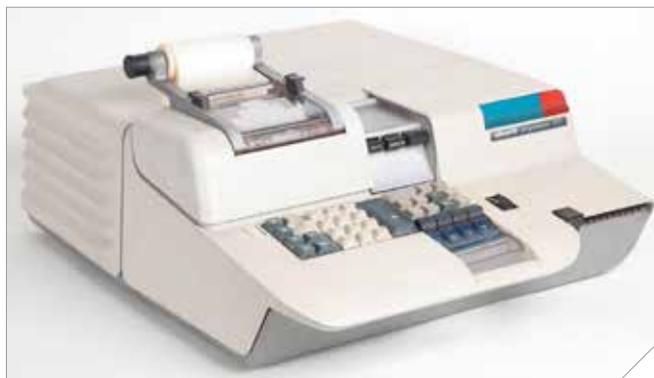
um trabalho muito repetitivo em calculadoras eletrônicas, resolvi ler o manual da Olivetti 101 e fiz um programa para calcular os referidos coeficientes. Aí começou a minha carreira, por acaso, na informática aplicada à engenharia. Depois de formado, fui contratado pela empresa do professor Maurício, a Maubertec, e fui encarregado de elaborar programas computacionais para outros tipos de estrutura, como vigas, pórticos, e para o dimensionamento de concreto armado. Fiquei na Maubertec por 10 anos, sendo autor de milhares de processamentos de modelos estruturais das mais variadas especialidades, como edifícios, pontes, obras

industriais leves e pesadas, portos, galerias, passarelas. Naquela época, não existiam os atuais microcomputadores, toda a entrada de dados era feita com cartão perfurado e os resultados eram impressos em papel através de resultados numéricos. Ganhei uma enorme experiência em projetos estruturais neste período e tive conhecimento bastante aprofundado das inúmeras dificuldades para se elaborar um projeto estrutural. A qualificação da equipe técnica da Maubertec era excelente, boa parte eram professores universitários e profissionais com larga experiência em projeto. Como todos sabem, projeto estrutural é uma atividade de alta complexidade, que envolve

responsabilidade, com uma remuneração aquém do desejado. Pois esta foi a minha grande motivação pessoal para trabalhar com informática em projetos estruturais. Com a utilização de recursos computacionais avançados, o engenheiro poderia analisar melhor sua estrutura, reduzir os prazos e aumentar a qualidade do projeto, enfim, aumentar a competitividade no mercado e ter melhores condições de exercer sua atividade profissional. Esta questão de criar melhores condições ao projetista estrutural para elaborar suas tarefas foi para mim a grande motivação para investir no ramo da informática. Esta questão ainda continua até hoje, depois de passados quase 46 anos, o maior incentivo pessoal para continuar a desenvolver software para o projeto de estruturas.

**IBRACON** – COMO A INFORMÁTICA MUDOU O MODO DE SE CONCEBER E PROJETAR ESTRUTURAS DE CONCRETO?

**NELSON COVAS** – Hoje em dia, no mundo todo, praticamente não existe projeto estrutural sem a utilização intensa dos recursos da informática. O Brasil é um dos países onde a automação na elaboração de projetos estruturais em edificações convencionais do ramo imobiliário está entre as mais avançadas do mundo, se não for a mais avançada. Em nosso país investiu-se muito na automação de forma integrada das diversas



**Olivetti IOI utilizada em 1969**

etapas de projeto, como modelagem, análise estrutural, dimensionamento, detalhamento e desenho dos elementos. Com isso, a mudança na forma de se conceber e projetar uma estrutura mudou radicalmente nos últimos 20 anos, no Brasil e no mundo. As antigas pranchetas de desenho desapareceram e os excelentes profissionais “formistas” também estão quase em extinção. Hoje em dia, o engenheiro estrutural se concentra na frente da tela de um microcomputador, lança a estrutura e faz, de forma muito rápida e quase automática, todo o processo rotineiro do projeto, que demorava significativamente pelos processos convencionais. Apesar disso, o lançamento estrutural, a criação e definição da estrutura, etapa imprescindível no processo, continuam exclusivamente com o engenheiro, pois exige recursos, como a criatividade e o raciocínio lógico consistente com fundamentos teóricos, que nunca poderão ser supridos pelos softwares. Assim,

uma das maiores contribuições que este novo processo proporcionou aos engenheiros é a expedita definição geométrica dos elementos estruturais, como vigas, pilares e lajes, permitindo

uma rápida definição da estrutura e uma grande interação com os arquitetos na definição estrutural. O uso da informática tornou possível a obtenção de uma solução estrutural mais precisa, uma vez que permitiu ao engenheiro analisar diversas alternativas para a estrutura de forma produtiva. Outro importante ponto também é o devido equacionamento e atendimento às inúmeras alterações de projeto, que sempre ocorrem, de forma mais rápida, completa e confiável.

**IBRACON** – QUE TIPOS DE SOLUÇÕES ESTRUTURAS A INFORMÁTICA POSSIBILITOU QUE SE TORNASSEM CORRIQUEIRAS?

**NELSON COVAS** – A informática é intensamente aplicada em todo tipo de projeto de estruturas de concreto armado. Entretanto, é no segmento de edificações, onde prevalece o conceito de pisos sobrepostos, constituídos pelos elementos de vigas, lajes e pilares, que a informática tornou a

“

**ESTA QUESTÃO DE CRIAR MELHORES CONDIÇÕES AO  
PROJETISTA ESTRUTURAL PARA ELABORAR SUAS  
TAREFAS FOI PARA MIM A GRANDE MOTIVAÇÃO  
PARA INVESTIR NO RAMO DA INFORMÁTICA**

”

“

## SOFTWARE NÃO ELABORA PROJETOS. O SOFTWARE É APENAS UMA FERRAMENTA PARA CÁLCULO E GERAÇÃO DE DESENHOS DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

”

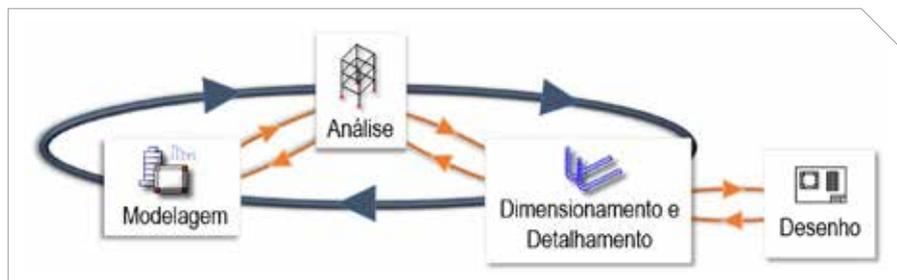
tarefa mais rotineira e trabalhosa do projeto mais automatizada. É importante ressaltar que esta tão almejada automação não eliminou as inevitáveis complexidades do projeto estrutural em razão das inúmeras soluções estruturais possíveis e da diversidade de formas e dimensões dos elementos estruturais. A extraordinária liberdade de forma que o elemento concreto armado fornece ao arquiteto e ao engenheiro estrutural para conceber a estrutura é uma enorme qualidade do material de construção, mas traz inúmeras dificuldades ao projeto. Em qualquer edifício com relativa altura, não temos mais elementos simples de seção retangular - agora os pilares possuem diferentes seções transversais, as lajes são de inúmeros tipos, as vigas possuem furos e seção variável. Essa tarefa mais corriqueira e complexa deve-se em grande parte à integração entre as fases de modelagem estrutural, geração do modelo analítico para cálculo de solicitações, dimensionamento, detalhamento e geração semiautomática dos

desenhos dos elementos estruturais. Do ponto de vista mais prático, há uns 20 anos, elaborar um projeto estrutural de um edifício de 30 pisos era algo considerado complexo. Hoje em dia, por todo o país, com o auxílio dos recursos da informática, temos inúmeras empresas e até engenheiros atuando como pessoa física que realizam esta tarefa. O desafio agora é o de projetar edifícios com 50, 60 pisos.

**IBRACON** – COMO AS LIMITAÇÕES E A INEXPERIÊNCIA DE UM ENGENHEIRO RECÉM-FORMADO PODEM CONDUZIR A FALHAS E ERROS GRAVES NO PROJETO ESTRUTURAL COM A APLICAÇÃO AUTOMÁTICA DE SOFTWARES?

**NELSON COVAS** – Software não elabora projetos. O software é apenas uma ferramenta para cálculo e geração de desenhos de elementos estruturais. Esses desenhos somente se tornam desenhos representativos de projeto após a análise, verificação e validação da sua exatidão. Os softwares ainda não estão no estágio de equacionar adequadamente todas as variáveis presentes num projeto. O computador e o software não são substitutos

para o conhecimento, a experiência e a criatividade do engenheiro. As tarefas já mencionadas de geração de modelos de análise, dimensionamento e detalhamentos são tarefas complexas e estão ainda distantes de uma automação plena. Geralmente, o engenheiro recém-formado não tem conhecimentos técnicos suficientes para entender o comportamento do material concreto armado, material heterogêneo, de comportamento não elástico e não linear. Um dos equívocos mais comuns é o engenheiro recém-formado achar que pode ser capaz projetar uma estrutura de concreto armado utilizando um software sofisticado de elementos finitos, discretizando todos os seus elementos em cascas ou sólidos e integrando as tensões de tração para determinar as armaduras. Mas, o concreto armado se comporta de forma diferente de material elástico e linear, o dimensionamento no ELU (Estado Limite Último) é feito no estágio III, em certos elementos é preciso utilizar a técnica de bielas-tirantes, existem armaduras mínimas a respeitar etc. Outro ponto importante a considerar é que a estrutura de concreto armado não é construída instantaneamente - ela vai sendo erguida aos poucos e as cargas vão sendo gradativamente aplicadas ao longo do tempo. Já o modelo estrutural criado no software, usualmente, trata a estrutura como um todo, como um modelo



**Realidade brasileira: automação entre as etapas de projeto**



completo. Isto pode trazer uma série de incoerências, caso esse efeito incremental das cargas não seja adequadamente considerado. Por exemplo, para as cargas verticais, a estrutura física vai se deformando e as novas concretagens vão nivelando o topo dos pilares piso a piso. Já para as forças horizontais, por exemplo, o vento, a estrutura já está completamente executada. Portanto, numa análise estrutural mais realista, de concreto armado, temos que ter dois modelos de análise diferentes para atender a esses dois tipos de ações. Tenho visto muitos casos nos quais as vigas de transição estão subdimensionadas, as vigas estão com armaduras insuficientes para o momento positivo devido ao engaste num apoio irreal, as lajes são calculadas como colaborantes para resistir a esforços horizontais, mas com momentos fletores nos apoios, onde o dimensionamento se torna impossível.

**IBRACON** – QUAIS SÃO SUAS RECOMENDAÇÕES PARA O BOM USO DE APLICATIVOS VOLTADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL?

**NELSON COVAS** – Existe um antigo ditado de engenheiros estruturais experientes que diz: “se você não consegue enxergar o comportamento global da sua estrutura, não a projete; não é apenas o software que vai resolver o seu problema”. Software algum faz

projetos estruturais automaticamente, mas é uma ferramenta fundamental, nos dias de hoje, para tal. Alguns pontos importantes a serem seguidos no uso de softwares: conhecer as normas técnicas relacionadas ao projeto; estudar com afinco a documentação técnica do software, discernindo sua aplicabilidade e limitações; entender que o software fornece, além dos resultados finais, resultados parciais para validação de cada etapa do processo de projetar; verificar se a empresa de software fornece suporte técnico adequado; ter conhecimento de que todo software tem deficiências em casos particulares não previstos; e consultar os engenheiros estruturais experientes.

**IBRACON** – NA UTILIZAÇÃO DE GRANDES PROGRAMAS DE CÁLCULO ESTRUTURAL COMO SE DEVE PROCEDER PARA VERIFICAR SE OS RESULTADOS PARCIAIS ESTÃO COERENTES E O RESULTADO FINAL É O ESPERADO?

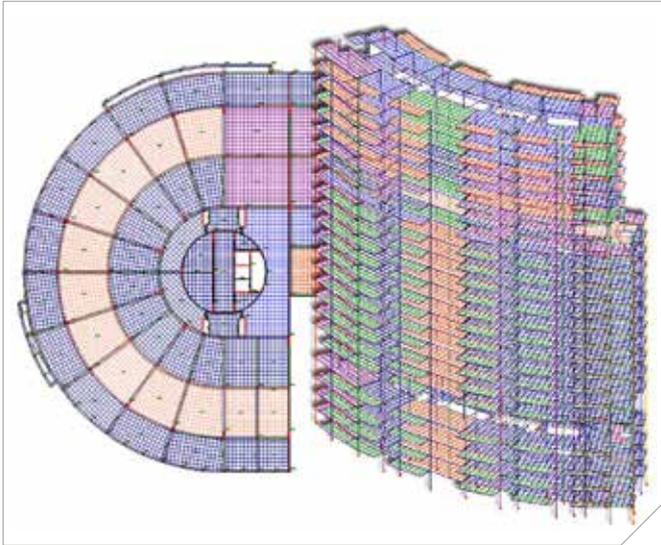
**NELSON COVAS** – Em softwares integrados com elevado grau de automação, as diversas etapas do projeto estrutural são processadas automaticamente. Isto não quer dizer que o projeto é feito de forma automática. Um ponto inicial importante a ser verificado é a determinação das solicitações nos elementos estruturais. Itens, como o modelo estrutural gerado, está coerente com o desejado? Os esforços solicitantes principais estão

de acordo com o esperado? Os deslocamentos da estrutura estão conforme o previsto? Os softwares fornecem ferramentas gráficas para que esses pontos possam ser analisados com facilidade. Hoje em dia, não se admite que um engenheiro possa projetar uma estrutura sem visualizar os resultados do pórtico espacial, fato que ocorria há alguns anos. Uma verificação fundamental, simples, mas, às vezes, não realizada, é a conferência global das cargas verticais aplicadas nas edificações. Qual o valor da carga vertical total média por metro quadrado de projeto? Qual o valor da força horizontal média devido ao vento? Todo software emite esses valores normalmente como um resumo das informações do processamento do projeto. Para edifícios elevados, qual o valor do coeficiente de estabilidade global GamaZ? Este coeficiente mostra, geralmente, através de apenas um número se a proposta estrutural é estável ou não. E os deslocamentos? Também de forma gráfica, é muito simples analisar se a estrutura se desloca nas direções vertical e horizontal conforme o esperado. Do ponto de vista de dimensionamento e detalhamento, relatórios são sempre emitidos com mensagens de avisos de erros, médios ou graves, onde não houve possibilidade do correto dimensionamento. Portanto, o mais importante é não acreditar cegamente

“

SE VOCÊ NÃO CONSEGUE ENXERGAR O  
COMPORTAMENTO GLOBAL DA SUA ESTRUTURA,  
NÃO A PROJETE; NÃO É APENAS O SOFTWARE  
QUE VAI RESOLVER O SEU PROBLEMA

”



### Modelos atuais

no resultado final e, sempre, analisar os resultados parciais, desde a modelagem, análise estrutural, dimensionamento, detalhamento e desenho. Conferir sempre o resultado final com pequenas contas feitas manualmente de forma muito aproximada. Nas etapas iniciais de projeto, a visão global deve prevalecer sobre a visão local; a chamada “ordem de grandeza” deve ser sempre avaliada e certificada, seja para uma estrutura simples ou complexa. Também existe uma regra importante no mercado de projetistas estruturais com mais experiência - se o software não consegue emitir resultados parciais para a devida verificação e validação, troque para um software que atenda a este quesito.

### IBRACON – COMO FAZER PARA MELHOR

a sua utilização restrita a obras especiais e a algumas estruturas pré-fabricadas, nas quais a interferência tem certa relevância. Normalmente, os softwares integrados para edificações existentes no mercado não possuem esta capacidade, sendo necessária a integração das informações entre os sistemas de diversos fornecedores. Nas edificações usuais e convencionais de concreto moldado “in loco”, o mercado não deu ainda a devida importância a esta questão. Atualmente, esses softwares que operam com armaduras em 3D ainda são onerosos e não estão muito difundidos, mas já existem soluções práticas e funcionais para a indústria de pré-fabricados. A tendência natural de mercado é que essas ferramentas se popularizem e que possam ser aplicadas também na maioria das

ENXERGAR ATRAVÉS DO PROGRAMA O CHOQUE ENTRE AS ARMAÇÕES?

### NELSON COVAS –

Já existem hoje no mercado softwares que operam em 3D e que analisam a interferência entre as armaduras das estruturas de concreto armado. Esses softwares ainda possuem

estruturas de concreto armado.

### IBRACON – COMO AS NORMAS

TÉCNICAS INFLUENCIAM O TRABALHO DE CONSTRUÇÃO E REVISÃO DOS SOFTWARES PARA CONSTRUÇÃO CIVIL?

**NELSON COVAS** – As empresas de software para engenharia estrutural são obrigadas a seguir normas técnicas para que possam atender aos seus usuários e se manter competitivas no mercado. Como as normas evoluem permanentemente, os softwares também são obrigados a evoluir conforme elas, sendo isto um grande desafio. Se a empresa não tiver a capacidade de evoluir conforme as normas, ela, simplesmente, morre. Daí o grande desafio aos desenvolvedores de software em criar técnicas de programação, estruturação de dados, que permitam a devida evolução técnica. Uma empresa de software corre maior risco de sair do mercado, não pela falta de clientes, mas, sim, pela falta de evolução e acompanhamento das novas tecnologias. Vale a pena lembrar também uma questão sobre normas técnicas de concreto armado. É de pleno consenso que o projeto estrutural possui uma complexidade inevitável; por consequência direta, as normas técnicas também possuem uma complexidade inevitável. Como não deveria deixar de ser os softwares também possuem essa mesma complexidade. Assim, não existem

“ O MAIS IMPORTANTE É NÃO ACREDITAR CEGAMENTE NO RESULTADO FINAL E, SEMPRE, ANALISAR OS RESULTADOS PARCIAIS, DESDE A MODELAGEM, ANÁLISE ESTRUTURAL, DIMENSIONAMENTO, DETALHAMENTO E DESENHO ”



## COMO AS NORMAS EVOLUEM PERMANENTEMENTE, OS SOFTWARES TAMBÉM SÃO OBRIGADOS A EVOLUIR CONFORME ELAS, SENDO ISTO UM GRANDE DESAFIO



softwares simples, de fácil utilização, bem como é muito difícil encontrar um software que atenda a todos os requisitos prescritos nas normas de concreto armado.

**IBRACON** – Você considera que a informática, da forma como é utilizada hoje no Brasil, favorece o atendimento aos requisitos estabelecidos nas normas técnicas? O usuário tem como escolha possível alterar itens obrigatórios por norma e já registrados em um software?

**NELSON COVAS** – Esta é uma questão interessante. Vamos lembrar que o nosso país possui dimensões quase continentais. Temos algumas regiões com culturas técnicas bem diferentes das outras. Implantar uma norma num país como o nosso é um grande desafio. Quando foi finalizada e publicada a norma ABNT NBR 6118 ainda em 2003, com substanciais modificações com relação à norma anterior, as empresas de software tiveram o prazo de um ano para adaptar os sistemas aos novos requisitos de norma. Era do conhecimento de todos também que alguns quesitos importantes desta norma de 2003 somente poderiam ser equacionados adequadamente através de softwares. As empresas se prepararam e conseguiram atender o mercado no prazo estabelecido. Algumas empresas também percorreram todo o Brasil, ministrando cursos sobre como utilizar o software frente aos novos itens descritos na

nova norma. Este foi um grande diferencial para que a norma ABNT NBR 6118:2003 fosse implantada rapidamente em todo o Brasil. Com relação à obrigatoriedade de se utilizar critérios específicos de uma norma, os softwares permitem geralmente que o usuário utilize alguns critérios secundários em desacordo com a norma. Isto é devido a diversos fatores. Um deles é a questão de que alguns usuários não reconhecem a norma com força de lei. Outro fator é a questão de interpretação dos itens da norma - alguns entendem de uma maneira e outros de outra. Um ponto importante é relacionada a não obediência de itens da norma brasileira, pois o engenheiro pode se basear em recomendações de normas internacionais ou de resultados de ensaios. Por isso, os softwares vão sendo desenvolvidos com diversos critérios, alguns deles não exatamente em conformidade com a norma. Outro ponto prático a considerar é quando o usuário deseja verificar um projeto realizado há tempos atrás com a norma anterior - ele tem que ter condições de realizar esta tarefa com critérios da antiga norma. Portanto, em um software profissional, principalmente os softwares integrados que chegam até o detalhamento das armaduras, convivem diversas versões de uma mesma norma, diversos critérios alternativos a um mesmo quesito. É importante ressaltar que, geralmente, a entrega do software ao

usuário é sempre realizada adotando-se os critérios da norma atual vigente.

**IBRACON** – Quando um novo software é lançado no mercado construtivo, ele foi devidamente validado? Como é esta validação? Quem participa do processo? Quais critérios são seguidos?

**NELSON COVAS** – Se estamos tratando de um software integrado de um certo porte, a resposta é, geralmente, não. Desenvolver softwares integrados para a engenharia estrutural de concreto armado é uma tarefa complexa e que leva muito tempo. Eu diria que o tempo de maturação de um software integrado profissional é de 5 a 10 anos. Por mais que estudos preliminares possam ser feitos, o desenvolvedor consegue enxergar apenas uma parte dos problemas que serão encontrados, a evolução da tecnologia do material concreto e das normas técnicas não tem fim. Portanto, quando o software vai para o mercado é a ocasião para o início dos desafios do desenvolvimento. Em função das solicitações de usuários, muitas vezes é necessário que sejam feitas alterações na base de dados, introdução de novos critérios de projeto etc. Um ponto importante também é que os engenheiros estruturais não projetam de uma única forma. Existem inúmeras e diferentes soluções por ocasião da análise estrutural, das considerações para dimensionamento, detalhamento, desenho etc. É uma



## O PRINCIPAL TESTE MESMO É FEITO DIARIAMENTE PELOS INÚMEROS USUÁRIOS QUALIFICADOS QUE, CONSTANTEMENTE, FICAM PROCESSANDO NOVOS EDIFÍCIOS, ANALISANDO E QUESTIONANDO RESULTADOS EMITIDOS, E INTERAGINDO COM O DESENVOLVEDOR



tarefa absolutamente sem fim. Desenvolver um software integrado para concreto armado é como projetar a fundação de um edifício sem conhecer, “*a priori*”, o número de pisos. Depois de feito o edifício é preciso, obrigatoriamente, reforçar a fundação para o incremento de mais pisos; às vezes, é preciso trocar o elemento de fundação e, outras vezes, é preciso trocar toda a fundação, tudo isso com o edifício funcionando. Mas, o ponto mais importante é a validade dos resultados do software. Apenas com a participação de diversos usuários capacitados tecnicamente, com diferentes filosofias de projeto, é possível fazer a validação de um software integrado para projetos estruturais de concreto armado. Por essas razões é que o software somente chega a uma fase adulta depois de muitos anos, talvez décadas, de pleno uso no mercado. Portanto, faz parte do processo de validação de um software, tanto a equipe técnica do desenvolvedor como uma parcela dos usuários. Como o software continuamente evolui e é alterado, para distribuir qualquer nova versão ao mercado é preciso garantir a qualidade inicial através de testes e mais testes. Geralmente, as empresas possuem uma equipe de testes, com programas que testam programas, tanto remotamente como interativos, onde os milhares de edifícios catalogados são analisados e validados permanentemente.

Dependendo da qualidade, diversidade e quantidade dos edifícios de testes, podemos dizer que o sistema é mais ou menos testado. Mas, o principal teste mesmo é feito diariamente pelos inúmeros usuários qualificados que, constantemente, ficam processando novos edifícios, analisando e questionando resultados emitidos, e interagindo com o desenvolvedor. Este é o teste final e verdadeiro. Com tudo isso, ainda existe uma máxima no mercado de softwares integrados para a engenharia estrutural com a qual eu concordo plenamente: “não existe software sem erros, não existe software sem erros graves”. É a pura realidade, existem softwares mais testados e confiáveis e existem softwares menos testados e menos confiáveis. Se o desenvolvedor tivesse conhecimento do lugar onde estão os erros graves (geralmente, em casos muito particulares), ele os corrigiria imediatamente.

**IBRACON** – QUAIS OS CUIDADOS QUE UM ENGENHEIRO PROJETISTA DEVE TER AO MODELAR UMA ESTRUTURA?

**NELSON COVAS** – Esta pergunta poderia ser tema para se escrever um livro sobre o assunto. Vou tentar apenas relatar alguns itens que considero importantes para estruturas de concreto armado: aplicar os requisitos de normas técnicas; não tratar elementos de concreto armado como elásticos lineares; entender que o concreto armado é um material não homogêneo

e que a estrutura não é construída instantaneamente; aplicar cargas atuantes na estrutura adequadamente, especialmente as forças horizontais devidas ao vento; definir corretamente os conceitos relacionados ao comportamento de vigas, pilares, lajes, pilares-parede, sapatas etc.; estudar a ligação e a compatibilização entre os diversos elementos; tratar propriedades de seções transversais para cálculo em ELU e ELS (Estado Limite de Serviço); analisar se os pilares estão engastados nas fundações, os efeitos dinâmicos, os efeitos de segunda ordem, casos de pilares sem travamento, entre outros. Todos esses pontos, alguns softwares integrados tratam adequadamente. Cabe ao engenheiro projetista selecionar, ao modelar a estrutura, os quesitos de modelagem que mais lhe convém para o caso em projeto.

**IBRACON** – COMO ESTÁ O DESENVOLVIMENTO DOS SOFTWARES DE INTERAÇÃO FUNDAÇÃO-ESTRUTURA?

EXISTE BOA ACEITAÇÃO DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS? COMO SE DARIA, NA SUA VISÃO, A INTEGRAÇÃO DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS E QUAIS LACUNAS PRECISARIAM SER PREENCHIDAS?

**NELSON COVAS** – Existem diversos softwares provenientes do exterior para calcular a interação fundação-estrutura. Geralmente, esses softwares são bastante complexos, tanto do ponto de vista teórico como do ponto de vista da utilização, e, salvo raras exceções, não são empregados

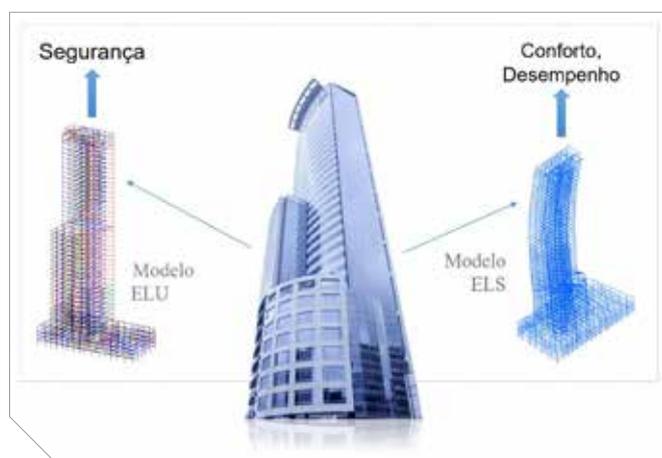


na grande maioria dos edifícios convencionais do ramo imobiliário. Em obras especiais, como linhas de metrô, barragens, obras especiais, esses softwares são empregados com frequência. Existem também outros softwares disponíveis para esta função, softwares mais expeditos e práticos, que também, nos dias atuais, quase não são empregados. O que sabemos, com certeza, é que a superestrutura de uma edificação e os seus elementos de fundação estão intimamente ligados. Sabemos também que recalques diferenciais entre os elementos de fundação e, conseqüentemente, entre os pilares da superestrutura, existem. Por que então ignorá-los? O assunto está presente e é tema atual de grandes conversas e discussões. Segundo o meio geotécnico, a elaboração de um projeto totalmente integrado (infra + superestrutura) é ainda complexa. Da forma como se projeta hoje - fundações independentes da estrutura - os geotécnicos dizem que tem “funcionado” muito bem sem problemas. Segundo os engenheiros estruturais, a introdução de recalques diferenciais na estrutura provoca maiores esforços, maiores taxas de concreto e armaduras, levando a um projeto mais oneroso financeiramente. No máximo, o engenheiro estrutural hoje aplica coeficientes de recalque vertical na base dos pilares. A minha experiência diz que já está mais do

que na hora de enfrentar esse problema de frente. Atualmente, está sendo formado um grupo de estudos para tentar evoluir, tecnicamente, no equacionamento dessa importante questão.

Participarão deste grupo engenheiros estruturais, geotécnicos e empresas de software. Complementando, creio também que temos um grande obstáculo técnico para enfrentar nessa questão - trata-se de equacionar o comportamento reológico do concreto armado, tanto dos elementos de fundação como da superestrutura. Especialmente neste caso, é preciso que o software reconheça que a infra e superestrutura não é executada e carregada instantaneamente, e sim ao longo de alguns meses ou anos. Outro ponto importante seria a definição de quesitos normativos para auxiliar os estruturalistas e geotécnicos na abordagem do problema.

**IBRACON** – EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS AINDA SE TEM PRESENCIADO A OCORRÊNCIA DE PATOLOGIAS EM ALVENARIAS E REVESTIMENTOS, DECORRENTES DE EXCESSIVA FLEXIBILIDADE DA ESTRUTURA. **QUAIS**



**Modelos ELU e ELS**

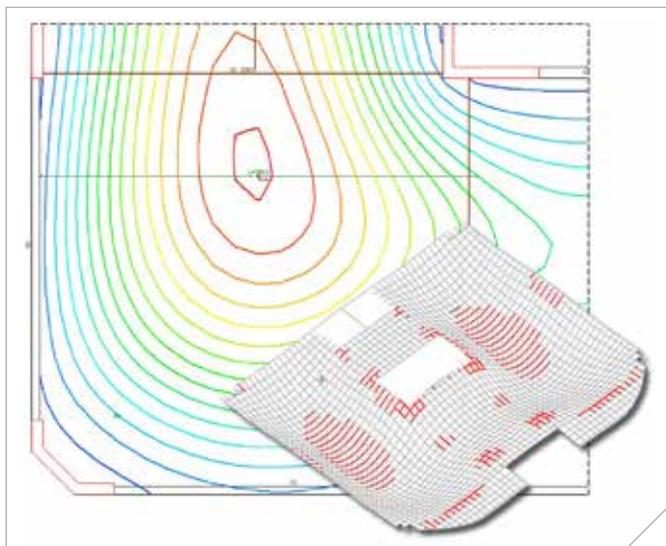
RECURSOS TÊM SIDO INTRODUZIDOS “NOS SOFTWARES ESTRUTURAIIS” NO SENTIDO DE APERFEIÇOAR AS ESTIMATIVAS, CONSIDERANDO A INCIDÊNCIA E O DESENVOLVIMENTO DE FISSURAS NAS PEÇAS FLETIDAS, RETRAÇÃO E DEFORMAÇÃO LENTA DO CONCRETO?

**NELSON COVAS** – A questão da flexibilidade da estrutura é uma questão prescrita nas nossas normas técnicas. Toda estrutura se deforma sob a ação de cargas verticais e forças horizontais. A norma brasileira estabelece limites para o deslocamento horizontal no topo edifício, no estado limite de serviço (ELS), sob a ação de forças horizontais. O mesmo ocorre para o deslocamento horizontal entre pisos de um edifício. O edifício também pode se deslocar horizontalmente sob a ação de cargas verticais. Com relação a deslocamentos verticais, é necessário verificar a flecha das vigas e lajes no ELS. Além da flecha



**SABEMOS QUE RECALQUES DIFERENCIAIS ENTRE OS ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO E, CONSEQUENTEMENTE, ENTRE OS PILARES DA SUPERESTRUTURA, EXISTEM. POR QUE ENTÃO IGNORÁ-LOS?**





**Análise de flechas em pavimentos**

máxima, é também solicitada a verificação da distorção máxima angular sob as alvenarias. Todas essas variáveis são calculadas de forma automática pelos softwares disponíveis para o projeto estrutural. Alguns desses softwares realizam também a análise não linear física (concreto e aço, estágio II), que considera a fissuração da peça e também a deformação lenta do concreto para a verificação de flechas em vigas e lajes num piso. O encurtamento vertical de cada lance de pilar sob a ação das cargas verticais também é facilmente obtido. Portanto, do ponto de vista de análise, diversas grandezas podem ser obtidas através dos softwares. Eu sempre digo que esses valores de flechas obtidos são sempre valores estimados pelo grau de complexidade

colegas julgam os limites de norma exageradamente rígidos para serem obedecidos. Se esses parâmetros de norma forem obedecidos e os valores dos deslocamentos obtidos forem discriminados no projeto, creio que o projeto de alvenaria possa ser realizado para que as patologias sejam minimizadas ou eliminadas. É importante observar que as estruturas em geral se tornaram nitidamente mais esbeltas e, portanto, mais flexíveis, ao longo das últimas décadas, tornando a adequada análise em serviço, muitas vezes, preponderante nos projetos.

**IBRACON** – COMO ESSES RECURSOS INFORMACIONAIS DE ÚLTIMA GERAÇÃO TÊM SIDO USADOS NO PROJETO, CONSTRUÇÃO, GERENCIAMENTO E MANUTENÇÃO DE OBRAS MAIS ECONÔMICAS, OUSADAS, COM MELHOR

encontrado para tratar o material concreto armado e o processo construtivo. Evidentemente que o projeto de alvenaria deve também contemplar o prazo de escoramento, cura do concreto etc. Voltando ao fator flexibilidade, diversos

DESEMPENHO E MAIS DURÁVEIS?

**NELSON COVAS** – Nos dias de hoje, tarefas que pareciam impossíveis de serem realizadas estão ao alcance de um microcomputador e um bom software. A visualização 3D dos elementos constituintes de uma construção é uma realidade. Análise de interferências entre a estrutura, as instalações elétricas, hidráulicas, de ar-condicionado, e arquitetura, pode ser realizada corriqueiramente hoje em dia. Indo mais além, até as armaduras dos elementos de concreto armado podem ser visualizados em 3D. E o que é mais importante, associado a esses elementos, temos todas as informações técnicas e gerenciais correlacionadas. Com esses dados, se torna possível analisar alternativas, estimar custos, programar o cronograma de execução, indo até a fase de operação e manutenção. Acompanhar a execução da edificação de acordo com o projetado, em todas as suas funcionalidades (técnicas, custo, tempo etc.), já está ao alcance do dia a dia das empresas. Entretanto, a única certeza que temos hoje é a contínua evolução dos recursos computacionais e das funcionalidades agregadas aos softwares para facilitar e tornar mais acessível o seu emprego.

**IBRACON** – COMO O DESENVOLVIMENTO DA INFORMÁTICA APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL, ALIADA À INTERNET, TEM POSSIBILITADO A INTEGRAÇÃO DE PROJETISTAS E



**ACOMPANHAR A EXECUÇÃO DA EDIFICAÇÃO DE ACORDO COM O PROJETADO, EM TODAS AS SUAS FUNCIONALIDADES (TÉCNICAS, CUSTO, TEMPO ETC.), JÁ ESTÁ AO ALCANCE DO DIA A DIA DAS EMPRESAS**



“

## OS COORDENADORES DE PROJETO PODEM AGORA, DE FORMA DINÂMICA E PRÁTICA, REALIZAR A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS, ALERTANDO POSSÍVEIS PONTOS DE INTERFERÊNCIA – É COMO SE A OBRA FOSSE CONSTRUÍDA VIRTUALMENTE

”

EXECUTORES, DE FORNECEDORES E CONSTRUTORES, TORNANDO A COORDENAÇÃO DE PROJETOS MAIS EFICIENTE?

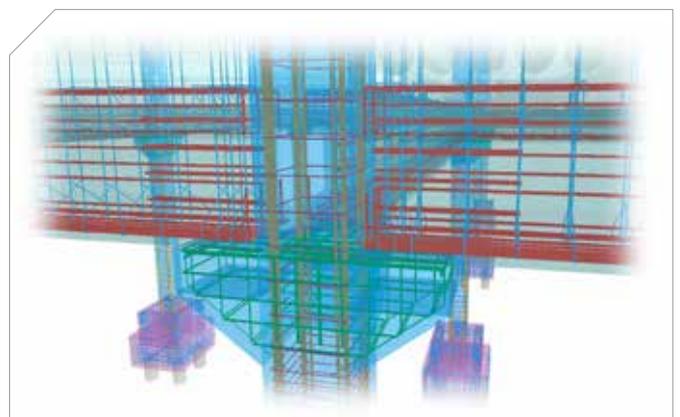
**NELSON COVAS** – A nossa construção civil está dando um salto tecnológico importante nos dias atuais. Na nossa modalidade de construção - mercado imobiliário - temos dezenas de fornecedores independentes para uma mesma obra. Cada projetista trabalha, de certa forma, como se fosse independente dos demais. Daí a grande necessidade de integração de informações entre os diversos fornecedores para um projeto global de construção. Neste ponto, a internet veio suprir uma grande lacuna para a integração do projeto e da própria construção. Aliás, depois do grande salto tecnológico que foi o CAD (*Computer Aided Design*) nos anos 80 e 90, a internet foi a grande revolução e novidade que surgiu para auxiliar na comunicação e integração entre projetistas e construtores. As informações fluem com rapidez, ficam armazenadas “nas nuvens”, acessíveis em qualquer localidade através de dispositivos móveis portáteis. Os coordenadores de projeto podem agora, de forma dinâmica e prática, realizar a compatibilização de projetos, alertando possíveis pontos de interferência – é como se a obra fosse construída virtualmente. Numa situação ideal, as diversas disciplinas de projeto interagem em paralelo, e não sequencialmente, criando condições para que problemas de

interferência sejam sanados na própria concepção, o processo de criação se torne dinâmico e as modificações sejam absorvidas com naturalidade. Na obra, o engenheiro pode, portanto, acompanhar a execução de sua estrutura com os projetos acessíveis e à sua disposição, controlando a qualidade da montagem das armaduras, concretagem etc. Se a resistência do concreto ficou abaixo da desejada, tanto o construtor como o projetista estrutural podem visualizar, logo após a disponibilização dos ensaios dos corpos de prova, imagem em 3D de quais peças estão não conformes e tomar as providências cabíveis. O acompanhamento do cronograma de execução, visualizando a obra real é de grande importância ao construtor. Isto sem citar as alternativas de projetos que podem ser realizadas em prazos exíguos e com a devida confiabilidade na elaboração dos orçamentos, visando uma otimização de custos.

**IBRAÇON** – COMO VOCÊ VÊ O BIM NESSE CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS INFORMACIONAIS PARA CONSTRUÇÃO? O QUE É O BIM? QUE RECURSOS ELE TRAZ PARA PROJETISTAS E CONSTRUTORES?

QUE MUDANÇAS ELE TRAZ PARA O MERCADO DE SOFTWARES NO BRASIL E NO MUNDO?

**NELSON COVAS** – O BIM é, antes de tudo, uma tecnologia no tratamento das informações dos componentes de uma construção. Traduzindo a sigla podemos denominar BIM por modelagem das informações da construção. A sigla BIM é novidade de alguns anos, mas a tecnologia, não. Quando eu trabalhei numa empresa de engenharia consultiva em 1980, a Promon Engenharia, tive contato com o engenheiro Luiz Esmanhoto, que publicou um interessante artigo intitulado “CAD-Fundamentos e Tecnologia”. Este artigo poderia ser hoje publicado trocando apenas o nome por “BIM-Fundamentos e Tecnologia” e continuaria muito atual. O engenheiro Esmanhoto era um autêntico visionário nesta área, prevendo o que ocorreria décadas à frente. Neste artigo, já estava previsto o tratamento da informação da construção desde o projeto, planejamento para contratação



Visualização 3D de armaduras



## A PADRONIZAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES SE TORNOU UM ASPECTO FUNDAMENTAL PARA QUE OS DIVERSOS INTERVENIENTES DO PROCESSO POSSAM TROCAR DADOS DE FORMA EXPEDITA E PRÁTICA



**Mapa de concretagem digitalizada**

na indústria, execução, operação e manutenção. Este artigo foi fundamental para o desenvolvimento dos sistemas integrados desenvolvidos pela empresa onde atuo. A filosofia geral já estava estabelecida há 35 anos. Evidentemente que os recursos da informática evoluíram muito desde aquela época e o BIM está se tornando uma realidade. Portanto, BIM nos dias atuais nada mais é do que a tecnologia para tratamento das informações envolvidas na construção, informação estruturada, hierarquizada, organizada, com objetos definidos parametricamente, disponível em diversos dispositivos de hardware, possível de ser visualizada em 3D, acessível por inúmeros intervenientes do processo construtivo e percorrendo todo o ciclo de produção de componentes, desde a indústria, projeto, construção, operação e manutenção. É a construção virtual acessível a todos os envolvidos no processo. Tudo isso se tornou

possível graças às facilidades de comunicação atualmente existentes via web. A padronização e organização das informações se tornou um aspecto fundamental para que os diversos intervenientes do processo possam

trocar dados de forma expedita e prática. A tecnologia BIM para ser bem aplicada e gerar bons resultados exige também muito treinamento de pessoal e novos conhecimentos de base de dados e recursos computacionais. Em suma: BIM não é apenas um software, BIM não é apenas visualizar informações em 3D. BIM é antes de tudo uma tecnologia no tratamento de informações que afeta diretamente a qualidade, o custo e o prazo da construção. Atualmente, nenhum grande fornecedor de software mundial, entre as quatro empresas mais avançadas na tecnologia BIM, possui condições de atender convenientemente a todas as especialidades envolvidas no projeto e execução de uma obra, principalmente nos detalhes técnicos normativos existentes em nosso país. Daí a absoluta necessidade de comunicação entre os diversos softwares. Este é o ponto crítico para que a tecnologia BIM funcione adequadamente. É

preciso padronização, disciplina e regulamentação entre os diversos projetistas, construtores e softwares no tratamento das informações. Sem isto, trabalhos necessitam ser refeitos em outro software, o que foge completamente à filosofia BIM. Portanto, BIM não é uma grande novidade, pois já se utilizava o conceito BIM há muito anos, o que temos hoje, muito adequadamente, são equipamentos e softwares muito mais potentes, com novas funcionalidades e o poder de comunicação via web. O grande desafio atual é a questão da forma de organização das informações e da comunicação entre os diversos softwares, a tal da interoperabilidade. Este é o nosso maior entrave. Em países onde existem escritórios de projeto multidisciplinares, a implantação do BIM é mais rápida, pois a plataforma de software utilizada é padronizada e as informações fluem mais facilmente de uma especialidade a outra. Comentando um pouco mais sobre o mercado internacional de softwares BIM para engenharia, temos a concentração em quatro grandes empresas, três delas atuando fortemente no Brasil. Cada uma delas luta para implantar o seu padrão de troca de informações e aumentar a sua base de softwares instalados. Outras empresas, com softwares especialistas numa determinada etapa do projeto, estão sendo adquiridas por essas quatro gigantes. Não se tem ideia ainda como este mercado se comportará



no futuro. Note o caso específico do Brasil - como temos uma norma própria para estruturas de concreto (ABNT NBR 6118), os softwares desenvolvidos no exterior não atendem as nossas necessidades de projeto, abrindo campo para as empresas brasileiras se desenvolverem, mas com o ônus da necessidade de integração aos requisitos dos softwares internacionais. A única certeza que temos hoje é que este mercado é muito dinâmico e mudanças significativas na área de software ocorrerão.

#### **IBRACON – O BIM VEM SENDO**

CONSIDERADO POR DIVERSOS ESPECIALISTAS COMO INDUTOR DO DESENVOLVIMENTO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL. COMO VOCÊ VÊ ESTA RELAÇÃO?

**NELSON COVAS** – Como já comentei, a tecnologia BIM já vem sendo aplicada há muito tempo. Mas, foi muito oportuna a designação da nomenclatura BIM para a consolidação da tecnologia. As empresas de software adotaram o termo BIM para qualificar os seus produtos, divulgaram maciçamente esta nova funcionalidade e o mercado passou a buscar o BIM como sendo uma ferramenta que vai solucionar quase todos os problemas. Esta divulgação e conscientização do mercado foram muito importantes para a divulgação da tecnologia BIM. Todos agora correm atrás do BIM, o que é ótimo! Conceitualmente, de forma genérica, tanto para estruturas moldadas “in loco”

como para as pré-fabricadas, acho que o desenvolvimento da industrialização da construção civil obrigatoriamente passa pelas características intrínsecas do BIM, isto é, pela modelagem das informações da construção. Se as vantagens competitivas no uso do BIM serão mais intensas em estruturas moldadas “in loco” ou pré-fabricadas é uma afirmação difícil de ser comprovada, pois inúmeros outros fatores influenciam esta questão, especialmente num país como o Brasil. Do ponto de vista prático, a implantação do BIM está mais próxima e de uso imediato nas estruturas pré-fabricadas; daí, se pode chegar à conclusão que este segmento poderá aferir, de imediato, maiores vantagens competitivas com o BIM em menor prazo.

**IBRACON – RECENTEMENTE ALGUNS ÓRGÃOS PÚBLICOS E EMPRESAS PRIVADAS JÁ COMEÇARAM A DEFINIR EM LICITAÇÕES/ CONTRATOS A EXIGÊNCIA PARA QUE O PROJETO SEJA APRESENTADO EM BIM. O MERCADO ESTÁ PREPARADO PARA ATENDER ESTA DEMANDA? QUANTO TEMPO SERÁ NECESSÁRIO PARA QUE O MERCADO ABSORVA O BIM?**

**NELSON COVAS** – Eu julgo bastante salutar que órgãos públicos e empresas privadas comecem a exigir que projetos sejam apresentados em BIM. Entretanto, como foi dito, temos inúmeros obstáculos a superar ainda, o principal deles sendo o da interoperabilidade. Nenhum software que se conceitua como BIM hoje

atende a todas as modalidades de projeto. Se diversos softwares são utilizados, como fica a comunicação entre eles? E a bidirecionalidade? Esta é uma questão ainda não resolvida. Eu noto que, atualmente, muitos projetos em BIM elaborados em determinado software são refeitos em outro, o que é um grande contrassenso e perda de muitas horas de trabalho. E as alterações de projeto? Cada vez que se realizam alterações num determinado software estas também necessitam serem feitas no outro software, de forma duplicada? Infelizmente, esta é a realidade atual. Acho que as exigências para utilização do BIM precisam ser feitas paulatinamente, de forma gradativa, conforme a evolução da indústria de software e sua interoperabilidade, sem considerar a parte comercial. Com relação a prazos, desde a primeira vez que tive contato com o termo BIM, não a tecnologia embutida no BIM, já se passaram dez anos e ainda estamos num estágio inicial, pensando em termos de mercado em geral. Talvez, seja necessário mais uns cinco anos adicionais, desde que o nosso país volte a crescer de forma sustentada, para que possamos afirmar que o BIM tenha se tornado uma realidade consolidada no mercado em geral.

**IBRACON – O QUE PRECISA AINDA SER FEITO PARA QUE O DESENVOLVIMENTO DESSES RECURSOS INFORMACIONAIS TRAGAM MAIOR**



**O GRANDE DESAFIO ATUAL É A QUESTÃO DA FORMA DE ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES E DA COMUNICAÇÃO ENTRE OS DIVERSOS SOFTWARES, A TAL DA INTEROPERABILIDADE**





### Armazenamento de fotografias da construção na “nuvem”

INTEGRAÇÃO E COORDENAÇÃO NOS PROJETOS, PRINCIPALMENTE NO CONTEXTO BRASILEIRO?

**NELSON COVAS** – Creio que ainda não chegamos a um grau de maturação adequado no desenvolvimento e aplicação dessas inovadoras tecnologias. São poucas empresas que realmente estão investindo os recursos necessários. Temos também que considerar a crise econômica que passa o nosso país, com uma forte recessão há dois anos, especialmente na construção civil. Ainda temos muita coisa a fazer na aplicação do BIM e estamos passando por uma fase de transição. Do ponto de vista das empresas de software, muito foi investido e muito ainda precisa ser investido para aprimorar seus produtos, aumentando seu desempenho, facilidade de utilização,

abrangência na aplicação, aumento da interoperabilidade etc. Infelizmente, no Brasil, não temos uma política governamental de incentivo e linhas de financiamento favoráveis para investimento nesta área. Do ponto de vista dos construtores, é preciso, além de óbvios investimentos, principalmente a firme determinação para a implantação na empresa, enfrentando as inevitáveis mudanças na forma de trabalho, impondo novos procedimentos com o devido treinamento da equipe para se adequar as novas habilidades e funções. As empresas projetistas, pulverizadas, precisam principalmente de organização e disciplina na forma de troca de informações, além de investimentos e muito treinamento. Como ação de médio prazo, acho

que seria muito importante a formação dos alunos em faculdades de engenharia, arquitetura e cursos técnicos para a aplicação dessas novas tecnologias BIM. Os currículos de graduação e de pós-graduação das escolas de engenharia precisariam ser adaptados para dar maior ênfase no ensino a esses novos recursos, apresentando os conceitos básicos do BIM, a importância da modelagem digital de uma edificação com todos os seus pormenores, as vantagens que podem ser aferidas nessa metodologia, a operação prática em laboratórios digitais de sistemas BIM, bem como entender as dificuldades que podem surgir do ponto de vista interoperabilidade.

**IBRACON** – Como o IBRACON E AS ENTIDADES TÉCNICAS DO SETOR DE CONSTRUÇÃO PODEM SOMAR ESFORÇOS PARA CONTRIBUIR TANTO COM O DESENVOLVIMENTO QUANTO COM O USO DOS RECURSOS INFORMACIONAIS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL?

**NELSON COVAS** – Tanto o IBRACON como as demais entidades ligadas a construção civil podem utilizar os seus meios de comunicação e de educação continuada para transmitir aos engenheiros projetistas e construtores essas novas tecnologias que evoluem permanentemente. Nos congressos promovidos pelo IBRACON, já é comum a apresentação de inúmeros

“ A IMPLANTAÇÃO DO BIM ESTÁ MAIS PRÓXIMA E DE USO IMEDIATO NAS ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS; DAÍ, SE PODE CHEGAR À CONCLUSÃO QUE ESTE SEGMENTO PODERÁ AFERIR, DE IMEDIATO, MAIORES VANTAGENS COMPETITIVAS COM O BIM EM MENOR PRAZO ”

“ SERIA MUITO IMPORTANTE A FORMAÇÃO DOS ALUNOS EM FACULDADES DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E CURSOS TÉCNICOS PARA A APLICAÇÃO DESSAS NOVAS TECNOLOGIAS BIM ”

trabalhos ligados à informática e alguns ao BIM. Há alguns anos, os fornecedores de software para engenharia de estruturas, em conjunto com a ABECE, redigiram um documento estabelecendo regras e procedimentos a serem seguidos para estreitar o relacionamento entre empresas de software e projetistas de estruturas. O SINDUSCON/SP promove anualmente um Simpósio sobre estruturas e um outro mais especificamente sobre BIM, onde a informática e as novas tecnologias

estão sempre presentes. Neste ano de 2016, o SINDUSCON também criou um Prêmio de Excelência em BIM, para que os interessados possam apresentar os projetos elaborados em BIM. Essas ações são importantes para que o mercado possa ter acesso ao conhecimento, exemplos práticos de aplicação e saber como iniciar a implantação de BIM.

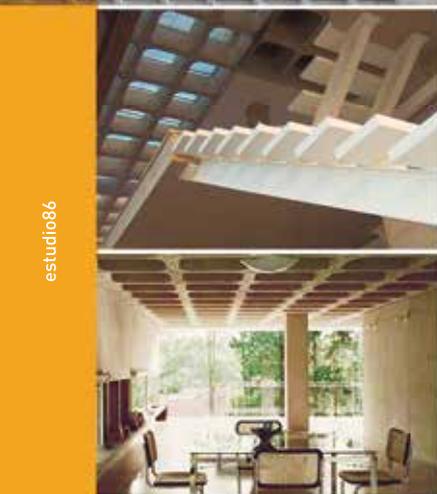
**IBRACON** – QUAIS SEUS HOBBIES? O QUE GOSTA DE FAZER EM SEU TEMPO LIVRE?

**NELSON COVAS** – Indubitavelmente,

minha maior dedicação no tempo livre é o futebol, tanto é que fui há alguns anos até Tóquio assistir a alguns jogos. A pescaria é outro grande *hobbie* – vou ao Pantanal e a rios da bacia amazônica todos os anos, sempre na companhia de engenheiros extraordinários. A pescaria é um hábito que foi iniciado pelo engenheiro Gabriel Feitosa. Além de futebol e pescaria, também gosto de cinema e teatro, mas estou com pouco tempo livre atualmente devido à atenção dada aos queridos netos. 🐾



OBTENHA GRANDES VÃOS E REDUZA CERCA DE 30% NOS CONSUMOS DE CONCRETO E AÇO EM SUA OBRA



A ATEX®, pioneira no Brasil em fôrmas para lajes nervuradas, está sempre inovando e aprimorando sua qualidade para atender cada vez melhor o mercado.

A ATEX® disponibiliza a maior gama de fôrmas com mais de 92 opções para que seu projeto se adeque às mais diferentes exigências e normas do mercado.



**ABNT 15200**

As lajes ATEX® atendem as exigências da NBR 15200 da ABNT.



**ABNT 15575-3**

Atendem a Norma de Desempenho NBR 15575-3 Acústica.



ATENDEMOS TODO O BRASIL  
**0800 979 3611**  
www.atex.com.br

# Atividades do Congresso motivam profissionais e alunos a aprenderem mais sobre o concreto e a pensarem sua profissão

**R**eunidos em Belo Horizonte, de 11 a 14 de outubro, 1037 profissionais e estudantes participaram das atividades e dos debates ocorridos no 58º Congresso Brasileiro do Concreto, evento técnico-científico de divulgação da tecnologia do concreto e seus sistemas construtivos, promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON).

Foram apresentados 614 trabalhos nas sessões orais e pôsteres e publicados 678 artigos técnico-científicos sobre análise estrutural (119), ensaios não

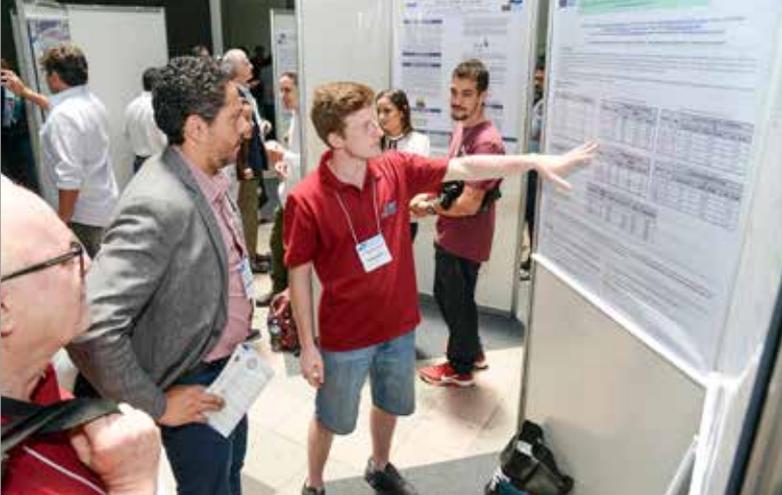
destrutivos (15), gestão e normalização (13), materiais e propriedades (245), projeto de estruturas (85), métodos construtivos (35), materiais e produtos específicos (46), sistemas construtivos específicos (22) e sustentabilidade (95) nos anais do evento.

Esses trabalhos, submetidos por pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa, e centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação de empresas, do Brasil e do exterior, foram avaliados e aprovados pelos 171 integrantes da comissão científica do evento, coordena-

dos pelo diretor de pesquisa e desenvolvimento do IBRACON, Leandro Trautwein, e pelo professor da Universidade de Uberlândia, Antonio Carlos dos Santos. “Na sessão científica que coordenei juntamente com o Prof. César Daher foram apresentados dez trabalhos de primeira linha, muito interessantes. Observei também que os autores obedeceram ao tempo disponível para cada apresentação e que o auditório, lotado, participou ativamente com muitas perguntas”, registrou o moderador de uma das sessões, Prof. Paulo Helene.



Congressistas no momento de execução do Hino Nacional na cerimônia de abertura do 58º Congresso Brasileiro do Concreto



### Autor de trabalho técnico-científico apresenta seu pôster para congressistas numa das sessões

Clímax das apresentações e discussões sobre o concreto foram as conferências plenárias, nas quais especialistas estrangeiros trouxeram o estado da arte das pesquisas e construções em concreto. Donald Macphee, professor de química da Universidade de Aberdeen, na Escócia, e pesquisador do Nanocem, consórcio europeu de pesquisadores direcionado para a pesquisa sobre o cimento, expôs as

cimentícios suplementares, como as escórias de alto forno e as cinzas volantes. O autor concluiu que a modelagem dos compósitos com base nas reações de hidratação dos materiais cimentícios (materiais suplementares e cimento) pode fornecer base teórica e prática para substituição, em maiores proporções, do clínquer por materiais energeticamente menos nobres. Com isso, além das vantagens em termos de

pesquisas científicas que vêm sendo realizadas no Nanocem para uma melhor compreensão da cinética de reação dos materiais

durabilidade das estruturas de concreto, ampliada pela ação física de colmatção dos poros, evitando a entrada de agentes agressivos, e pela adequada combinação química desses materiais, aprisionando íons que poderiam participar de reações deletérias, tem-se um menor impacto ambiental na construção em concreto, com a redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

Hugo Corres Peiretti, professor de estruturas de concreto da Universidade Politécnica de Madrid (Espanha), vice-presidente da *fib* (Federação Internacional do Concreto) e fundador da empresa de projetos Fhecor, abordou o tema da engenharia para um mundo mais sustentável da perspectiva dos projetos. Segundo ele, a sustentabilidade é um

## II Seminário sobre Obras Emblemáticas

O II Seminário sobre Obras Emblemáticas, ocorrido no 58º Congresso Brasileiro do Concreto, foi um sucesso. Liderada pelo Prof. Paulo Helene e pelo Dr. Carlos Britéz, a primeira versão do evento, em Natal, teve a participação de cerca de 80 congressistas. Neste ano, em Belo Horizonte, esse número mais que dobrou, com a participação aproximada de 200 congressistas e as ilustres presenças do Prof. Augusto Carlos Vasconcelos, Eng. Bruno Contarini, Eng. José Luiz Varela, Eng. Antonio Palmeira, Eng. Jefferson Dias de Souza Júnior, além de notáveis pesquisadores, pós-graduandos, estudantes e professores. Realizado na tarde do dia 14 de outubro, o II Seminário sobre Obras Emblemáticas tratou de temas relacionados com desafios em projetos diferenciados no cenário nacional. A palestra de abertura, apresentada pelo Dr. Carlos Britéz (PhD Engenharia), foi sobre a obra do Museu da Imagem e do Som do Rio de Janeiro (MIS-RJ), trazendo abordagens distintas das engenhosidades empregadas na execução da laje de subpressão, dos pilares inclinados e dos grandes paredões das fachadas, em concreto aparente. Logo após, houve uma interessante palestra do Eng. Roberto Amaral (CTMSP), abordando os desafios nas concretagens dos prédios do Laboratório de Geração de Energia Eletronuclear (LABGENE) do submarino atômico da Marinha do Brasil, com uso exponencial de concreto do tipo autoadensável, inclusive tratando de um elemento de sacrifício (protótipo em escala real), que será fruto de pesquisas permanentes sobre o material concreto. Na sequência, o Eng. Helcio Moraes (PERI do Brasil) explanou sobre os grandes desafios relacionados aos sistemas especiais de fôrmas e escoramentos nas concretagens da obra do Museu do Amanhã, inclusive sobre as

particularidades envolvidas nas concepções de projeto.

Após o *coffee break* houve uma excelente apresentação sobre os desafios envolvidos na concretagem da cúpula do Teatro Digital. Foi uma apresentação bem diferenciada, pois envolveu três palestrantes: o arquiteto Samuel Kruchin (Kruchin Arquitetura) discerniu sobre a concepção de projeto, inclusive sobre a inspiração da cúpula relacionada com uma concha marinha; a projetista Neide Góes (NG Engenharia) abordou as particularidades e desafios para materializar o sonho do projeto arquitetônico, através de modelos físicos e de dimensionamento, com auxílio de softwares baseados no método de elementos finitos; e, finalmente, o Eng. Pedro Bilesky (PhD Engenharia) tratou dos aspectos de dosagem e lançamento do concreto projetado e suas especificidades para cumprir com os requisitos estéticos do projeto, no que tange especialmente à superfície externa irregular e rugosa da casca.

Para fechar com chave de ouro, a Eng<sup>a</sup> Suely Bueno (JKMF) apresentou diversos projetos especiais e abordou temas pouco explorados, como considerações específicas de geometria, estabilidade, vento, sismo e outras condicionantes para garantia, além da segurança estrutural, de uma longínqua vida útil de projeto, com muitos estudos de casos.

O público presente interagiu bastante no final, fazendo perguntas e debatendo com os palestrantes. Foi um debate sadio, profícuo e esclarecedor.

Relato de **CARLOS BRITÉZ**

conceito recente, surgido em 1987, que significa, em termos gerais, o desenvolvimento comprometido com o futuro das nossas vidas, que envolve fatores econômicos, sociais e ambientais, e que precisa ser assimilado pelos seres humanos por meio da educação e da cultura. Essa assimilação progressiva do conceito de sustentabilidade tem acontecido no setor construtivo pela consciência cada vez maior de seus integrantes quanto ao forte impacto ambiental do setor de construção, pela diminuição das emissões de dióxido de carbono pela indústria cimenteira mundial por meio da incorporação de novas tecnologias, processos e de

materiais usados na fabricação do cimento, pelas pesquisas científicas que vem sendo desenvolvidas na academia sobre concretos mais duráveis, de melhor desempenho e de menor impacto ambiental, pelo uso mais eficiente de recursos em estruturas com desempenho otimizado por meio de projetos bem feitos, que levam em consideração o ciclo de vida dessas construções, e de selos de certificação

de construções, que procuram atestar a economia no uso de recursos e a mitigação de impactos nas fases de projeto, execução e uso dessas construções.

O palestrante destacou também que a sustentabilidade está incorporada na estrutura organizacional da *fib*, que,



**Hugo Corres Peiretti, ao lado do presidente do IBRACON, Julio Timerman, responde a perguntas do auditório no final de sua palestra**

### III Seminário Sobre Pesquisa e O

No dia 12 de outubro de 2016, no 58º Congresso Brasileiro do Concreto, ocorreu o III Seminário sobre as pesquisas e a utilização do concreto autoadensável em nosso país. O Seminário foi presidido pelo professor Bernardo Fonseca Tutikian, com a presença de uma ampla plateia e bastante variada, com participações desde professores, pesquisadores, profissionais liberais, empresas e alunos. Os assuntos tratados no seminário foram os mais diversos, passando pela tecnologia dos aditivos desenvolvidos para a execução dos CAA, aplicações especiais do concreto em diferentes situações, a propriedade do concreto no estado fresco, como a robustez da mistura, e alguns estudos de caso nos quais a utilização do CAA se mostrou uma solução técnica de grande impacto, trazendo maior qualidade ao elemento desenvolvido, proporcionando, assim, maior durabilidade, e também foi apresentado um resumo da revisão da norma de concreto autoadensável (ABNT NBR 15823), que foi posteriormente aprovada para ser posta em consulta pública. Participaram do seminário, como ministrantes, pessoas referência na área, tais como: engenheiro civil Augusto Gil, mestrando do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos e pesquisador do instituto tecnológico em desempenho das edificações *itt Performance*; da mesma instituição, participou o graduando em Engenharia Civil, Cristyan Rissardi; participaram ainda do Seminário a Professora Mônica Barbosa, da instituição PUC Campinas, o professor Carlos Britez, da PhD Engenharia, o mestre em engenharia, Ricardo Alencar, da ERCA Brasil, e também a engenheira civil, Jadna Fächter, representante da Votorantim Cimentos. Cada palestrante trouxe para uma grande discussão temas relevantes para a especificação, utilização e produção dos concretos autoadensáveis. Na palestra ministrada por Augusto Gil, foi discutida

a vasta aplicação, bem como as diversas pesquisas realizadas com o CAA. A utilização do CAA em obras civis no Brasil ainda é muito baixa, sendo a indústria de pré-moldados e pré-fabricados a maior consumidora, porque os empresários já notaram que a utilização deste material é de fato uma solução para diversos problemas que as empresas possuem.

Ao encontro a este tema, Jadna Fächter apresentou um case de sucesso em duas empresas localizadas no estado do Rio Grande do Sul, uma produz postes de concreto, a outra empresa, elementos construtivos para pavilhões e placas de concreto. Ambas as empresas substituíram o concreto convencional pelo concreto autoadensável. Além de melhorar a qualidade dos seus produtos, as empresas tiveram uma grande vantagem quanto à redução do ruído a que seus colaboradores estavam sendo submetidos diariamente.

A palestrante mostrou também os custos envolvidos. Ambas as empresas não tiveram que realizar grandes modificações em suas instalações para a produção dos concretos autoadensáveis, foi realizado um trabalho em conjunto unindo a universidade, a empresa e a fornecedora dos matérias, buscando viabilizar a implantação desta tecnologia nas fábricas. Os custos de produção do concreto autoadensável, se comparados com os do concreto convencional, tiveram um aumento de aproximadamente 8%. Porém, deve-se avaliar o sistema como um todo. Os benefícios trazidos pela implantação do concreto autoadensável nas empresas foram evidenciados por todos os colaboradores das empresas. A palestrante apresentou números comprovando as diversas vantagens em se utilizar este material em indústria de pré-fabricados ou pré-moldados.

Carlos Britez apresentou algumas aplicações do concreto autoadensável no sistema de paredes de concreto em diferentes estados do Brasil.

além de uma comissão dedicada a ela, possui subcomissões dentro de outras comissões, como a de estruturas, de pré-fabricação e de durabilidade, que se dedicam a pensar e desenvolver o conceito. Como resultado disso, a *fib* lançou diversos boletins dedicados a diferentes aspectos da sustentabilidade, o *fib Mode Code 2010* para Estruturas de Concreto incluiu o desempenho ambiental entre os requerimentos a serem levados em conta como dados de entrada para a elaboração do projeto de estruturas, o que implica a estipulação de uma longa vida útil para as construções na fase de projeto, e o *fib Mode Code*

2020 vai incluir a sustentabilidade entre seus princípios gerais e estendê-la aos requerimentos de desempenho relativos à segurança e funcionalidade (redundância de elementos estruturais), além de explicitá-la entre os requerimentos de desempenho ambiental. “O novo Código Modelo da *fib* será o produto de esforços da comunidade internacional na elaboração de uma norma internacional para incorporar as diferentes dimensões da sustentabilidade no projeto de estruturas de concreto”, concluiu Peiretti.

Roberto Stark, presidente da Stark+Ortiz, empresa de consultoria situada na Cidade do México, envolvida

em projetos estruturais para edificações e infraestrutura, e professor do Departamento de Estruturas na Universidade Nacional do México (UNAM), abordou os sistemas estruturais e os materiais usados na construção de edifícios altos no México, região com uma geologia complicada, caracterizada por solos moles, sujeita a terremotos e furacões. Segundo dados do Conselho sobre Edifícios Altos e Habitat Urbano (CTBUH, na sigla em inglês), a maior parte dos edifícios altos está na Ásia (64%) e no Oriente Médio (21%), sendo que 73% dos edifícios altos no mundo utilizam o concreto como sistema

## bras em Concreto Autoadensável

O palestrante enfatizou a necessidade de verificar a qualidade do concreto produzido, ainda em seu estado fresco, sendo necessário realizar ensaios que possam garantir a aceitação do concreto antes do lançamento do mesmo nas fôrmas. Foram apresentadas diversas situações nas quais o pesquisador teve que intervir para realizar melhorias no processo construtivo, a fim de garantir a qualidade dos elementos estruturais que estavam sendo produzidos.

O palestrante Ricardo Alencar apresentou os diversos aditivos aplicados na produção, não só dos concretos autoadensáveis, mas também de outros materiais à base de cimento. A evolução dos concretos, sem sombra de dúvidas, se dá ao avanço tecnológico desenvolvido dos aditivos para concreto.

A evolução dos aditivos utilizados para a produção do concreto autoadensável faz com que a produção do concreto apresente as características desejáveis no seu estado fresco, sem que haja grandes variações nos lotes produzidos. Seguindo nesta ideia de tornar a produção do CAA mais confiável, Cristyan Rissardi apresentou a importância de se determinar a robustez nos concretos autoadensáveis. O palestrante apresentou o conceito básico da robustez do traço do CAA. A produção em larga escala, as pequenas variações de pesagem dos materiais e as mudanças constantes das propriedades físicas dos agregados, como a granulometria, fazem com que as variações no produto final sejam notadas, principalmente no estado fresco. Foram ilustrados inúmeros fatores que levam à perda de robustez nos traços do CAA, bem como alguns métodos utilizados para a avaliação dessa primordial propriedade do concreto. Cristyan mostrou as pesquisas já realizadas com relação à robustez dos traços e também pode expor algumas lacunas que ainda não são bem conhecidas pelo meio técnico, e, a fim de supri-las, ele



**Mesa com o coordenador e os palestrantes no Seminário para debate com o auditório**

apresentou de forma sucinta o estudo que está sendo realizado no instituto itt Performance, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. A revisão da norma de concreto autoadensável (ABNT NBR 15823) foi comentada no seminário pela Profa. Mônica Barbosa, que presidiu os trabalhos de revisão da norma.

De forma sucinta e objetiva, o seminário atendeu às expectativas. Foi possível perceber o elevado número de pessoas interessadas no tema, de diferentes setores (pesquisadores, alunos, profissionais liberais, fabricantes, fornecedores de produtos entre outros). O seminário se mostrou, mais uma vez, um excelente evento, onde todos os envolvidos com a construção civil podem buscar se aprofundar sobre o assunto.

**Relato de ROBERTO CHRIST**

DIRETOR REGIONAL DO IBRACON NO RIO GRANDE DO SUL



Mesa com os palestrantes do II Seminário sobre Obras Emblemáticas

construtivo. No México, os edifícios mais altos possuem em média 200 metros, utilizando caracteristicamente um concreto com fck de 70Mpa nas suas colunas. O ensaio de túnel de vento é um requisito indispensável na construção de edifícios altos no México, em razão dos fortes ventos e furações frequentes no país. Outro requisito na construção desses edifícios é o uso de dissipadores de energia, seja com fluidos viscosos, seja por reação de massas sintonizadas, para conferir resiliência a terremotos às construções. Segundo o palestrante a protensão tem sido um sistema bastante usado na construção dos edifícios altos no México, pois é capaz de viabilizar economicamente sua construção, ao propiciar a execução de cada piso em até cinco dias.

### EVENTOS PARALELOS

Nesta edição do Congresso foram realizados os seguintes eventos paralelos:

- ▶ III Seminário sobre Pesquisas e Obras em Concreto Autoadensável, onde especialistas expuseram as propriedades que caracterizam o CAA, os ensaios normalizados para atestar essas propriedades e casos de aplicação do CAA na indústria e no canteiro de obras – o Seminário contou com o patrocínio da Capes, Erca e Votorantim Cimentos (veja box);
- ▶ I Seminário sobre o Ensino de Engenharia Civil, que debateu a qualidade e atualidade do ensino de engenharia nas escolas brasileiras, trazendo recomendações para a reestruturação curricular, para dar maior autonomia aos alunos e para um aprendizado mais proativo, que concilie teoria e prática (veja matéria nesta edição);
- ▶ I Simpósio sobre Ensaaios não Destrutivos para Estruturas de Concreto, que traçou um panorama das aplicações de ensaios, como tomografia, frequência ressonante forçada, ultrassonografia, esclerometria e potencial de corrosão, nas estruturas de concreto para avaliar suas propriedades, componentes e condições – o Simpósio contou com o patrocínio da Proceq e apoio institucional da Universidade Federal de Goiás (UFG) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG);
- ▶ II Seminário sobre Obras Emblemáticas, que tratou de temas relacionados aos desafios em projetos diferenciados no cenário nacional (veja box);

▶ I Seminário sobre Boas Práticas na Execução de Estruturas de Concreto, onde foram apresentadas as boas práticas em projetos de lajes planas, na execução de capitéis de lajes nervuradas, na compra e recebimento do concreto e na execução de edificações, bem como práticas preventivas de patologia em obras de concreto.

Os ensaios não destrutivos foram ainda explanados num curso de atualização profissional, que integra o Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto (Master PEC), sistema de cursos de educação continuada do IBRACON. Com carga horária de oito horas, o curso foi ministrado pelos profissionais Rodrigo Duarte (Proceq), Rodrigo Moysés Costa (UltraLab Engenharia Diagnóstica), Ênio Pazini Figueiredo (UFG), Maria Teresa Paulino Aguiar (UFMG) e Paulo Helene (PhD Engenharia). Aulas práticas foram realizadas no Laboratório de Caracterização de Materiais de Construção Civil e Mecânica da Universidade

Federal de Minas Gerais, onde foram realizados os ensaios de ultrassonografia, tomografia, medição da profundidade de carbonatação com aspersão de fenolftaleína, avaliação do potencial de corrosão das armaduras, ensaio de resistividade elétrica volumétrica e aplicação de nitrato de prata. “Os 30 alunos do curso interagiram ativamente com os instrutores, transformando o curso num importante momento de aprendizado e troca de experiências”, avaliou o instrutor e diretor regional do IBRACON em Minas Gerais, Rodrigo Moysés Costa.

Outros dois cursos do Master PEC oferecidos durante o Congresso foram o curso de pré-fabricados de concreto (ministrado pelo engenheiro da CAL-FAC Consultoria e Engenharia, Carlos Franco), uma parceria entre o IBRACON e a Associação Brasileira da

Construção Industrializada de Concreto (Abcic), desde 2007, e o curso de projeto de lajes em concreto armado e protendido (ministrado pelo engenheiro da EBPX, Fábio Albino de Souza).

Consolidando as discussões ocorridas no Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre Uso de Materiais não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras (CT 303), desde 2011, foi lançada durante o Congresso a Prática Recomendada “Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibras”, que traz os requisitos mínimos de projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras, inclusive as apoiadas em meio elástico, como os pisos, revestimentos de túneis e proteção de encostas (veja matéria nesta edição). Para a Enga. Inês Battagin, superintendente do Comitê Brasileiro de Concreto, Cimentos e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-18) e diretora técnica do IBRACON, “essa Prática Recomendada é um projeto pioneiro no país, que vai auxiliar os trabalhos para elaboração de uma norma brasileira sobre o tema”.

Outro destaque no 58º Congresso Brasileiro do Concreto foram as palestras do engenheiro da BC Engenharia, Bruno Contarini sobre os desafios na recuperação do Elevado Joá e os métodos executivos empregados na



**Profª Maria Teresa Paulino Aguiar no curso sobre ensaios não destrutivos**

construção da Ponte Rio Niterói. Contarini participou também de uma sessão de autógrafos de sua biografia “O mestre da arte de resolver estruturas”, escrita pelo jornalista Nildo Carlos Oliveira, no estande do IBRACON.

## ATIVIDADES TÉCNICAS DE RELACIONAMENTO

Concursos técnicos entre estudantes de Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia aconteceram na Arena das Competições, com a participação de 513 estudantes de 42 universidades e instituições de ensino. O objetivo desses concursos é fazer o estudante aplicar o conhecimento adquirido nas aulas para confecção de uma bola resistente de concreto (Concrebol), um pórtico de concreto capaz de resistir aos impactos dinâmicos (Aparato de Proteção do Ovo), um corpo de prova cúbico colorido (Concreto colorido de alta resistência) e um projeto arquitetônico e estrutural de uma passarela de concreto (Ousadia). A premiação das três equipes mais bem colocadas em cada concurso aconteceu no



**Bruno Contarini palestra no Seminário de Novas Tecnologias**

Jantar de Confraternização, que encerrou as atividades do 58º Congresso Brasileiro do Concreto (veja matéria nesta edição).

A Feira Brasileira das Construções em Concreto - Feibracon reuniu as empresas e instituições da cadeia produtiva do concreto, para exporem seus produtos e serviços oferecidos no mercado construtivo brasileiro e para estreitarem relacionamentos com seus clientes. Os patrocinadores do evento (Eletronorte, Itaipu, Votorantim Cimentos, Associação Brasileira de Cimento Portland, Instron Emic, GCP Grace, MC, Intercement e Proceq) apresentaram palestras técnico-comerciais no Seminário das Novas Tecnologias, que aconteceu no auditório principal do Minascentro, no primeiro e segundo dias.

“A Votorantim trouxe para o 58º Congresso Brasileiro do Concreto sua equipe técnica e comercial e convidou seus clientes em razão de sua política

de investimento em formação e capacitação técnica. Isto porque no evento temos a oportunidade de conhecer as pesquisas sobre o concreto que estão sendo desenvolvidas na academia e as tecnologias que estão sendo aplicadas nas obras em nosso país e no mundo. Além disso, temos o contato com consultores e projetistas de renome nacional e internacional. É por isso que a Votorantim tem patrocinado o Congresso”, avaliou o consultor de pesquisa, desenvolvimento e qualidade da Votorantim Cimentos, Eng. Luiz de Brito Prado Vieira.

Por fim, foi realizada no evento a 29ª Assembleia Geral do IBRACON, onde seus associados reuniram-se para debater assuntos relacionados ao Instituto e aprovaram o novo Estatuto do IBRACON, que passou a reger suas atividades. Atualizando o Estatuto de 2006, o novo Estatuto procurou dar mais agilidade aos processos de

decisão e às atividades do IBRACON, adequando-os ao contexto social e organizacional do novo milênio. Dentre as mudanças realizadas, destaca-se a criação da diretoria de Atividades Estudantis, em reconhecimento à participação expressiva dos estudantes nas edições mais recentes do Congresso Brasileiro do Concreto. “A nova diretoria foi criada para fortalecer ainda mais a integração das novas gerações à velha guarda e aos experientes profissionais que participam das atividades do IBRACON”, avaliou o presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman.

Coroando as atividades sociais do Congresso foram premiados na solenidade de abertura os profissionais de destaque do ano e as melhores teses de doutorado na área de estruturas e de materiais (veja matérias nesta edição).

**FÁBIO LUÍS PEDROSO**

CRÉDITOS: ALESSANDRO CARVALHO



**Congressistas visitam a Feibracon no evento**

# Prêmios de destaque do ano

**F**oram homenageados na cerimônia de abertura do 58º Congresso Brasileiro do Concreto, no dia 11 de outubro, no Minascentro, os profissionais indicados por seus pares em votação aberta no site do Instituto Brasi-

leiro do Concreto por suas contribuições para a divulgação e para o progresso do conhecimento científico e técnico sobre o concreto e seus sistemas construtivos.

Confira os agraciados!

## → PRÊMIOS DE DESTAQUE 2016

### PRÊMIO EMILIO BAUMGART | DESTAQUE DO ANO EM ENGENHARIA ESTRUTURAL



**Eng. Augusto Pedreira de Freitas** posa com o prêmio entregue pelo presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman

#### ENG. AUGUSTO GUIMARÃES PEDREIRA DE FREITAS

- Augusto é da turma de 1988 da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, onde recebeu prêmio de melhor aluno das cadeiras de estruturas de concreto e de materiais.
- Especializado em projeto estrutural de concreto armado e protendido, alvenaria estrutural e pré-moldados de concreto.
- Coordenou a norma ABNT NBR 16475: 2016 – Painéis de Parede de Concreto Pré-Moldado.
- É titular da Pedreira de Freitas Engenharia, desde 1993, e exerce atualmente o cargo de Presidente da Abece – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, onde foi sócio fundador e participa da diretoria desde 2001.

### PRÊMIO LIBERATO BERNARDO | DESTAQUE DO ANO COMO TECNOLÓGISTA EM LABORATÓRIO DE CONCRETO



**José Flauzino Moreira** recebe o prêmio da diretora técnica do IBRACON, Eng.ª Inês Battagin

#### JOSÉ FLAUZINO MOREIRA

- José Flauzino atua como chefe de laboratório desde 1998, sendo responsável pelo controle tecnológico de cerca de 8,5 milhões de metros cúbicos de concreto convencional e de 1,6 milhões de metros cúbicos de concreto compactado com rolo.
- Como chefe de laboratório atuou nas Usinas Hidrelétricas de Lajeado, Peixe Angical, São Salvador e Santo Antonio.
- Atualmente, é Chefe de Laboratório da Hidrelétrica de Belo Monte, onde, além de realizar o controle tecnológico na produção e aplicação do concreto, elabora estudo de dosagens e de aditivos, e exerce o controle da central de britagem de agregados para concreto. Também idealizou o Sistema Autolab, que modernizou a forma de controle do concreto.

PRÊMIO FRANCISCO DE ASSIS BASÍLIO | DESTAQUE DO ANO EM ENGENHARIA NA REGIÃO DO EVENTO



**Profª Sofia Diniz recebe o prêmio do diretor de eventos do IBRACON, Prof. Bernardo Tutikian**

**PROFª SOFIA MARIA CARRATO DINIZ**

- Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Nuclear pela Universidade Federal de Minas Gerais, em 1979 e 1988, respectivamente.
- PHD em Engenharia Estrutural pela Universidade do Colorado, em 1994, foi professora visitante na Universidade de Pittsburg, de 1999 a 2000, e pesquisadora convidada no NIST – Instituto Nacional de Padronização e Tecnologia, de 2001 a 2002, nos Estados Unidos.
- É professora da UFMG, pesquisadora do CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, “fellow” do ACI – American Concrete Institute, especialista no comitê sobre concreto armado e protendido da ISO – Organização Internacional de Padronização e Membro do Conselho Técnico de Atividades do IBRACON.

PRÊMIO EPAMINONDAS MELO DO AMARAL FILHO | DESTAQUE DO ANO EM ENGENHARIA DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO



**Eng. Wanderley Corrêa recebe o prêmio do diretor de relações institucionais do IBRACON, Prof. Paulo Helene**

**ENG. WANDERLEY GUIMARÃES CORRÊA**

- Wanderley é engenheiro civil formado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, em 1959.
- Foi responsável pelos laboratórios de cimento e concreto do INT - Instituto Nacional de Tecnologia, de 1961 a 1969, e da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, de 1969 a 1974.
- Nas empresas Concremat, Hidroservice, Themag e Engevix, como responsável pelo setor de tecnologia do concreto, participou de obras, como Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Sobradinho e Itaipu.
- Fundador do IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, onde foi tesoureiro, de 1973 a 1980, e de quem recebeu o Prêmio Ary Frederico Torres, em 1988, como Destaque do Ano em Tecnologia do Concreto.
- Foi professor de Materiais de Construção Civil na Faculdade de Itajubá, de 1977 a 1992.
- Atualmente, é diretor da W.G. Corrêa Consultoria, tendo sido o responsável pelas obras da laje flutuante do Museu de Arte, Museu do Amanhã, Ponte Estaiada do Fundão e BRT Barra-Galeão.

# Prêmios de destaque do ano

## → PRÊMIOS DE DESTAQUE 2016

### PRÊMIO FERNANDO LUIZ ALFREDO FALCÃO BAUER | DESTAQUE DO ANO EM ENGENHARIA NO CAMPO DAS PESQUISAS DO CONCRETO E MATERIAIS



**Profª Denise Dal Molin**  
posa com prêmio recebido  
do diretor tesoureiro do IBRACON,  
Prof. Cláudio Sbrighi Neto

#### DENISE CARPENA COITINHO DAL MOLIN

- Denise Dal Molin é engenheira civil (1982), mestre (1988) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutora em Engenharia Civil (1995) pela Universidade de São Paulo.
- Professora titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, orientou 75 mestres e 38 doutores, principalmente nas áreas de Tecnologia do Concreto, Aproveitamento de Resíduos em Materiais Cimentícios, Durabilidade e Patologia das Estruturas de Concreto.
- Autora de mais de 530 artigos publicados em congressos e periódicos nacionais e internacionais, além de 1 livro e 8 capítulos de livro.
- Foi coordenadora do programa de pós-graduação e diretora da Escola de Engenharia da UFRGS, na gestão 2008-2012.

### PRÊMIO OSCAR NIEMEYER SOARES FILHO | DESTAQUE DO ANO COMO ARQUITETO



**Arquiteto Samuel Kruchin** posa com  
prêmio recebido do diretor  
2º tesoureiro do IBRACON,  
Nelson Covas

#### SAMUEL KRUCHIN

- Kruchin é titular do Escritório Kruchin Arquitetura, onde desenvolve projetos de edifícios institucionais, residenciais e corporativos, desenho urbano e restauro, como a Fábrica Santa Helena e o Memorial à Poesia Brasileira João Cabral de Melo Neto, premiados na 3ª e 5ª Bienal de Arquitetura, respectivamente;
- Mestre em estruturas ambientais urbanas pela FAU-USP, coordenador dos Cursos de Especialização "Patrimônio Arquitetônico – Teoria e Projeto", e autor de "Uma Poética da História - Obra de Restauro".

# Teses de doutorado premiadas

Na cerimônia de abertura do 58º Congresso Brasileiro do Concreto foram premiadas as melhores teses de doutorado sobre o concreto cadastradas no Banco de Teses e Dissertações do IBRACON.

Foram escolhidas pela comissão julgadora, coordenada pelo

diretor de Pesquisa e Desenvolvimento do IBRACON, Prof. Leandro Mouta Trautwein, a melhor tese na área de materiais e a melhor tese na área de estruturas, dentre as teses cadastradas defendidas no período de 1º de março de 2014 a 28 de fevereiro de 2016.

Confira os agraciados!

## → PRÊMIOS DE TESES E DISSERTAÇÕES 2016

**PRÊMIO MELHOR TESE EM ESTRUTURAS**  
APLICAÇÃO DE MANTAS DE POLÍMEROS REFORÇADOS COM FIBRA DE CARBONO (PRFC) COMO REFORÇO À PUNÇÃO EM LAJES LISAS DE CONCRETO ARMADO

**Autor**

Galileu Silva Santos

**Orientador**

Prof. Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo

**Universidade**

Universidade de Brasília



Galileu Silva Santos (dir.) posa com prêmio entregue pelo diretor regional do IBRACON em Minas Gerais, Eng. Rodrigo Moysés Costa

**PRÊMIO MELHOR TESE EM MATERIAIS**  
A PROBLEMÁTICA DOS CONCRETOS NÃO CONFORMES E SUA INFLUÊNCIA NA CONFIABILIDADE DE PILARES DE CONCRETO ARMADO

**Autor**

Fábio Costa Magalhães

**Orientador**

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

**Universidade**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Fábio Costa Magalhães (esq.) recebe prêmio do diretor de Pesquisa e Desenvolvimento do IBRACON, Leandro Trautwein

# Concursos estimulam estudantes a aprenderem competindo

**P**ara contribuir com a formação dos alunos dos cursos de graduação em Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia, o Instituto Brasileiro do Concreto organiza anualmente concursos técnicos, estimulando a competição saudável entre os estudantes. Podem participar desses concursos os alunos regularmente matriculados em instituições de ensino superior, técnico e técnico do Brasil e do exterior.

No 58º Congresso Brasileiro do Concreto, ocorrido de 11 a 14 de outubro, no Minascentro, em Belo Horizonte, foram realizados o 23º Aparato de Proteção ao Ovo, que contou com a participação de 14 equipes, formadas por 338 estudantes, que concorreram com 21 pórticos; o 13º Concrebol, no qual competiram 288 estudantes de 23 instituições, com 23 bolas; o 3º Co-

car, com participação de 299 alunos de 26 instituições, com 26 corpos de prova; e o 9º Ousadia, no qual competiram 149 alunos, com nove projetos de dez instituições.

Além do aprendizado propiciado pela interação dos membros de cada equipe, inclusive com seus professores orientadores, no momento em que os estudantes precisam mobilizar seus conhecimentos para superar o desafio proposto em cada concurso, os



Estudantes e profissionais acompanham as competições estudantis na Arena dos Concursos

estudantes têm a chance de aprender, no momento das competições, com seus próprios erros e acertos, e com os erros e acertos dos alunos das outras equipes, bem como com os profissionais sêniores que, entre uma palestra e outra, vão até a Arena para assistirem às competições, divulgando seu conhecimento e experiência sobre o concreto aos presentes.

A Arena dos Concursos é um espaço especialmente projetado, com arquibancadas ao redor das pistas de testes, onde os espectadores – alunos inscritos ou não nos concursos, profissionais do setor, empresários e consultores, professores e pesquisadores – torcem, emocionam-se, trocam impressões, num ambiente envolvente de aprendizado e conhecimento. Nesta edição, a Arena dos Concursos foi patrocinada pela Votorantim Cimentos e os equipamentos de testes foram gentilmente cedidos pela Instron/Emic.

Com vistas a tornar a experiência ainda mais cativante, os inscritos nos concursos são incentivados a buscar patrocínios para seus projetos e participam gratuitamente de um jantar com palestras e sorteios. Tudo para incentivar ainda mais a integração entre os estudantes e destes com os profissionais da cadeia produtiva do concreto. Na edição deste ano o jantar – conhecido por *Concrete Lovers* – aconteceu no dia 12 de outubro, na Churrascaria Adega do Sul, e contou com as presenças ilustres do projetista Bruno Contarini, do professor Paulo Helene, do professor Augusto Carlos Vasconcelos, do presidente do IBRACON, Julio Timerman, e do engenheiro Carlos Britez, que trouxeram mensagens técnicas

e de incentivo aos estudantes. O *Concrete Lovers* foi patrocinado pela Equilibrata e teve o apoio da PhD Engenharia, Newton e DCR Engenharia e Projetos.

A premiação das três equipes mais bem colocadas cada concurso aconteceu no Jantar de confraternização do 58º

Congresso Brasileiro do Concreto, realizado no Hotel Ouro Minas. Os primeiros colocados do APO, Concrebol e Cocar receberam, cada um, prêmio em dinheiro no valor de cinco mil e quinhentos reais, patrocinados pelas empresas S&P Reinforcement, Penetron e Lanxess, respectivamente. A equipe vencedora do Ousadia recebeu o prêmio de 11 mil reais, patrocinado pela empresa Mendes



**Estudantes reunidos para o jantar Concrete Lovers**

Lima Engenharia. A equipe que apresentou o melhor desempenho nos concursos ganhou o Prêmio Medalha Concreto IBRACON 2016. Por ter somado o maior número de pontos nas competições, a Universidade Federal da Bahia (UFBA) ganhou a Medalha Concreto 2016, bem como uma licença estudantil do software da TQS Informática para cada membro da equipe.

Conheça a seguir os premiados!



**Nelson Covas entrega Medalha Concreto 2016, concedida à equipe da Universidade Federal da Bahia pelo seu desempenho nos concursos**

# Concurso Aparato de Proteção ao Ovo (APO)

A competição desafia o estudante a projetar e construir um pórtico de concreto armado que seja resistente às cargas crescentes de impacto produzidas em ensaio de carregamento dinâmico. O pórtico protege o ovo colocado sob ele, de onde vem o nome do concurso.

Os pórticos têm suas dimensões avaliadas e suas massas determinadas antes dos ensaios. A precisão dimensional é crítica, sobretudo nas dimensões das bases, pois o pórtico deve ser encaixado no gabarito, que garante seu alinhamento em relação ao dispositivo de aplicação da carga. O aparato que não atender os requisitos de formato, geometria, dimensão e massa do Regulamento do Concurso é automaticamente desclassificado.

O ensaio de carregamento dinâmico

consiste em soltar um cilindro metálico, com 50 mm de diâmetro e massa de 15 kg, de alturas progressivamente maiores. Após cada impacto, o ensaio prossegue se o APO resistir, protegendo o ovo sob ele. Dessa forma, o cilindro é solto para as alturas de 1, 1,5, 2 e 2,5 metros. Caso o APO ainda resistir, o cilindro é solto três vezes, encerrando-se o ensaio.

A pontuação obtida por cada equipe é a somatória das alturas de impacto resistidas pelo APO antes de o ovo ser danificado, seja pela ruptura do APO, seja por cair lascas do APO sobre ele.

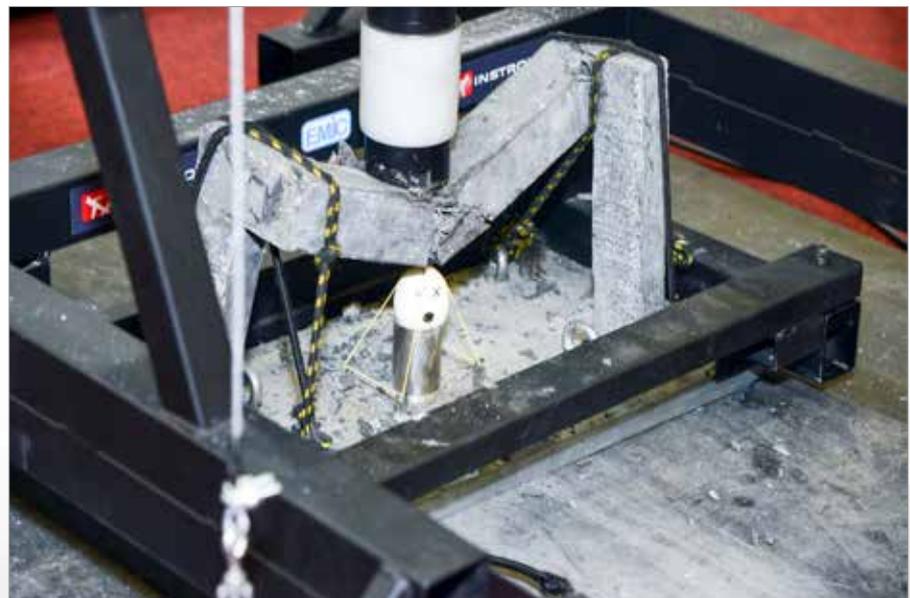


Certificado concedido à equipe participante do APO

No caso de equipes que tenham inscrito mais de um APO, a pontuação considerada é a do melhor APO. Vence a equipe que obteve a maior pontuação. Em caso de empate, a equipe vencedora é a do APO com menor massa.



Equipe participante acompanha ensaio com seu pórtico



APO resiste a impacto protegendo o ovo sob ele

## → PREMIAÇÃO APO 2016

### 1º LUGAR



Paulo Murgel, da S&P Reinforcement, entrega prêmio a equipe vencedora do APO

#### INSTITUIÇÃO

Universidade Federal da Bahia (UFBA)

#### EQUIPE

Adriana dos Santos da Silva, Adrielle Nascimento Marques, Andre Luis Santos Rodrigues Junior, Bruna Silva Santos, Débhora Flávia Soto França, Jaconias Carneiro Gomes, João Dantas do Nascimento Neto, Kamilla Wanderley Pinto, Lázaro Sabas Marques Silva Cheles Nascimento, Lucas Freitas Rocha, Nicolas de Aquino Araujo, Raquel Arraes Argolo, Ronald Bastos Santos Cajado, Tauane da Cruz Araujo, Léo Oliveira Kikuchi, Júlia de Oliveira Pires, Gabriela Silva Correia Cordeiro, Flávio Carvalho Silva

#### ORIENTADORES

Antônio Sérgio Ramos da Silva, Daniel de Souza Machado

#### PONTUAÇÕES

Massa: 3767g | Pontuação: 5

### 2º LUGAR



Equipe segunda colocada com prêmio APO

#### INSTITUIÇÃO

Centro Universitário da FEI

#### EQUIPE

Andressa Corrêa Garcia, Bruno Nardini Innocenti, Caio Fernando de Moraes Reigado, Érika Cristine dos Santos Ferreira, Felipe Eduardo O. Pinto, Felipe Gonçalves dos Santos, Gabriel Giacobini Ramiro, Gabriela Prado de Oliveira, Gustavo Zerbinatti Afonso, João Antônio R. Garcia, Júlio Victor Casimiro de Oliveira, Lucas Camargo Carvalho, Luis Paulo De Spirito Palazzolli, Marcelo Toyoshima Hirata, Marina Magalhães Rodrigues, Mayara Lumi Monma, Ronaldo Tomanin Alves Monteiro, Victor Hugo Alves da Silva

#### ORIENTADOR

Rui Barbosa de Sousa

#### PONTUAÇÕES

Massa: 3774g | Pontuação: 5

### 3º LUGAR



Equipe da Unoesc posa com prêmio pela terceira colocação no APO

#### INSTITUIÇÃO

Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)

#### EQUIPE

Alexandre Luiz de Matos, Guilherme Salvador, Leonardo Schena, Natali da Rocha Restelatto, Renata Piva Chiarani, Rodrigo Limana Salla, Rodrigo Stechenski Zaccaron

#### ORIENTADORAS

Angela Zamboni Piovesan, Jhulis Marina Carelli

#### PONTUAÇÕES

Massa: 3052g | Pontuação: 3

# Concurso CONCREBOL

O CONCREBOL desafia o estudante a construir uma bola (esfera) de concreto leve, com dimensões pré-estabelecidas e que seja capaz de rolar em uma trajetória retilínea. O concurso testa a habilidade dos estudantes para desenvolver um método construtivo e para produzir concretos leves e homogêneos, com bons parâmetros de resistência.

Formado por quatro etapas:

- ▶ Medição do diâmetro e volume das bolas de concreto;
- ▶ Medição da massa das bolas de concreto e determinação das massas específicas dos concretos utilizados na confecção dessas bolas;



Capitão da equipe acompanha ensaio de resistência à compressão de sua bola de concreto

- ▶ Avaliação da uniformidade física das bolas de concreto por meio de um equipamento de impulso, dotado de um pêndulo de 20 kg de massa com braço de alavanca de 80 cm, liberado segundo um ângulo de 37°, que, ao atingir as bolas, faz com que elas se movimentem por uma pista plana de rolamento em direção a um gol com dimensões de 40 cm x 35 cm - chute convertido em gol vale 1; não convertido vale 0,6;
- ▶ Avaliação da resistência à compressão das bolas por meio de ensaio.

Vence o concurso a equipe que conseguir a

maior pontuação final, calculada segundo a equação:

$$PF = \frac{2 \cdot P}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \times \frac{V}{m} \times C_1 \times F \quad [1]$$

onde:

*PF* é o valor da pontuação final;  
*P* é a máxima carga no ensaio de resistência à compressão (kN);  
*r* é o raio da bola, em metros (m);  
*V* é o volume da bola (m<sup>3</sup>);  
*m* é a massa da bola, em quilogramas (kg);  
*C<sub>1</sub>* é o coeficiente de uniformidade;  
*F* é o fator atribuído ao diâmetro da bola em função do desvio médio das três medidas de seu diâmetro.

No caso de equipes que tenham inscrito mais de uma bola, a pontuação considerada é a da bola com melhor resultado. Em caso de empate, a equipe campeã é a que concorreu com a bola com menor massa específica.



Equipe participante acompanha ensaio de uniformidade da bola de concreto

## → PREMIAÇÃO CONCREBOL 2016

## 1º LUGAR



Adair da Rosa, da Penetron, entrega o prêmio à equipe vencedora do Concrebol

**INSTITUIÇÃO**

Instituto Mauá de Tecnologia

**EQUIPE**

Airton Brandini Soares Junior, Aaron Rubio, Bruna Loro Ferraz, Carolina Moraes Mattos, Carolina Moreira Pollan, Caroline Moreno Lima, Daniel Jozala Lopes, Dimitri Braguim Gusarov, Eduardo Brandão, Felipe Moreno dos Anjos, Filipe Kuziv do Amaral, Flavia Fernandes Ferreira, Geovana Bruno Valente, Gustavo Cardoso Peres, Gustavo Lombardo, Henrique Fiorentino, Jacqueline Tchia Lin Chen, Jéssica Andrade Dantas, João Vitor Vaz de Souza, Luana Sardinha Basso, Lucas Giroto de Souza, Luigi Orrico Di Stosi, Matheus Sakano, Michel Freitas Miudo de Oliveira, Natália de Souza Fiacador, Nathalie June Marumoto, Pedro Amoroso Giraldo, Rafael Soares Brasílio, Rodrigo Vasconcelos Medea, Thomas Hachul Bizuti, Victor Nahum, Yan Flavio da Costa Alvarenga

**ORIENTADORES**

Fábio Selleio Prado, Heloisa Cristina Fernandes Cordon

**PONTUAÇÕES**

**Diâmetro médio:** 217mm | **Raio:** 0,109m | **F:** 0,97 | **Massa (m):** 8,962kg | **C1:** 1  
**Carga (P):** 339,969kN | **Pontuação final (PF):** 2,674

## 2º LUGAR



Equipe da FEI foi também premiada pelo segundo lugar no Concrebol

**INSTITUIÇÃO**

Centro Universitário da FEI

**EQUIPE**

Andressa Corrêa Garcia, Bruno Nardini Innocenti, Caio Fernando de Moraes Reigado, Érika Cristine dos Santos Ferreira, Felipe Eduardo O. Pinto, Felipe Gonçalves dos Santos, Gabriel Giacobini Ramiro, Gabriela Prado de Oliveira, Gustavo Zerbinatti Afonso, João Antônio R. Garcia, Júlio Victor Casimiro de Oliveira, Lucas Camargo Carvalho, Luis Paulo De Spirito Palazzoli, Marcelo Toyoshima Hirata, Marina Magalhães Rodrigues, Mayara Lumi Monma, Ronaldo Tomanin Alves Monteiro, Victor Hugo Alves da Silva

**ORIENTADOR**

Rui Barbosa de Sousa

**PONTUAÇÕES**

**Diâmetro médio:** 217mm | **Raio:** 0,108m | **F:** 0,99 | **Massa (m):** 7,608kg | **C1:** 1  
**Carga (P):** 278,901kN | **Pontuação final (PF):** 2,633

## → PREMIAÇÃO CONCREBOL 2016

### 3º LUGAR



Equipe comemora premiação  
no Concrebol

#### INSTITUIÇÃO

Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)

#### EQUIPE

Alexandre Luiz de Matos, Guilherme Salvador, Leonardo Schena, Natali da Rocha Restelatto, Renata Piva Chiarani, Rodrigo Limana Salla, Rodrigo Stechenski Zaccaron

#### ORIENTADORAS

Angela Zamboni Piovesan, Jhulis Marina Carelli

#### PONTUAÇÕES

**Diâmetro médio:** 219mm | **Raio:** 0,110m | **F:** 1 | **Massa (m):** 9,282kg | **C1:** 1  
**Carga (P):** 324,038kN | **Pontuação final (PF):** 2,548

### MENÇÃO HONROSA



Menção Honrosa à equipe FACTO,  
pela terceira melhor resistência do  
Concurso CONCREBOL 2016

#### INSTITUIÇÃO

Faculdade Católica do Tocantins (FACTO)

#### EQUIPE

Klichia Kelen Boni Rosa, Jônatas Macêdo de Souza, Danilo Rodrigues Martins, Mirelle de Souza Neres

#### ORIENTADOR

Alexon Braga Dantas

#### PONTUAÇÕES

**Diâmetro médio:** 220mm | **Raio:** 0,110m | **F:** 0,97 | **Massa (m):** 9,476kg | **C1:** 1  
**Carga (P):** 308,484kN | **Pontuação final (PF):** 2,320

**NOTA:** Na avaliação definitiva dos resultados, foi verificado que a equipe da FACTO (Faculdade Católica do Tocantins) foi a vencedora do 4º lugar do Concurso CONCREBOL, resultado este diferente do divulgado no Jantar de Encerramento do Congresso. Desta forma e em consideração ao excelente desempenho da equipe, a Comissão Organizadora concede à equipe FACTO a Menção Honrosa pela terceira melhor resistência do Concurso CONCREBOL 2016.

# Concurso Concreto Colorido de Alta Resistência (COCAR)

O objetivo do concurso é testar a habilidade dos estudantes na preparação de concretos resistentes, compactos e coloridos. Desafiam-se os estudantes a moldarem um corpo de prova cúbico, com 10 cm de aresta, com concreto colorido de alta resistência.

A competição é formada por quatro etapas:

- ▶ Medição das dimensões e massa dos corpos de prova, e avaliação de suas colorações com base numa palheta de cores, com atribuição de coeficientes de 0 a 1 (C1);
- ▶ Determinação da compactidade dos corpos de prova através do ensaio de velocidade ultrassônica (m/s), com atribuição de coeficientes (C2) entre 0,7 (menor velocidade do concurso) e 1 (maior velocidade do concurso);



Estudantes posam com seus corpos de prova coloridos antes do ensaio de resistência à compressão do Cocar

- ▶ Avaliação da resistência à compressão dos corpos de prova por meio de ensaio;
- ▶ Inspeção visual dos corpos de prova rompidos para ver se atendem às

especificações do Regulamento do concurso.

A pontuação final de cada corpo de prova é calculado pelas expressões:

$$PF = f_c \cdot C_1 \cdot C_2 \quad f_c = \frac{F}{d_1 \cdot d_2} \quad [1]$$

Onde:

$f_c$  é a resistência à compressão do corpo de prova (MPa);

$F$  é a máxima carga no ensaio de resistência à compressão (kN);

$d_i$  são as dimensões das arestas medidas na face de ruptura do corpo de prova (mm);

$C_1$  é o coeficiente de cor;

$C_2$  é o coeficiente de compactidade.

Vence o concurso a equipe com o corpo de prova que obteve a maior pontuação final. Em caso de empate, a equipe vencedora é a do corpo de prova com menor massa.



Corpo de prova despedaça-se no ensaio de resistência à compressão

## → PREMIAÇÃO COCAR 2016

### 1º LUGAR



Tânia Regina Moreno, da Lanxess, entrega prêmio ao vencedor do Cocar

#### INSTITUIÇÃO

Universidade Federal da Bahia (UFBA)

#### EQUIPE

Adriana dos Santos da Silva, Adrielle Nascimento Marques, Andre Luis Santos Rodrigues Junior, Bruna Silva Santos, Débhora Flávia Soto França, Jaconias Carneiro Gomes, João Dantas do Nascimento Neto, Kamilla Wanderley Pinto, Lázaro Sabas Marques Silva Cheles Nascimento, Lucas Freitas Rocha, Nicolas de Aquino Araujo, Raquel Arraes Argolo, Ronald Bastos Santos Cajado, Tauane da Cruz Araujo, Léo Oliveira Kikuchi, Júlia de Oliveira Pires, Gabriela Silva Correia Cordeiro, Flávio Carvalho Silva

#### ORIENTADORES

Antônio Sérgio Ramos da Silva, Daniel de Souza Machado

#### PONTUAÇÕES

**M:** 2,6497kg | **D1:** 101,4mm | **D2:** 101,8mm | **C1:** 0,90 | **C2:** 0,91 | **F:** 1646,896kN  
**fc:** 159,591MPa | **PF:** 131,073MPa

### 2º LUGAR



Equipe da FEI com prêmio pela segunda colocação no Cocar

#### INSTITUIÇÃO

Centro Universitário da FEI

#### EQUIPE

Andressa Corrêa Garcia, Bruno Nardini Innocenti, Caio Fernando de Moraes Reigado, Érika Cristine dos Santos Ferreira, Felipe Eduardo O. Pinto, Felipe Gonçalves dos Santos, Gabriel Giacobini Ramiro, Gabriela Prado de Oliveira, Gustavo Zerbinatti Afonso, João Antônio R. Garcia, Júlio Victor Casimiro de Oliveira, Lucas Camargo Carvalho, Luis Paulo De Spirito Palazzolli, Marcelo Toyoshima Hirata, Marina Magalhães Rodrigues, Mayara Lumi Monma, Ronaldo Tomanin Alves Monteiro, Victor Hugo Alves da Silva

#### ORIENTADOR

Rui Barbosa de Sousa

#### PONTUAÇÕES

**M:** 2,6847kg | **D1:** 100,8mm | **D2:** 101,4mm | **C1:** 0,90 | **C2:** 0,96 | **F:** 1502,729kN  
**fc:** 147,007MPa | **PF:** 126,853MPa

### 3º LUGAR



Equipe posa com prêmio pela terceira colocação

#### INSTITUIÇÃO

Instituto Mauá de Tecnologia

#### EQUIPE

Airton Brandini Soares Junior, Aaron Rubio, Bruna Loro Ferraz, Carolina Moraes Mattos, Carolina Moreira Pollan, Caroline Moreno Lima, Daniel Jozala Lopes, Dimitri Braguim Gussarov, Eduardo Brandão, Felipe Moreno dos Anjos, Filipe Kuziv do Amaral, Flavia Fernandes Ferreira, Geovana Bruno Valente, Gustavo Cardoso Peres, Gustavo Lombardo, Henrique Fiorentino, Jacqueline Tchia Lin Chen, Jéssica Andrade Dantas, João Vitor Vaz de Souza, Luana Sardinha Basso, Lucas Giroto de Souza, Luigi Orrico Di Stosi, Matheus Sakano, Michel Freitas Miudo de Oliveira, Natália de Souza Fiacador, Nathalie June Marumoto, Pedro Amoroso Giraldo, Rafael Soares Brasilio, Rodrigo Vasconcelos Medea, Thomas Hachul Bizuti, Victor Nahum, Yan Flavio da Costa Alvarenga

#### ORIENTADORES

Fábio Selleio Prado, Heloisa Cristina Fernandes Cordon

#### PONTUAÇÕES

**M:** 2,3917kg | **D1:** 100,2mm | **D2:** 100,5mm | **C1:** 1 | **C2:** 0,9 | **F:** 1408,198kN  
**fc:** 139,840MPa | **PF:** 126,542 MPa

# Concurso Ousadia

**E**laborar um estudo para a concepção de um projeto preliminar integrado de arquitetura e engenharia de uma obra de arte em concreto que possibilite a acessibilidade entre a Rua Sapucaí e o túnel de acesso ao Metrô e à Praça da Estação, de modo a promover a requalificação urbanística da Rua Sapucaí e seu entorno, no bairro Floresta da cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais. Este foi o desafio feito aos estudantes dos cursos de Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia pelo Concurso Técnico do IBRACON – Ousadia 2016.

A proposta deve evidenciar uma percepção global do local, considerando seus usos, a paisagem urbana, a preservação do patrimônio cultural, as formas naturais e as matérias-primas disponíveis, conciliando-a com o uso do concreto, a dimensão e proporções da obra de intervenção.

Os objetivos do Concurso são: desenvolver a aptidão dos alunos na concepção de projetos ousados; ampliar os conhecimentos dos estudantes sobre a tecnologia do concreto; aumentar o entrosamento entre estudantes de arquitetura, engenharia civil e tecnologia; e evidenciar a



**Maquete do projeto vencedor do Ousadia 2016**



**Maquete do projeto segundo colocado**



**Maquete do projeto terceiro colocado**

importância de se considerar as condicionantes locais – ambientais, econômicas e

culturais – na definição da solução arquitetônica adotada.

Preliminarmente, os projetos foram avaliados sob os critérios do sistema construtivo adotado, com relação à sua estabilidade, durabilidade e manutenção, recebendo notas de 1 a 10, pelos membros da Abece Inovação: Renato Rodrigues Coelho, Luciano Rodrigues Coelho, Pedro Ribeiro Azevedo, Ana Paula Silveira, Ricardo Garanhani Neto, Ramon Costa Nascimento, Daniela Baldassarri e Douglas Couto. Em seguida, os projetos foram avaliados por uma comissão local, formada por representantes da Prefeitura de Belo Horizonte, que atribuiu notas de 1 a 10. Por fim, os projetos foram apresentados em três pranchas no tamanho A1 da ABNT e numa maquete física, representada em escala, com no máximo 1m<sup>2</sup> de área, no Minascentro, e foram avaliados pela comissão julgadora do concurso, que atribuiu notas de 1 a 10 a cada um dos quesitos arquitetônicos considerados.

Os três projetos mais bem pontuados receberam os prêmios de Vencedor (1º lugar), Destaque (2º lugar) e Mérito (3º lugar). O critério de desempate foi o menor volume total de concreto empregado.

## → PREMIAÇÃO OUSADIA 2016

### 1º LUGAR



Carlos Brites, representando a Mendes Lima Engenharia, entrega prêmio ao vencedor do Ousadia

#### INSTITUIÇÃO

Escola de Engenharia de São Carlos | Universidade de São Paulo

#### EQUIPE

Álison Toledo, Amanda Basso Morelli, Ana Carolina Faria, Caio Agrizzi, Fabiana Granusso, Gabriel Miranda de Faria, Guilherme Grigio Gabriel, Hugo Lourenço, Ingridth Hopp, João Perdoná, Juan Leles, Luciane Sobral, Masae Kassahara, Renan Antiquiera, Rodrigo Frederice, Gustavo Baeta

#### ORIENTADORES

Ricardo Carrazedo, Givaldo Luiz Medeiros, Luciana B. Martins Schenk

#### PONTUAÇÃO

737

### 2º LUGAR



Segunda colocada no Ousadia posa para foto na premiação

#### INSTITUIÇÃO

Universidade Presbiteriana Mackenzie

#### EQUIPE

Adriana Araújo, Augusto Estevão Soares de Souza, Aya Saito, Flávia Leisnoch Lima, Gabriel Barbeiro Pisani, Gabriel Gomes de Araújo, Gabriel Martins Ramos, Helena Kaori Gomes Silva, Jéssica Santana Soares, Juliana Villar Valença, Lígia Oliva Doniak, Luis Fernando Guimarães, Luiza Vianna Figueiredo, Mauricio Canton Pladevall, Nathalia da Mata, Patrícia Sanvito Bonilha, Paula Leonhardt Miguel, Paula Patocs Alcântara, Rafaela Chaves Dias Honório, Renato Conceição de Almeida, Talita Ezequiel dos Santos, Victor Bitancourt Sodrê, Victor Hugo Oliveira, Vinicius Silva Caruso

#### ORIENTADORES

Alfonso Pappalardo Junior, Eleana Patta Flain, Mauro Claro

#### PONTUAÇÃO

712

### 3º LUGAR



Equipe terceira colocada posa com prêmio

#### INSTITUIÇÃO

Universidade Federal da Bahia (UFBA)

#### EQUIPE

Adriana dos Santos da Silva, Adrielle Nascimento Marques, Andre Luis Santos Rodrigues Junior, Bruna Silva Santos, Débhora Flávia Soto França, Jaconias Carneiro Gomes, João Dantas do Nascimento Neto, Kamilla Wanderley Pinto, Lázaro Sabas Marques Silva Cheles Nascimento, Lucas Freitas Rocha, Nicolas de Aquino Araujo, Raquel Arraes Argolo, Ronald Bastos Santos Cajado, Tauane da Cruz Araujo, Léo Oliveira Kikuchi, Júlia de Oliveira Pires, Gabriela Silva Correia Cordeiro, Flávio Carvalho Silva

#### ORIENTADORES

Antônio Sérgio Ramos da Silva

#### PONTUAÇÃO

679

# Comitê Técnico trabalha para a normalização do concreto reforçado com fibras

O concreto reforçado com fibras (CRF) é um composto caracterizado por uma matriz cimentícia com fibras descontínuas. Usado com a finalidade estrutural, o CRF tem excelente comportamento nos Estados Limite Último e de Serviço, em elementos estruturais com substituição parcial ou total das armaduras de aço. Sem finalidade estrutural, o CRF propicia melhor controle da abertura e do espaçamento de fissuras e favorece a capacidade resistente ao fogo do concreto, com maior desempenho em serviço e durabilidade.

Como o uso de fibras no concreto não é normalizado no Brasil há certo

desconhecimento no meio técnico sobre o tema, o que dificulta o uso disseminado do CRF.

No sentido de contribuir para os avanços nessa área, o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) e a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) criaram em 2015 o Comitê Técnico de uso de materiais não convencionais para estruturas de concreto, fibras e concreto reforçado com fibras (CT-303), que está sob a coordenação do engenheiro da Evolução Engenharia, Marco Antônio Cárnio.

O objetivo do Comitê é integrar a cadeia da construção voltada ao uso de materiais não convencionais que

servem ao reforço externo de estruturas de concreto existentes e ao reforço interno de estruturas de concreto novas, bem como ao concreto reforçado com fibras, em consonância com os trabalhos desenvolvidos no âmbito internacional pela ISO (*International Organization for Standardization*) e pela fib (*Fédération*

*Internationale du Béton*), com vistas a desenvolver textos técnicos, com base em ensaios, pesquisas e na literatura técnica, para auxiliar nos trabalhos de normalização referentes ao projeto estrutural e procedimentos de controle, bem como divulgar as recomendações consensuadas entre seus integrantes para o emprego desses materiais.

O CT-303 é formado por quatro grupos de trabalho, denominados GT-1 (Estruturas de concreto reforçado com fibras), GT-2 (Reforço de estruturas existentes de concreto com materiais não convencionais), GT-3 (Estruturas de concreto com armaduras de materiais não convencionais) e GT-4 (Caracterização de materiais não convencionais e fibras para reforço estrutural).

As discussões no âmbito dos GT-1 e GT-4 sobre concreto reforçado com fibras estão em estágio avançado, tendo sido realizado em abril/2016 o primeiro Workshop Internacional IBRACON/ABECE “Concreto Reforçado com Fibras”, onde foram debatidas importantes questões para a normalização técnica do CRF no país, como a caracterização e a especificação de fibras destinadas ao reforço estrutural, as diretrizes de projeto do concreto reforçado com fibras, métodos de ensaio para a caracterização do CRF como material estrutural e as perspectivas no uso de macrofibras poliméricas, de fibras de



Eng. Marco Antônio Cárnio em sua palestra no lançamento da Prática Recomendada



### Prática Recomendada “Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibras

vidro e de fibras de aço para reforço do concreto. Atualmente encontra-se em discussão o procedimento de controle da qualidade do concreto reforçado com fibras, sendo que os membros do GT-4 têm se encontrado nas primeiras sextas-feiras de cada mês na Escola Politécnica da USP, para debater, entre outros assuntos, o controle do teor de fibras no concreto no estado fresco, o modo de preparo do CRF para cada

tipo de macrofibra e os ensaios para avaliação do comportamento mecânico do CRF (como o ensaio à flexão de prismas de CRF com entalhe e o ensaio por duplo punção do CRF).

### PRÁTICA RECOMENDADA DE PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS

Fruto do trabalho do GT-1 do CT 303, foi lançada no 58º Congresso Brasileiro do Concreto a Prática Recomendada “Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibras”, que estabelece os requisitos mínimos de desempenho mecânico do concreto reforçado com fibras para a substituição parcial ou total das armaduras convencionais nos elementos estruturais de concreto e indica ensaios para a avaliação do comportamento mecânico do CRF.

Essa Prática foi concebida para o projeto de elementos estruturais em concreto reforçado com fibras por análise elástica linear ou não linear, plástica ou por meio de modelos físicos. “A Prática contempla uma divisão de dois grupos de estruturas: elementos estruturais de CRF que apresentam capacidade de redistribuição de esforços, considerando a interface com o meio elástico (Grupo A) e outros elementos estruturais de CRF, como elementos lineares, de superfície ou de volume (Grupo B)”, esclareceu Cárnio no lançamento e apresentação da publicação.

Baseada nas referências normativas Mode Code 2010 da fib e no Anexo 14 da Instrução do Concreto Estrutural do Governo Espanhol, a Prática Recomendada está também alinhada com as discussões do Subcomitê de materiais não convencionais de

#### ► Principais Atividades dos Comitês Técnicos em 2016

CT -201 Comitê Técnico IBRACON de Reação Alkali Agregado	Elaboração dos textos-base entregues à ABNT como colaboração à revisão da ABNT NBR 15577, norma brasileira que estabelece os requisitos e critérios para avaliação e prevenção da reação álcali-agregado (composta de seis Partes) Desenvolvimento da Prática Recomendada “Aplicação da ABNT NBR 15577 para avaliação e prevenção da RAA”
CT -202 Comitê Técnico IBRACON de Concreto Autoadensável	Elaboração dos textos-base entregues à ABNT como colaboração à revisão da ABNT NBR 15823, norma que estabelece como deve ser realizado o controle e a aceitação do concreto autoadensável no estado fresco e traz o detalhamento dos ensaios (composta de seis Partes) Realização do III Seminário sobre Pesquisas e Obras em Concreto Autoadensável, realizado durante o 58º CBC
CT-303 Comitê IBRACON/ABECE de Uso de Materiais Não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras	Realização do Workshop Internacional sobre Concreto Reforçado com Fibras, em abril deste ano nas dependências da Escola Politécnica da USP Desenvolvimento da Prática Recomendada “Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado Com Fibras”
CT-402 Comitê IBRACON de Ensaios Não Destrutivos	Elaboração dos textos-base entregues à ABNT como colaboração à revisão das ABNT NBR 8802 (ensaio de ultrassonografia em concreto endurecido) e ABNT NBR 7584 (ensaio de avaliação da dureza superficial do concreto por esclerometria) Desenvolvimento da Prática Recomendada de Ensaios não Destrutivos, a ser lançada em breve Realização do Simpósio de Ensaios não Destrutivos para avaliação das estruturas de concreto, realizado durante o 58º CBC
CT-801 Comitê IBRACON de Atividades Estudantis	Realização de quatro Concursos Técnicos Estudantis (Concrebol, APO, COCAR e Ousadia) durante o 58º CBC

reforço estrutural do Comitê de concreto, concreto armado e concreto protendido da ISO (ISO/TC71, Concrete, reinforced concrete and pre-stressed concrete, SC 6, Non-traditional reinforcing materials for concrete structures), por ter a professora da Universidade de Minas Gerais, Sofia Diniz, como representante da ABNT na ISO e como membro do Comitê Técnico de Atividades (CTA) do IBRACON, que dá suporte às atividades de seus Comitês.

Com 39 páginas, a Prática, em formato e-book, foi editada pelo IBRACON/ABECE e contou com o patrocínio da Arcelor Mittal, Owens Corning e Braskem.

Segundo a Superintendente do ABNT/CB-18 (Comitê Brasileiro de Ci-



**Eng. Inês Battagin em sua apresentação do balanço das atividades dos Comitês Técnicos em 2016**

mento, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas) e Diretora Técnica do IBRACON, Enga. Inês Battagin, com a publicação desta e de outras práticas relacionadas ao concreto reforçado com fibras, o IBRACON e a ABECE esperam contribuir para desenvolver uma norma brasileira sobre CRF.

Estão previstas, como resultados dos trabalhos no CT-303, práticas re-

comendadas sobre controle da qualidade do CRF, controle do teor de fibras no estado fresco, macrofibras poliméricas para concreto estrutural, macrofibras de vidro álcali-resistentes para concreto estrutural, caracterização do CRF por flexão de prismas com entalhes e por duplo punção.

**FÁBIO LUÍS PEDROSO**



## Revista CONCRETO & Construções

A revista CONCRETO & Construções é o veículo impresso oficial do IBRACON.

De caráter científico, tecnológico e informativo, a publicação traz artigos, entrevistas, reportagens e notícias de interesse para o setor construtivo e para a rede de ensino e pesquisa em arquitetura, engenharia civil e tecnologia.

Distribuída em todo território nacional aos profissionais em cargos de decisão, a revista é a plataforma ideal para a divulgação dos produtos e serviços que sua empresa tem a oferecer ao mercado construtivo.

**PARA ANUNCIAR**  
Tel. 11- 3735-0202  
arlene@ibracon.org.br

### Formatos e investimentos

Formato	Dimensões	R\$
2ª Capa + Página 3	42,0 x 28,0 cm	9.650,00
Página Dupla	42,0 x 28,0 cm	8.550,00
4ª Capa	21,0 x 28,0 cm	6.530,00
2ª, 3ª Capa ou Página 3	21,0 x 28,0 cm	6.290,00
1 Página	21,0 x 28,0 cm	5.860,00
2/3 de Página Vertical	14,0 x 28,0 cm	4.390,00
1/2 Página Horizontal	21,0 x 14,0 cm	3.190,00
1/2 Página Vertical	10,5 x 28,0 cm	3.190,00
1/3 Página Horizontal	21,0 x 9,0 cm	2.750,00
1/3 Página Vertical	7,0 x 28,0 cm	2.750,00
1/4 Página Vertical	10,5 x 14,0 cm	2.380,00
Encarte	Sob consulta	Sob consulta

**Periodicidade** Trimestral  
**Número de páginas** 100  
**Formato** 21 x 28 cm  
**Papel** Couché 115 g  
**Capa plastificada** Couché 180 g  
**Acabamento** Lombada quadrada colada  
**Tiragem** 5.000 exemplares  
**Distribuição** Circulação controlada

Consulte o perfil dos profissionais e o ramo de atuação das empresas do mailing:  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) (link "Publicações")



# Seminário debate o que deve mudar nos cursos, nos professores e nos alunos para formar mais e melhores engenheiros civis

**P**or que a evasão nos cursos de engenharia no Brasil é tão alta? Por que os alunos parecem desmotivados nas salas de aula? Qual é o perfil atual do aluno brasileiro dos cursos de engenharia? A formação do engenheiro tem atendido bem as demandas econômicas e sociais? O ensino evoluiu com a mudança de perfil dos alunos e com o extraordinário desenvolvimento tecnológico do século XX? A qualidade dos cursos brasileiros de engenharia é boa? Existe necessidade de se expandir a formação de engenheiros no país?

Essas e outras questões permearam as discussões no I Seminário IBRACON sobre o Ensino de Engenharia Civil, ocorrido no dia 13 de outubro como evento paralelo do 58º Congresso Brasileiro do Concreto, no Minascentro, em Belo Horizonte.

Segundo o Censo da Educação Superior e o portal do Ministério da Educação (e-MEC), existem atualmente no país cerca de 4446 cursos de engenharia em todas as modalidades (civil, produção, mecânica, elétrica, química, etc.), mais da metade deles em facul-



**Prof. Marcos Tozzi em momento de sua palestra sobre ameaças e oportunidades no ensino de engenharia no Seminário**

dades e universidades privadas. São formados por ano em torno de 60 mil engenheiros, número que poderia praticamente dobrar se a evasão nesses cursos não fosse tão elevada – média de quase 50%, segundo cálculo do professor da Universidade Federal de Juiz de Fora, Vanderli Fava de Oliveira.

Para o vice-presidente da Associação Brasileira de Educação de Engenharia (Abenge), Marcos José Tozzi, um dos palestrantes no Seminário, o cenário clama por mudanças na formação

dos professores e alunos. Ele exemplificou que os estudantes de engenharia são bastante criativos, mas demasiadamente arrogantes. Já os docentes raramente possuem uma formação pedagógica adequada, carecendo de teorias sobre o processo de aprendizagem professor-aluno, de métodos mais eficazes de avaliação dos alunos e de uma postura de humildade em sala de aula. Para Tozzi, o ensino de engenharia no país também precisa mudar para uma abordagem do aprendizado



**Aluno Vinícius Caruso comenta Carta de Belo Horizonte, manifesto dos alunos para melhorar o ensino de engenharia civil no país**

baseado em casos práticos. “É preciso fazer para aprender!”, vaticinou.

A palestra de Tozzi sobre as oportunidades e ameaças no ensino de engenharia civil foi a deixa para a leitura de um manifesto dos estudantes no qual é apontada a falha no ensino de engenharia no país em oferecer oportunidades para aplicar os conhecimentos repassados em salas de aula – razão indicada para a desmotivação dos alunos nos cursos.

A Carta de Belo Horizonte (leia nesta edição) foi escrita pelos estudantes dos cursos de engenharia civil, participantes dos concursos técnicos do IBRACON, vistos por eles como uma atividade complementar necessária para sua boa formação. “Com minha participação nos concursos do IBRA-

CON, tive pessoalmente que realizar ensaios no laboratório, aprender por conta própria o que não havia aprendido nas aulas e me habilitar a vencer os desafios propostos nos concursos por meio de tentativas e erros”, testemunhou o aluno da Universidade Mackenzie, Vinícius Caruso, a quem

coube a leitura do manifesto.

Este espírito empreendedor foi a tônica da palestra do presidente do Instituto Ermínia Sant’Ana, Ruy Sant’Ana, com foco na formação profissional continuada. Com o advento da internet, as fontes de conhecimento diversificaram-se e estão acessíveis a qualquer aluno que disponha de um computador ou celular e de uma conexão à web. Ruy citou:

- ▶ *Open Course Ware*, plataforma online que disponibiliza 2340 cursos de graduação e pós-graduação do Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT);
- ▶ *i Tunes U*, que oferece cursos das universidades de Harvard, Stanford, Oxford, Yale, entre outros;

▶ Vídeos do *TED (Technology, Entertainment and Design)*, programa de imersão de especialistas em tecnologia, entretenimento e criação, com duração de uma semana, realizado duas vezes por ano – o programa já reuniu mais de 1200 especialistas e redundou em mais de 2300 palestras sobre os mais diversos assuntos, como as de Laurent Alexandre (nanotecnologia, ciências cognitivas, informática e biotecnologia), Ray Kurzweil (pensamento híbrido e inteligência artificial), Sergei Brin (inteligência artificial) e Elon Musk (carro elétrico popular, empresa de locação de energia solar e foguete completamente reutilizável).

“Descubra seu talento, tenha amor pelo que faz, trabalhe duro e aproveite as oportunidades! Este é o segredo para o sucesso”, aconselhou Ruy Sant’Ana.

**NOVA ESTRUTURA CURRICULAR**

Para formar essas e outras competências nos alunos de engenharia civil a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), herdeira de uma estrutura político-pedagógica das universidades alemãs, iniciou um trabalho de reestruturação curricular nos anos



**Prof. Ruy Sant’Ana (esq.), ladeado pelos coordenadores do Seminário, Luís Cesar De Luca e César Daher, em momento de sua palestra sobre educação continuada**



1990. Oito professores visitaram, durante 40 dias, escolas europeias e americanas de engenharia, para conhecer os princípios, o conteúdo, a carga horária e as perspectivas de pesquisas nessas escolas de excelência. Em seguida, foi criada uma comissão de reestruturação dos cursos de graduação da Poli-USP, cujos trabalhos redundaram, em 1998, numa nova estrutura curricular, com redução da carga horária (32h para 28h semanais), para possibilitar aos alunos fazerem estágios; na formação pedagógica dos seus professores, com o oferecimento de cursos de pedagogia para melhoria do desempenho didático dos docentes; e na estruturação do trabalho de formatura como momento para o aluno acompanhar criticamente um projeto ou obra de grande porte.

Dez anos depois, tiveram início na Poli-USP as discussões para uma transformação radical do ensino de graduação, com a criação de uma comissão de graduação, um website para receber sugestões de mudanças de alunos e ex-alunos e uma comissão de notáveis, formada por presidentes e diretores de grandes empresas, governos e instituições, para indicar suas necessidades atuais e futuras em termos de competências almejadas na contratação de engenheiros civis. A comissão de graduação elaborou o plano político-pedagógico, com base nessas discussões e colaborações, descrevendo 17 competências mínimas comuns para os cursos de engenharia, sendo três básicas, seis profissionais e oito técnicas, entre as quais foram destacadas:

▶ aplicar conhecimentos matemáti-

cos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;

- ▶ projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
- ▶ conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- ▶ planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- ▶ identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- ▶ desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
- ▶ supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- ▶ avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- ▶ comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- ▶ atuar em equipes multidisciplinares;
- ▶ compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
- ▶ avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
- ▶ avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
- ▶ assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Segundo o professor José Tadeu Balbo, que participou da comissão de graduação e que fez o relato da reestruturação curricular da Poli-USP no Seminário, sua pedra angular foi dar maior flexibilidade e mobilidade aos estudantes entre os cursos de engenharia. A formação em ciências básicas (matemática, ciências naturais, ciência dos materiais e ciências sociais) foi reduzida para cinco semestres e a formação em ciências de engenharia (gerenciamento de empreendimentos, projeto, operação e manutenção), ampliada para oito semestres. Ao aluno é dada a liberdade de escolha em nove disciplinas,



**Prof. José Balbo em sua palestra sobre a reforma curricular na Poli-USP no Seminário**

para qualquer uma oferecida pela USP. A primeira disciplina para a habilitação é cursada no primeiro semestre, sendo que a habilitação é obtida no oitavo semestre. A carga horária de 28h semanais é reduzida para 24h no oitavo semestre. O último ano, com carga horária de 20h semanais, foi transformado em módulo de formatura, no qual existe a possibilidade do aluno fazer seu trabalho de conclusão e o estágio supervisionado na modalidade de habilitação de sua escolha, ou iniciar o mestrado, cursando disciplinas para obter créditos para realizar o exame de qualificação.

## **MAIS ENGENHEIROS BEM FORMADOS**

As mudanças e propostas discutidas no Seminário para os cursos de engenharia no país miraram as posturas éticas, pessoais e coletivas, bem como as competências técnicas, comunicativas e de relacionamento, imprescindíveis para que os engenheiros formados sejam habilitados a enfrentarem os desafios do milênio com relação às necessidades humanas por infraestrutura, habitação, mobilidade urbana, saneamento básico, geração de energia, sustentabilidade no setor construtivo,

O Brasil é um país por se construir. Seu desenvolvimento interessa a cada cidadão. Dado o verbo que se usou (construir), parte dos desafios que devem ser enfrentados diz respeito à infraestrutura. Há os entraves de mobilidade urbana; déficit habitacional; saneamento básico e a problemática da geração de energia.

O objetivo deste manifesto não é o de enfatizar esses problemas. Mas o de discorrer sobre um fato, unânime: para o enfrentamento dessas questões, o Brasil precisa de Engenharia Civil. O Brasil precisa de bons Engenheiros Civis. Para tanto, vamos direto ao ponto: a evasão nos cursos de engenharia. Muito se fala a respeito, pouco se faz. A maioria das falas atribui o problema ao frágil Ensino Médio. Pouco se fala da desmotivação dos alunos. As Escolas de Engenharia raramente conseguem sair do trinômio sala de aula/listas de exercícios/provas. Entendemos que a prática da Engenharia é muito mais do que isto.

A sala de aula imobiliza, torna o aprendizado passivo. Provas são método de avaliação questionável. Como instrumento estatístico, as chances de erro são grandes: seja por sua má formulação, seja pelo preparo inadequado por parte dos alunos ou por problemas emocionais deles. Oportunamente, deve-se lembrar que engenheiros civis não são contratados para fazer provas, mas fazer projetos, obras ou atividades relacionadas a esses processos.

Vivemos no século XXI, no qual a informação exerce predominância. Frações de segundos são suficientes para que uma enxurrada de dados apareçam. Os estudantes são ágeis, impacientes, questionadores. O conteúdo dado no curso deve ser absorvido na maior proporção possível. É preciso que ocorra a síntese do conhecimento, englobando todas as áreas da engenharia, e que as atividades extrapolem o momento da exposição em sala de aula ou a realização de exercícios, repetidos e mecânicos. É importante deixar claro que esses são processos indispensáveis para a construção do conhecimento, mas não podem ser os únicos. É necessário preparar o aluno para manter postura ativa frente aos desafios profissionais. Fazê-lo sedento pela descoberta do conhecimento, da lógica dos processos, da resolução de problemas.

O engenheiro é prático. Dessa maneira, trabalhar a teoria sem apontar aonde ela será aplicada é um erro. Sempre que possível, esta ação deve acontecer in loco, por meio do contato com situações e ambientes reais. É de grande importância privilegiar na grade curricular a visão de empreendimento: porque e como se identifica a necessidade de uma intervenção de engenharia, como se projeta, como se executa/fiscaliza a obra, como recursos são captados/geridos para sua viabilização, e como se dão os processos que envolvem tópicos jurídicos e ambientais.

entre outras. Neste sentido são propostas que se inserem num contexto de transformação do ensino de engenharia no país e no mundo. Certamente nessa transformação se inclui a evolução paulatina da qualidade dos cursos de engenharia no Brasil. Dados de 2014 do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinae) do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep), vinculado ao Ministério da Educação (MEC), mostraram que mais de 60% dos 239 cursos de engenharia civil avaliados em 2014 tiveram nota 3, enquanto apenas 25% desses cursos tiveram nota 4 e 5. Considerando apenas a nota dos alunos no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), o quadro piora: quase 50% dos alunos tiraram notas 1 e 2.

“Os engenheiros profissionais atualmente no mercado de trabalho brasileiro têm dificuldades com a gestão de proje-

tos, de obras e de recursos, não tem uma boa comunicação oral e escrita, e carecem de liderança e de uma boa atuação em equipes multidisciplinares”, avaliou Tozzi.

Por outro lado, o Brasil, país por se construir, segundo dizem os alunos na Carta de Belo Horizonte, tem atualmente cerca de apenas 500 mil engenheiros civis no mercado de trabalho, com uma taxa de apenas 2,22 engenheiros por mil habitantes, bem abaixo da média mundial de 9,13, segundo dados da publicação “Fortalecimento das Engenharias”, publicado em 2015 pela organização Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI).

Os dados das pesquisas revelam que o país precisa de mais e melhores engenheiros civis.

#### MESA-REDONDA

No final das apresentações, os palestrantes juntaram-se aos professores

Eliana Monteiro, Paulo Helene, Luiz Prudêncio, presentes no auditório, ao aluno Vinícius Caruso e aos coordenadores do Seminário sobre Ensino de Engenharia Civil, César Daher e Luís César De Luca, numa mesa-redonda para debater, com o público presente, as ações para alavancar o ensino de engenharia civil no Brasil. Das discussões surgiram as seguintes propostas gerais:

- ▶ Necessidade de mudanças nas estruturas curriculares das instituições de ensino superior, implementadas por meio de programas de reestruturação que abram espaço para sondar os interesses dos alunos e ex-alunos, que procurem eliminar, onde possível, os pré-requisitos para cursar disciplinas e que enfatizem a área de detalhamento de projetos;
- ▶ Adoção de novas metodologias de ensino-aprendizagem, que façam com que o aluno deixe de ser o

## civil brasileira: motivar para construir

Não é possível que o estudante não tenha motivação para frequentar a faculdade. É preciso estimulá-lo a gostar do que faz, tornando essa atividade envolvente, prazerosa. Não há como melhorar o nível do ensino sem que existam alunos motivados.

É neste sentido, de motivar, que os concursos técnicos (APO, CONCREBOL, COCAR e OUSADIA) promovidos pelo IBRACON funcionam. Todos apresentam elevado rigor técnico e provocam positivamente os alunos a buscar soluções que compreendem vários tópicos estudados nas cadeiras de Materiais de Construção, Análise Estrutural e Estruturas de Concreto. Para tanto, há que se ter trabalho em equipe, aplicar corretamente as normas técnicas pertinentes, praticar ferramentas de gestão para organização da viagem para o CBC, captar e gerir recursos, dialogar com empresas para obtenção de insumos e manipular de ferramentas de comunicação.

A convivência entre alunos é outro aspecto a ser observado, pelo intercâmbio cultural que é realizado. Ademais, há a desconexão das disciplinas do chamado “ciclo básico” com as disciplinas do “ciclo profissionalizante”. O problema não está no ciclo básico em si, já que ele é o responsável por moldar o raciocínio lógico e objetivo do engenheiro. A falha está na falta de oportunidades para aplicar esses conhecimentos. Os concursos são ótimos para tal.

Entendemos que a prática dos concursos precisa ser ampliada para outras áreas da Engenharia Civil, inclusive podendo ser pensada como método de avaliação em alguns casos e/ou como uma atividade complementar obrigatória para a obtenção da habilitação profissional, por meio dos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia.

Este documento não sugere acabar com as práticas tradicionais, mas questioná-las como “verdade absoluta”. A mudança é lenta, mas é preciso que ela comece em algum momento. Queremos reunir compromissados com o aperfeiçoamento dos cursos de Engenharia Civil no Brasil. Queremos ações práticas, e o engajamento do governo, mercado, sociedade civil e academia.

Só assim é que será possível projetar e construir o Brasil concreto.

Belo Horizonte (MG), outubro de 2016.

**ENG. JÉSSICA PACHECO**

DIRETORA DE ATIVIDADES ESTUDANTIS, REPRESENTANDO OS ESTUDANTES DE ENGENHARIA CIVIL PERTENCENTES ÀS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR LOCALIZADAS EM TODO TERRITÓRIO NACIONAL, PARTICIPANTES DOS CONCURSOS TÉCNICOS DO IBRACON



Mesa-Redonda para discutir com o auditório o Ensino de Engenharia Civil no país, formada ao final do Seminário

objeto da aprendizagem para ser o sujeito do conhecimento, priorizando métodos que façam o aluno aprender com a prática, principalmente com seus erros, bem como integrando nas salas de aula as novas tecnologias de informação e comunicação;

- ▶ Definição de novos critérios para a contratação de professores, sendo a formação pedagógica e a didáti-

ca de ensino critérios fundamentais para a admissão de professores;

- ▶ Busca de incentivo governamental para a graduação semelhante ao incentivo dado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) aos cursos de pós-graduação.

“O IBRACON espera que este seminário seja o primeiro de muitos. Espera-

mos com as discussões e seu devido encaminhamento contribuir para que o ensino da engenharia civil no país seja gratificante, com professores que amam ensinar e alunos motivados a aprender e aplicar seus conhecimentos”, avaliaram os coordenadores do Seminário, professores Daher e De Luca.

**FÁBIO LUÍS PEDROSO**

# Normas brasileiras sobre BIM

WILTON SILVA CATELANI – COORDENADOR

COMISSÃO DE ESTUDO ESPECIAL DE MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO,  
DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT/CEE-134)

EDUARDO TOLEDO SANTOS – PROFESSOR

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO (EPUSP)

## I. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é pouco eficiente, consumindo e desperdiçando muitos recursos materiais e humanos.

Outro aspecto intrínseco aos processos e atividades realizados na construção civil é a necessidade de lidar com um volume gigantesco de dados, e o envolvimento de muitas pessoas e organizações que possuem motivações diversas, limitações e capacitações diferentes, de realizar inúmeros processos e dezenas de trocas de informações durante a realização de qualquer empreendimento, mesmo os mais simples.

O pesquisador alemão Thomas Bock, líder da área de construções e robótica da Universidade Técnica de Munique, publicou no ano passado um artigo [1] no qual afirma que os métodos convencionais da construção civil já teriam alcançado seus limites de produtividade e que, portanto, nesse quesito, importantíssimo, a indústria estaria estagnada já há alguns anos. Como evidência, compara dados de produtividade da mão de obra de outras indústrias, com a construção civil. Os dados foram coletados no Japão entre 1990 e 2010. Em 90, os índices médios de produtividade da indústria da construção era 3,714 yens/homem-hora (na média, uma hora de trabalho de um homem, gerava 3,714 yens – de valor reconhecido pela indústria – similar ao conceito de

VGv – Valor Geral de Venda usado no Brasil); e nessa mesma unidade de medida, o da indústria de manufatura era de 3,531 e o da indústria como um todo era de 3,449. Após 10 anos, em 2010, a indústria de manufatura evoluiu para 5,023, enquanto a indústria como um todo alcançou 4,496 e a construção civil reduziu para 2,817 yens/homem-hora.

Frente a esse diagnóstico a questão que se coloca mais uma vez é aquela já enunciada por Barros e Cardoso (2011) [2]: como fazer para “[...] produzir mais, com a qualidade requerida, em menos tempo, com menores custos, ao longo do ciclo de vida de um objeto construído, e de forma sustentável [...]” na indústria da construção civil?

Qualquer resposta passa, inexoravelmente, pela necessidade da inovação e mudanças.

O *Building Information Modeling (BIM)* ou Modelagem da Informação da Construção é um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permite que várias partes interessadas possam, de maneira colaborativa, projetar, construir e operar uma edificação ou instalação [3] (BIMDICTIONARY, 2016).

Segundo Bilal Succar [4], “a adoção BIM atualmente é a expressão de inovação para a indústria da construção civil”, a tal ponto que, em alguns países, como Reino Unido, Cingapura e Chile, o BIM foi definido como uma estratégia

nacional. A razão é que seus benefícios são inúmeros e alcançam toda a cadeia da Construção. Entretanto, BIM não é um conceito fácil de ser corretamente entendido, e esse é um dos principais entraves que explicam porque tem demorado tanto o crescimento da sua adoção em alguns mercados.

No Brasil, por uma iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) em 2009, foi criada a Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, ABNT/CEE-134, que foi incumbida de desenvolver normas técnicas sobre BIM. Três atividades foram definidas como os temas iniciais de trabalho da Comissão:

- tradução da norma ISO 12006-2;
- desenvolvimento de um sistema de classificação para a Construção e;
- desenvolvimento de diretrizes para criação de componentes BIM.

Já no ano seguinte foi publicada a norma ABNT NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação – Organização de informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação de informação, que define diretrizes e uma estruturação para a concepção de sistemas de classificação das informações da Construção, permitindo o desenvolvimento de sistemas de classificação compatíveis internacionalmente.

Para a segunda ação, tomando essa Norma como referência, e

tendo como texto-base o sistema de classificação norte-americano Omni-Class™, foi iniciado o desenvolvimento do sistema brasileiro, descrito na seção 2 deste trabalho.

Em julho de 2012, decidiu-se criar um grupo de trabalho no âmbito da ABNT/CEE-134 para desenvolver a terceira atividade planejada: o Grupo de Trabalho de Componentes BIM (GT). As principais diretrizes desta frente de trabalho e alguns dos resultados serão descritos oportunamente, num segundo artigo.

## 2. O SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO

Num mundo ideal não seria preciso iniciar nenhum trabalho do zero e sempre seria possível aproveitar o esforço já feito por alguns e então, partindo do ponto que eles conseguiram alcançar, iniciar uma nova etapa de desenvolvimento. Mesmo a realização de atividades simples como, por exemplo, a tarefa de dar nome aos componentes, funções e processos, pode gerar mal entendidos e retrabalhos. Uma questão crítica à construção civil é a padronização das informações utilizadas, que pode contribuir para a viabilização do trabalho colaborativo.

Primeira norma técnica BIM Brasileira, a ABNT NBR 15965 é um sistema de classificação das informações que oferece à indústria da construção a possibilidade de padronização para o todo país da nomenclatura utilizada nos seus processos. Embora exista uma organização hierarquizada dentro de cada uma de suas várias tabelas, o sistema de classificação da ABNT NBR 15965 utiliza uma classificação “facetada”. Essa requer a uti-

**▶ Quadro 1 – As tabelas da ABNT NBR 15965**

Tema	Assunto	Tabela
Características dos objetos	Materiais	0M
	Propriedades	0P
Processos	Fases	1F
	Serviços	1S
	Disciplinas	1D
Recursos	Funções	2N
	Equipamentos	2Q
	Componentes	2C
Resultados da construção	Elementos	3E
	Construção	3R
Unidades e espaços da construção	Unidades	4U
	Espaços	4A
Informação da construção	Informação	5I

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15965-1:2011.

lização e a combinação de diversos termos, com seus correspondentes códigos, oriundos de diferentes tabelas, para a discriminação completa de um componente, recurso, processo ou resultado gerado.

A ABNT NBR 15965 é composta por 13 Tabelas. Como a maioria das Normas Brasileiras está sendo desenvolvida a partir de um “texto-base” que, no caso específico, são as 15 tabelas OmniClass™ ([www.omniclass.org](http://www.omniclass.org)), um sistema de classificação aberto, criado para o mercado da construção da América do Norte.

Convém ressaltar que os conteúdos das tabelas propostas na norma brasileira não são uma simples tradução das tabelas da Omniclass™. De fato estão sendo retirados itens que correspondem a técnicas e sistemas construtivos utilizados tipicamente na indústria da construção norte-americana, e estão sendo incluídas soluções construtivas, técnicas e componentes específicos do Brasil. A abrangência

do sistema de classificação dessa Norma inclui toda a Indústria da Construção Civil, considerando os setores de Edificações e Infraestrutura e também o Industrial, como de mineração e de extração de petróleo e gás.

Cada uma das tabelas que compõem o sistema foi cuidadosamente conceituada e definida (Quadro 1).

Cada tabela contém duas colunas: uma com o código de classificação organizado hierarquicamente e outra com o termo padronizado (Quadro 2).

A seguir são descritas as tabelas cujos conceitos e usos são de mais difícil compreensão.

### 2.1 As tabelas de Unidades e Espaços da construção (4U e 4A)

A Tabela 4U lista todas as unidades (ou construções) que podem ser produzidas pela indústria da construção civil, de acordo com suas formas e seus usos.

► Quadro 2 – Exemplo de tabela da ABNT NBR 15965 (trecho da Tabela OM – Materiais)

Código					Termo		
<b>OM.</b>	<b>10.</b>	<b>00.</b>			<b>Elementos químicos</b>		
	OM.	10.	10.	00.	Elementos sólidos		
		OM.	10.	01.	Carbono		
		OM.	10.	03.	Silício		
	OM.	10.	30.	00.	Elementos líquidos		
		OM.	10.	01.	Mercurio		
	OM.	10.	40.	00.	Elementos gasosos		
		OM.	10.	01.	Hidrogênio		
<b>OM.</b>	<b>20.</b>	<b>00.</b>	<b>00.</b>			<b>Compostos sólidos</b>	
	OM.	20.	10.	00.	Compostos minerais		
		OM.	20.	01.	00.	Rochas	
			OM.	20.	01.	01.	Granitos
			OM.	20.	01.	03.	Mármore

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15965-2:2012.

Suas definições são as seguintes:

- **Unidades pela Forma:** são unidades definíveis do ambiente construído, compostas de espaços e elementos inter-relacionados classificados pela forma; uma entidade construída é completa e pode ser vista separadamente, sem ser parte integrante de outra unidade

de maior; não define funções - um arranha-céu (edifício de grande altura) pode ter diferentes usos (residencial, comercial, etc.).

- **Unidades pela Função:** unidades definíveis do ambiente construído, compostas de espaços e elementos inter-relacionados caracterizados pela função; uma entidade construída é completa e pode ser vista separadamente, sem ser parte integrante de outra unidade maior; função é o propósito de uso de uma entidade construída e é definida pela ocupação principal e não necessariamente por todas as atividades que podem ser acomodadas na entidade; funções podem determinar formas (ex. Estádio de Basebol); por outro lado, uma mesma entidade construída pode acomodar diferentes funções ao longo de sua vida útil (um edifício de 2 pavimentos pode ser residencial, educacional ou comercial).

A Figura 1 ilustra a classificação de construções (unidades construí-

das) pela forma, enquanto a Figura 2 mostra a classificação de uma mesma edificação (mesma forma) pela função.

A Tabela 4A lista todos os diferentes espaços de uma construção, tais como: sala de estar, quarto, vestiário, estúdio, sala de cirurgia, cofre, etc.

## 2.2 As tabelas de Elementos (3E), Componentes (2C) e de Resultados da construção (3R)

A Figura 3 ilustra uma situação no



► **Figura 1**

As unidades construídas podem ser classificadas de acordo com sua forma, por exemplo, uma residência unifamiliar, um prédio médio e um edifício de 30 pavimentos

Fonte: Imagens livres e autores



► **Figura 2**

A mesma edificação, por exemplo, um prédio de 5 andares, pode ser utilizada tanto para abrigar um pequeno hospital quanto uma escola

Fonte: Adaptada de imagens livres pelos autores



início do desenvolvimento de um empreendimento. Sabe-se que a edificação terá janelas - que precisam ser consideradas numa estimativa inicial de custos - mas ainda não se definiram o material de que serão construídas nem seus sistemas de abertura ou seus detalhes.

A Tabela 3E tem justamente a função de listar esses “Elementos”, cuja definição é:

► **Elementos:** um elemento é um componente principal, uma montagem ou “uma entidade da construção ou parte que, por si só ou combinada com outras partes, desempenha uma função predominante na entidade construída”; funções predominantes podem ser, por exemplo: estruturar, vedar, realizar serviços numa instalação ou edificação; funções predominantes podem também incluir um processo ou uma atividade; elementos principais podem ser compostos de muitos subelementos (por exemplo, a Cobertura de uma edificação pode ser composta pela estrutura, fechamento externo e telhado); são utilizados nas fases mais iniciais dos projetos, sem a definição de um material ou de uma solução técnica; para cada elemento, existem diversas e diferentes soluções técnicas capazes de garantir sua função elementar (exemplos: Pisos estruturais, Paredes Externas, Escadas, Mobiliário, etc).

Então, quando ainda não se sabe de que material ou que tipo específico de solução técnica será aplicado a alguma parte de uma construção, utiliza-se a Tabela 3E - Elementos para a codificação.



► **Figura 3**

O uso de “elementos” nas fases mais iniciais de desenvolvimento de um empreendimento

Fonte: Autores

Um dos principais usos da tabela de elementos é o desenvolvimento de orçamentos e estimativas de custos.

Com a evolução dos esforços de projeto e especificação de um determinado empreendimento chegará a uma fase em que já se conhecem os fabricantes específicos e modelos dos componentes que serão incorporados na edificação. Então, pode-se utilizar o conteúdo da Tabela 2C – Componentes:

► **Componentes** são produtos ou montagens para incorporação permanente em entidades construídas; componentes são os blocos básicos utilizados para construção; um componente pode ser um único item industrializado, uma montagem industrializada composta de várias partes, ou um sistema operacional isolado e industrializado; essa tabela identifica produtos singulares, categorizadas por número e nome numa única localização.

Já a Tabela 3R – Resultados da construção, fornece classificação para um dado componente em fun-

ção de sua aplicação no empreendimento (produto aplicado/instalado).

Por exemplo, um painel de vidro temperado, que tenha 8mm de espessura, 210cm de altura e 70cm de largura: enquanto componente ou produto utilizável na indústria da construção civil, esse painel de vidro pode ser classificado com a utilização de um código da Tabela 2C – Componentes (Figura 4). Entretanto, esse mesmo painel poderia ser aplicado em diferentes partes específicas de uma edificação: numa área molhada, compondo um box de chuveiro; como o tampo de uma mesa; como divisória interna de uma



► **Figura 4**

Exemplo de um componente comumente fabricado, comercializado e utilizado pela indústria da construção

Fonte: Adaptado de imagens livres



► **Figura 5**  
Exemplos do resultado da aplicação de um mesmo componente

Fonte: Adaptado de imagens livres

sala de reuniões ou até mesmo como sinalização visual externa, como ilustrado na Figura 5.

Portanto, nesse exemplo, embora o painel de vidro, enquanto componente ou produto em si, possa ter um código da Tabela 2C – Componente, depois de aplicado (e é preciso considerar que sua aplicação pode ser muito diversa, como exemplificado na Figura 5) receberia um código da Ta-

bela 3R – Resultados da Construção, cuja conceituação é:

► **Resultados da Construção** são resultados alcançados na fase de produção ou pelos subsequentes processos de alteração, manutenção ou demolição, que podem ser identificados por um ou mais dos seguintes aspectos:

- Uma habilidade particular ou empresa especializada envolvida;

- Determinados recursos construtivos utilizados;
- Determinada parte da construção que resulta;
- O trabalho temporário ou preparatório que resulta;
- Representa uma entidade completa que passa a existir após a utilização de todas as necessárias matérias-primas, esforço humano e trabalho de equipamentos e processos, que tenham sido fornecidos e realizados para sua finalização;
- Podem ser montagens de diferentes produtos industrializados, ou um único produto, ou ainda envolver apenas mão de obra para o alcance de um resultado desejado e planejado como a escavação de valas.

Exemplos: Concreto moldado *in loco*, Revestimento cerâmico, Iluminação interna, Trilhos.

### 3. EXEMPLOS DE USOS PRÁTICOS DA ABNT NBR 15965

As tabelas de classificação podem ser utilizadas para criar EAPs (Estrutura Analítica de Projeto) padronizadas, que poderão ser corretamente entendidas e interpretadas, não apenas por pessoas (HHI – Interações entre Humanos e Humanos), mas também por diferentes softwares (CCI – Interações entre Computador e Computador) (Figura 6).

A Figura 7 indica quais tabelas da norma poderiam ser utilizadas para a codificação de composições de custos para orçamentos.

Embora ainda não tenha sido completamente publicada, a ABNT NBR 15965 já foi utilizada em projeto



► **Figura 6**  
Ilustração de um possível uso prático da Tabela 4U da ABNT NBR 15965

Fonte: Autores

real, e muito ambicioso, de implantação BIM, na CCDI – Camargo Corrêa Desenvolvimento Imobiliário [5] (TRINIDADE et al., 2016).

#### 4. ESTADO ATUAL DOS TRABALHOS EM DESENVOLVIMENTO DA ABNT NBR 15965

A Figura 8 demonstra como foi planejado o desenvolvimento da ABNT NBR 15965, mostrando que as partes 1, 2, 3 e 7 já foram publicadas, estando as demais em desenvolvimento.

Estão faltando apenas duas tabelas para serem trabalhadas e aprovadas na Comissão Especial de Estudos ABNT/CEE-134, a Tabela 2C – Componentes e a Tabela 3R – Resultados da Construção.

Essas duas tabelas faltantes impedem a finalização das partes 4 (Funções, Equipamentos e Componentes) e 5 (Elementos e Resultados da Construção).

#### 5. CONCLUSÃO

As normas brasileiras em desenvolvimento pela ABNT/CEE-134 visam organizar aspectos chave para a adoção de BIM no país. A disponibilidade de um sistema de classificação de informações codificado padronizado, além de facilitar muito a implementação de vários usos de BIM, incluindo orçamentação, planejamento e supri-

mentos, também significa a remoção de uma barreira para viabilização do

trabalho colaborativo na indústria da construção civil brasileira. ➡

**Exemplo → Composições de custos para orçamentos:**

<b>3R + 1S</b>	3R 04 22 23 23 XX 1S 70 25 11	Avenida de vedação e/ou bloco de concreto, 9 x 19 x 28 cm, esp. parede 9 cm, juntas de 10 mm c/ argamassa mista de cimento, cal hid. e areia sem poeira 1:2:11	m <sup>2</sup>	36,91
<b>2C</b>	2C 02 02 01 01 01 XX	Bloco de concreto de vedação (alt. 190 mm/comp: 280 mm/esp: 90 mm/resistência: 10 MPa)	un	13,5 1,43 19,31
	2C 02 01 01 11 11 XX	Areia lavada fina média	m <sup>3</sup>	0,0179 99,18 1,79
	2C 02 01 02 11 11 XX	Cimento Portland CP 34-E 32 pozivilizada (10,00 MPa)	kg	1,96 0,43 0,84
<b>2Q</b>	2Q 02 02 01 01 01 XX	Cal hidratada CP-III	kg	1,96 0,42 0,82
	2Q 01 01 01 01 01 XX	Esquadria, elétrica, potência 2 hp (1,5 kW), capacidade 400 l - vol. até 10.000 h	tp prod	0,0045 11,22 0,05
<b>2N + 1D</b>	2N 01 01 01 01 01 XX	Servicos	h	0,43 4,45 4,38
	1D 01 01 01 01 01 XX	Problema	h	0,80 3,31 3,73

**Argamassa:**  
 CENTRO DE MEDIÇÃO (C) Considera-se material e mão de obra para execução de serviço dentro do CENTRO DE MEDIÇÃO. For valores de argamassa preparada.  
 NORMAS TÉCNICAS NBR 15318 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos (NBR/Assoc. 08/2008)  
 NORMAS TÉCNICAS NBR 7220 - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassa magra (Assoc. 06/1988)

**Avenaria:**  
 CENTRO DE MEDIÇÃO (C) Considera-se material e mão de obra para preparo da argamassa e execução da estrutura. Considera-se preço de 7% dos blocos e 10% da argamassa.  
 NORMAS TÉCNICAS NBR 15318 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção - 18.13 - Métodos de proteção contra quedas de altura (NBR/Assoc. 02/1983)  
 CENTRO DE MEDIÇÃO Para assentamento, considerando chuma de 400 x 190 mm, igual a 1 m<sup>2</sup>, além do área superior a 1 m<sup>2</sup> desmonte apêndice e que exceder esse área.  
 NORMAS TÉCNICAS NBR 15318 - Blocos cerâmicos decorativos simples para alvenaria - Requisitos (NBR/Assoc. 10/2008)

► **Figura 7**  
Tabelas da ABNT NBR 15965 que podem ser utilizadas para a codificação de uma composição de custos unitários para orçamentos  
**Fonte:** Autores

Estrutura de Classes					NORMAS PUBLICADAS
<b>Classificação e Terminologia</b>					ABNT NBR 15965-1:2011
Identificador de Grupo	Tema	Assunto	Tabela	OMNICLAS S	
0	Características dos Objetos	Material	0M	41	ABNT NBR 15965-2:2012
		Propriedades	0P	49	
1	Processos	Fases	1F	31	ABNT NBR 15965-3:2014
		Serviços	1S	32	
		Disciplinas	1D	33	
2	Recursos	Funções	2N	34	Tabelas 2N-Funções e 2Q-Equipamentos já aprovadas em plenária. Tabela 2C-Componentes ainda incompleta
		Equipamentos	2Q	35	
		Componentes	2C	23	
3	Resultados da construção	Elementos	3E	21	Tab 3E-Elementos já aprovada em plenária 3R-Resultados em análise plenária
		Construção	3R	22	
4	Unidades e Espaços da construção	Unidades	4U	11 e 12	Tabela já aprovadas nas sessões plenárias e em fase final de revisão pelo coordenador.
		Espaços	4A	13 e 14	
5	Informação da construção	Informação	5I	36	ABNT NBR 15965-7:2015

► **Figura 8**  
Lista das partes nas quais foi planejada a elaboração da ABNT NBR 15965 com indicação das Tabelas que já foram publicadas e daquelas que ainda estão sendo desenvolvidas  
**Fonte:** Autores

#### ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] BOCK, T. The future of construction automation: Technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics. Automation in Construction. v.59, p.113-121, nov. 2015.
- [02] BARROS, M. S. B. e CARDOSO, F. F. Inovação: espiral ou carrossel do conhecimento?. Conjuntura da Construção, São Paulo, p. 10 - 11, jun. 2011
- [03] BIMDICTIONARY, Verbete Building Information Modelling. Disponível em: <http://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/>. Acesso em 11 out. 2016.
- [04] SUCCAR, B. and KASSEM, M. Building Information Modeling: Point of Adoption, CIB World Congress, Proceedings..., Tampere Finland, May 30 – June 3, 2016.
- [05] TRINDADE, L. D.; SALLES, C. C.; MARVEIS, L. D.; SANTOS, E. T. Building Information Models as the Basis of Business Strategy: A Case Study of an Integrated BIM-Based System for Construction Management. 33rd CIB W78 Conference 2016, Proceedings..., Oct. 31st – Nov. 2nd 2016, Brisbane, Australia.

# Novas normas brasileiras para controle e aceitação do concreto autoadensável

BERNARDO TUTIKIAN – PROFESSOR

UNIVERSIDADE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS)

RICARDO ALENCAR – GERENTE DE UNIDADE DE QUÍMICOS PARA CONSTRUÇÃO

ERCA BRASIL

INÊS LARANJEIRA DA SILVA BATTAGIN – SUPERINTENDENTE DO COMITÊ

BRASILEIRO DE CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS E DIRETORA TÉCNICA

ABNT/CB-18 | IBRACON

AUGUSTO GIL – ANALISTA DE PROJETOS

CRISTYAN RISSARDI – LABORATORISTA

ITT PERFORMANCE

## I. INTRODUÇÃO

O concreto autoadensável (CAA) é considerado por muitos autores como uma das maiores inovações em tecnologia do concreto dos últimos tempos. É um concreto que apresenta a capacidade de fluir livremente por seu peso próprio, sem a utilização de adensamento mecânico, capaz de manter a sua homogeneidade durante todas as etapas de execução, preencher completamente as fôrmas e passar habilidosamente por embutidos.

A utilização do CAA, tanto em canteiros de obras quanto na indústria de pré-fabricados, apresenta diversas vantagens, tanto durante o processo de execução quanto após a finalização das peças. Desenvolvido inicialmente para viabilizar a execução de concretagens em locais de difícil acesso, que impossibilitavam o uso de vibrador por imersão, teve seu uso disseminado para outras aplicações após constatada a economia de tempo proporcionada. Além disso, o uso do CAA resulta em peças com melhor acabamento superficial, permitindo a concretagem de elementos estruturais

de seções reduzidas, com grande liberdade de formas e dimensões. Durante o processo de execução, reduz a mão de obra no canteiro e os ruídos causados pelo processo, tornando o local de trabalho mais seguro e saudável aos trabalhadores e vizinhos [1].

O concreto autoadensável foi proposto por Okamura em 1986 no Japão, sendo que, o primeiro protótipo construído com o material foi concluído no ano de 1988. No Brasil, sua aplicação é amplamente difundida na indústria, onde verifica-se um crescimento constante e hoje seu emprego é estimado em 66,7% das empresas associadas à ABCIC [2]. Em canteiro, destaca-se a utilização do CAA em sistemas de paredes de concreto moldadas no local, além de diversas aplicações especiais.

O desenvolvimento normativo do CAA no mundo tem acompanhado o seu crescente uso. As normas mais antigas datam de pouco mais de uma década do seu lançamento, sendo que poucas delas já passaram por alguma revisão. Nos Estados Unidos, a *American Society for Testing and Materials (ASTM)* publicou sua primeira norma técnica

sobre o tema em 2005 e vem evoluindo constantemente, com a inclusão de novos métodos de ensaio. No Japão, berço do CAA, a *Japanese Standards Association (JSA)* publicou sua primeira norma em 2001, passando por diversas revisões e inovações. Apesar de o mercado europeu dispor de um guia acessível e explicativo sobre o assunto, publicado em 2002 pela *European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (EFNARC)*, sua primeira norma foi publicada apenas em 2010.

No Brasil, ABNT NBR 15823, composta de seis partes, foi publicada em 2010 e está passando por sua primeira revisão, que foi finalizada pela Comissão de Estudos durante o 58º Congresso Brasileiro de Concreto e, possivelmente, entrará em consulta nacional no próximo ano. A Norma aborda, além dos métodos de ensaio para comprovação das propriedades do CAA, os requisitos para seu controle e recebimento no estado fresco, considerando diferentes aplicações [3].

Na literatura técnica existem diversos métodos que permitem avaliar as quatro principais características que o

► Tabela 1 – Itens abordados pela EN 12350 e sua correspondência com a ABNT NBR 15823

Norma técnica europeia	Assuntos abordados	Norma técnica brasileira correspondente
<b>EN 12350-8:2010</b> Testing fresh concrete. Part 8: Self-compacting concrete – Slump-flow test	Determinação do espalhamento pelo método do cone de Abrams	<b>ABNT NBR 15823-2:2010</b> Concreto auto-adensável. Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams
<b>EN 12350-9:2010</b> Testing fresh concrete. Part 9: Self-compacting concrete – V-funnel test	Determinação da viscosidade plástica pelo método do funil V	<b>ABNT NBR 15823-5:2010</b> Concreto auto-adensável Parte 5: Determinação da viscosidade – Método do funil V
<b>EN 12350-10:2010</b> Testing fresh concrete. Part 10: Self-compacting concrete – L box test	Determinação da habilidade passante pelo método da caixa L	<b>ABNT NBR 15823-4:2010</b> Concreto auto-adensável Parte 4: Determinação da habilidade passante – Método da caixa L
<b>EN 12350-11:2010</b> Testing fresh concrete. Part 11: Self-compacting concrete – Sieve segregation test	Determinação da resistência à segregação (a Norma Europeia adota o método da peneira e a Norma Brasileira usa o método da coluna de segregação)	<b>ABNT NBR 15823-6:2010</b> Concreto auto-adensável Parte 6: Determinação da resistência à segregação – Método da coluna de segregação
<b>EN 12350-12:2010</b> Testing fresh concrete. Part 12: Self-compacting concrete – J-ring test	Determinação da habilidade passante pelo anel J	<b>ABNT NBR 15823-3:2010</b> Concreto auto-adensável Parte 3: Determinação da habilidade passante – Método do anel J

CAA deve apresentar no estado fresco: fluidez, viscosidade plástica, habilidade passante e resistência à segregação. No entanto, alguns desses métodos se mostram inadequados para determinadas aplicações, dificultando a implementação do controle tecnológico do CAA, que, para o controle no estado fresco, é diferente do método empregado do concreto convencional e pouco difundido entre os profissionais da área.

O presente artigo apresenta um histórico das normas técnicas internacionais e estrangeiras relativas ao controle e à aceitação do CAA em obras e na indústria da pré-fabricação, comparando-as à norma brasileira (ABNT NBR 15823:2010) e à sua versão revisada, que será submetida ao processo de Consulta Nacional pela ABNT<sup>1</sup> nos próximos meses. São apresentados também os principais desafios relacionados a esses processos, considerando

diferentes aplicações e, em especial, a análise do controle do lançamento do CAA, objetivando sua rastreabilidade.

## 2. DESENVOLVIMENTO DAS NORMAS TÉCNICAS DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL

Apresenta-se, nos itens a seguir, um breve histórico do desenvolvimento das normas técnicas que tratam do CAA, nos âmbitos europeu e americano, traçando um paralelo com o conjunto de normas brasileiras sobre o tema, que tem como base especialmente a ABNT NBR 15823, publicada em 2010 e composta das seguintes partes:

- ABNT NBR 15823-1: Concreto auto-adensável – Classificação, controle e aceitação no estado fresco;
- ABNT NBR 15823-2: Concreto auto-adensável – Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams;

- ABNT NBR 15823-3: Concreto auto-adensável – Determinação da habilidade passante – Método do anel J;
- ABNT NBR 15823-4: Concreto auto-adensável – Determinação da habilidade passante – Método da caixa L;
- ABNT NBR 15823-5: Concreto auto-adensável – Determinação da viscosidade – Método do funil V;
- ABNT NBR 15823-6: Concreto auto-adensável - Determinação da resistência à segregação – Método da coluna de segregação.

São apresentadas ainda informações sobre a norma ISO que está em desenvolvimento.

### 2.1 Normas europeias (EN)

A EN 12350 (Testing fresh concrete), composta atualmente de 12 partes,

<sup>1</sup> A CONSULTA NACIONAL DOS PROJETOS DE NORMA É REALIZADA PELO SITE DA ABNT (WWW.ABNT.ORG.BR), POSSIBILITANDO A PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA NO DESENVOLVIMENTO DAS NORMAS TÉCNICAS DO PAÍS.

prescreve métodos de ensaio para o concreto no estado fresco, sendo as partes 8 a 12 dessa Norma aplicáveis ao CAA [4]. A Tabela 1 apresenta os itens abordados pela norma europeia, cujos ensaios têm correspondência direta com os prescritos pela norma brasileira, com exceção do ensaio de resistência à segregação pelo método da peneira - a norma brasileira utiliza o método da coluna de segregação. Cumpre mencionar que todas essas normas foram publicadas em 2010 e a Norma Brasileira já passa por revisão.

Na Europa, os requisitos de recebimento do concreto autoadensável no estado fresco são estabelecidos pela EN 206 (*Concrete – specification, performance, production and conformity*), apesar de não tratar exclusivamente sobre o CAA. Vale mencionar que a EN 206 corresponde à ABNT NBR 12655,

que trata das operações de preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto.

Historicamente deve ser registrada a criação da EN 206-9, em 2009, com requisitos específicos para o CAA, tendo sido incorporada à EN 206 na sua última revisão, em 2013.

## 2.2 Normas americanas (ASTM)

Quando o CAA começou a ser estudado e empregado nos Estados Unidos, formaram-se diversos grupos de estudo e discussão para o desenvolvimento de normas e outros documentos que padronizassem e estabelecessem regras para seu uso. Os resultados oferecidos por esses grupos foram publicados por entidades como a *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, o *American Concrete*

*Institute (ACI)* e a *International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM)*. Na Tabela 2 são apresentados os principais itens abordados pelas normas norte-americanas editadas pela ASTM sobre o CAA e sua relação com a ABNT NBR 15823.

A primeira versão de algumas das normas americanas data de 2010, sendo que todas já passaram por uma ou duas revisões. Verificam-se semelhanças em três dos ensaios prescritos pela norma brasileira, sendo estas o *slump-flow*, o anel J e a coluna de segregação. No entanto a ASTM traz, adicionalmente, um método rápido para avaliação da resistência à segregação através do teste de penetração e a determinação do Índice de Estabilidade Visual (IEV) [5, 6 e 7]. Estes métodos apresentam maior facilidade de

► Tabela 2 – Itens abordados por normas norte-americana sobre CAA e sua relação com a ABNT NBR 15823

Norma técnica	Assuntos abordados	Norma técnica brasileira correspondente
<b>ASTM C1610/C1610M-14</b> ² Standard Test Method for Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique	Determinação da resistência à segregação pelo método da coluna	<b>ABNT NBR 15823-6:2010</b> Concreto auto-adensável Parte 6: Determinação da resistência à segregação – Método da coluna de segregação
<b>ASTM C1611/C1611M-14</b> Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete	Determinação do espalhamento e do t500 pelo método do cone de Abrams e do Índice de Estabilidade Visual (IEV). A nova versão da Norma Brasileira incorporou o IEV.	<b>ABNT NBR 15823-2:2010</b> Concreto auto-adensável. Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams
<b>ASTM C1712 -14</b> Standard Test Method for Rapid Assessment of Static Segregation Resistance of Self-Consolidating Concrete Using Penetration Test	Determinação da resistência à segregação pelo teste rápido de penetração	Não há similar brasileira
<b>ASTM C1758/C1758M-15</b> Standard Practice for Fabricating Test Specimens with Self-Consolidating Concrete	Moldagem de corpos de prova de CAA.	<b>A ABNT NBR 5738:2015</b> Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, embora não seja específica para o CAA, inclui requisitos para esse tipo de concreto
<b>ASTM C1621/C1621M-09b</b> Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring	Determinação da habilidade passante pelo anel J	<b>ABNT NBR 15823-3:2010</b> Concreto auto-adensável Parte 3: Determinação da habilidade passante – Método do anel J

² NO CASO DAS NORMAS ASTM, O ANO DE PUBLICAÇÃO É INFORMADO PELOS DOIS ÚLTIMOS ALGARISMOS E GRAFADO APÓS O NÚMERO DA NORMA, SEPARADO DESTES POR HÍFEN. NO CASO DAS NORMAS BRASILEIRAS E EUROPEIAS, A IDENTIFICAÇÃO DO ANO DE PUBLICAÇÃO É DADA COM QUATRO ALGARISMOS, APÓS O NÚMERO DA NORMA E SEPARADO DESTES POR DOIS PONTOS.

emprego nos processos de controle e aceitação do CAA.

### 2.3 Normas brasileiras - ABNT NBR

A norma brasileira de CAA teve a sua primeira edição publicada em 2010 e está dividida em seis partes (já apresentadas em 2.1), que abrangem métodos de ensaio, classificação e controle de aceitação do concreto no estado fresco.

A parte 1 da ABNT NBR 15823 traz a classificação do concreto autoadensável em função de suas propriedades, medidas pelos ensaios previstos nas partes 2 a 6 dessa Norma, e estabelece os critérios de recebimento em obras e em empresas de pré-fabricação.

Para os requisitos de composição do concreto e verificação das propriedades dos materiais a serem utilizados, assim como requisitos de durabilidade e critérios de aceitação final do concreto no estado endurecido, a ABNT NBR 15823 referencia a ABNT NBR 12655.

Ensaio de determinação do espalhamento, da viscosidade plástica pelo  $t_{500}$  e habilidade passante pelo anel J são atualmente requisitos de aceitação do CAA no estado fresco para todas as aplicações, devendo ser realizados em laboratório, para os estudos de dosagem e verificados em campo. Os demais ensaios são focados no desenvolvimento de estudos de dosagem e aplicações específicas. Mas, caso sejam especificados os ensaios da caixa L e/ou funil V em campo, podem ser dispensadas a realização do anel J e/ou tempo de escoamento ( $t_{500}$ ), respectivamente.

A ABNT NBR 15823 apresenta ainda um anexo informativo, com indicações de uso do CAA em função de sua

classificação (limites para as propriedades no estado fresco), de forma a facilitar e incentivar sua aplicação.

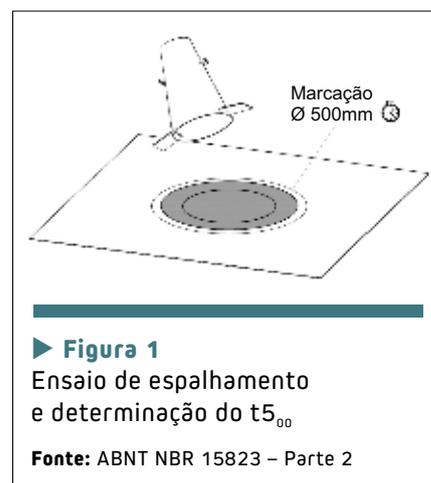
### 2.4 Norma internacional - ISO

Em âmbito internacional, o comitê técnico ISO/TC 71 (*Concrete, reinforced concrete and pre-stressed concrete*) em seu subcomitê SC 1 (*Test methods for concrete*) criou o grupo de trabalho WG 2 (*Self-compacting concrete*) para tratar da elaboração de uma norma técnica internacional de CAA. O Brasil participa desse trabalho de normalização representado pela ABNT, participando de reuniões e discussões relacionadas ao tema. A versão preliminar da norma internacional tem como base a Norma Europeia e, portanto, aborda todos os ensaios já prescritos pela norma brasileira, com exceção do ensaio de resistência à segregação pelo método da peneira.

### 3. REVISÃO DA ABNT NBR 15823

A revisão de uma norma técnica tem, como principais objetivos, sua atualização com base no desenvolvimento técnico sobre o tema e sua adequação às condições do País ou região. Para a revisão da ABNT NBR 15823 foram convidados representantes de produtores de insumos que entram na preparação do concreto, empresas de serviços de concretagem, empresas de pré-fabricação em concreto, construtoras, laboratórios de controle tecnológico, universidades e outros.

Os trabalhos de revisão foram iniciados em março de 2016, com a proposta de serem finalizados até o final do ano em curso. Como resultado da atualização<sup>3</sup> dos procedimentos e con-



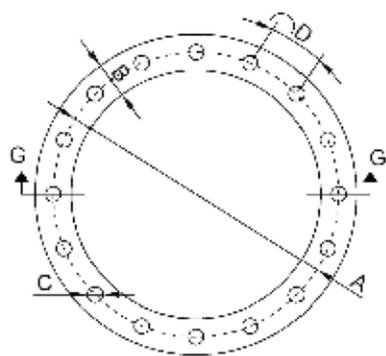
► **Figura 1**  
Ensaio de espalhamento e determinação do  $t_{500}$

Fonte: ABNT NBR 15823 – Parte 2

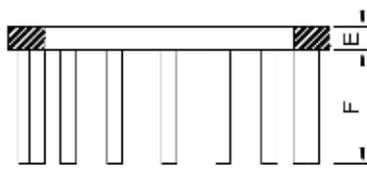
ceitos da norma brasileira de concreto autoadensável publicada em 2010, vale citar:

- modificações no procedimento para a determinação do espalhamento, partes 2 e 3 da ABNT NBR 15823 (alterações no tempo limite de retirada do molde e definição da altura máxima de lançamento do concreto no molde cônico, de  $225 \pm 75$  mm, Figura 1) - essas alterações visam sua uniformização com outras normas, como a ASTM C1611/C1611M-14;
- a parte 3 da Norma, além das modificações pertinentes à realização do ensaio de espalhamento, também sofreu alterações nas dimensões do aparato (o anel-J passará a ter a espessura das barras alterada de 10mm para 16mm)- esta medida tem, como principal objetivo, a padronização da distância entre as barras apresentadas na norma brasileira e nas normas estrangeiras, permitindo a realização de estudos comparativos, conforme Figura 2;
- na parte 4, referente ao método da caixa L, também foi realizada uma padronização com as normas estrangeiras, reduzindo o tempo de

<sup>3</sup> ESSAS ALTERAÇÕES JÁ CONSTAM DO PROJETO A SER SUBMETIDO AO PROCESSO DE CONSULTA NACIONAL PELA ABNT.



Planta



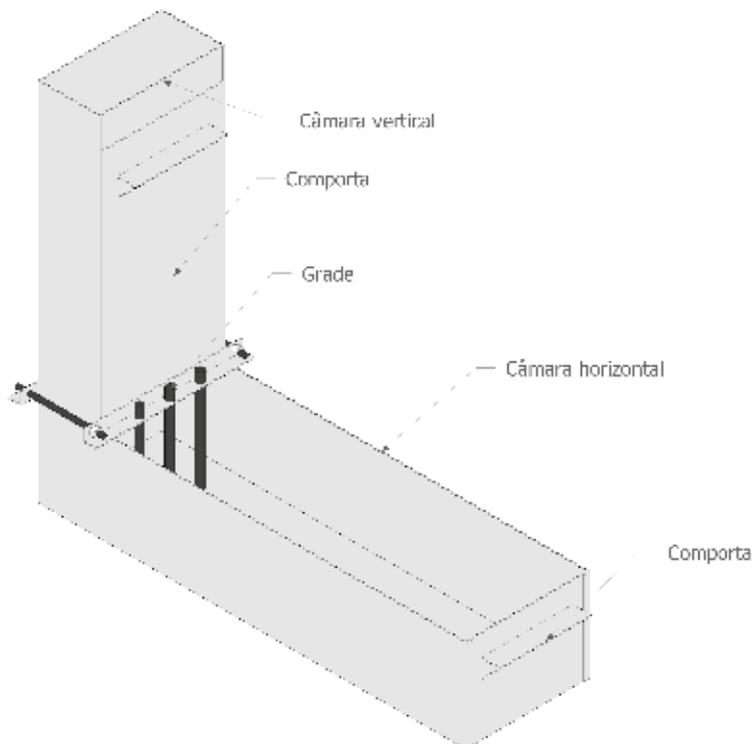
Corte G-G

Dimensões mm	
A	$300 \pm 3,3$
B	$38 \pm 1,5$
C	$16 \pm 3,0$
D	$59 \pm 2,0$
E	$25 \pm 1,5$
F	$120 \pm 1,5$

### ► Figura 2

Anel J

Fonte: Projeto de revisão da ABNT NBR 15823 – Parte 3



### ► Figura 3

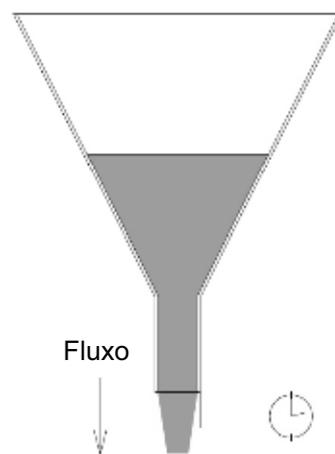
Caixa L

Fonte: Projeto de revisão da ABNT NBR 15823 – Parte 4

abertura da comporta, após o final do preenchimento da câmara vertical, de 30s a 60s para  $10s \pm 2s$ ; além disso, sugere-se a inserção de uma comporta frontal optativa na câmara horizontal, para facilitar a limpeza do equipamento, conforme Figura 3;

- d) no caso da parte 5, relativa ao método do funil V (Figura 4), a única modificação apresentada é a alteração do tempo de permanência do concreto no funil que, anteriormente, era de 30s e foi alterado para  $10s \pm 2s$ , tempo esse já utilizado no meio técnico internacional;
- e) a parte 6, em relação ao método da Coluna, sofreu uma modificação pontual: padronização com ASTM do tempo para início da retirada das porções de concreto do topo e base do equipamento para  $15min \pm 1min$ , ao invés de 20min - a Figura 5 ilustra o equipamento utilizado.

A nova versão dessa norma apresentará também três novos procedimentos para avaliação do CAA: o índice de estabilidade visual (IEV), a caixa U e o método da peneira. Esses métodos

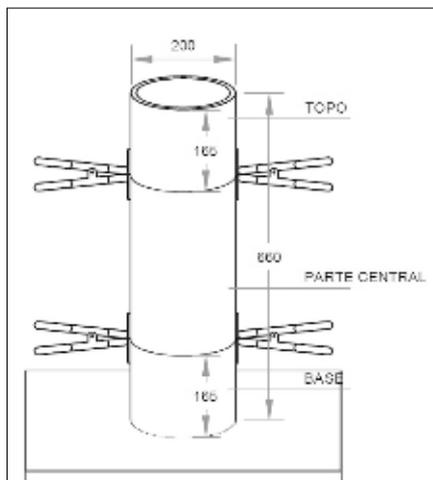


### ► Figura 4

Funil V

Fonte: NBR 15823 – Parte 5





► **Figura 5**

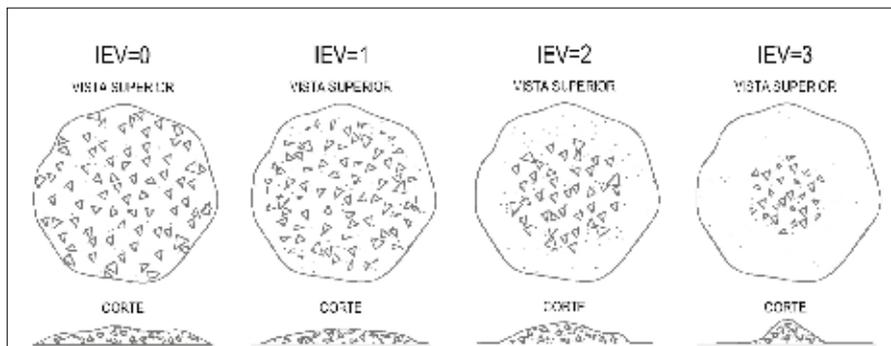
Coluna de segregação

Fonte: ABNT NBR 15823 – Parte 6

são bastante difundidos no meio técnico internacional, sendo indicados em normas de outros países e utilizados em inúmeros trabalhos acadêmicos.

O IEV foi inserido na parte 2 do projeto de revisão. Esse ensaio tem como principal objetivo avaliar visualmente a capacidade de fluidez e a possibilidade de segregação do CAA, pela aparência do concreto imediatamente após a retirada do molde tronco-cônico, no ensaio de espalhamento. A concentração (ou não) de agregados no centro do círculo formado pelo concreto e a presença (ou não) de borda nesse círculo (exsudação) dão indicações interessantes sobre o CAA. O IEV classifica o concreto em 4 níveis que variam de 0 a 3, como se pode observar na Figura 6. Sendo o nível 3 (segregação aparente) não aplicável.

O método da caixa U aparece na nova versão da parte 4 e tem como objetivo a avaliação da habilidade passante do CAA em fluxo confinado. A caixa U, como o próprio nome sugere, consiste em dois compartimentos no formato de um “U”, separado por uma comporta e barras metálicas. As dimen-



Onde

IEV 0 – indica bom comportamento do concreto e ausência de segregação ou exsudação;

IEV 1 – indica leve exsudação do concreto, sem apresentar segregação;

IEV 2 – indica a existência de uma pequena auréola de argamassa e/ou empilhamento de agregados no centro do círculo de concreto

IEV 3 – indica segregação do concreto, evidenciada pela concentração de agregados no centro do círculo e/ou pela dispersão de argamassa nas extremidades

► **Figura 6**

Classes do índice de estabilidade visual (IEV)

Fonte: Projeto de revisão da ABNT NBR 15823 – Parte 2

sões e a geometria desse equipamento podem ser observadas na Figura 7.

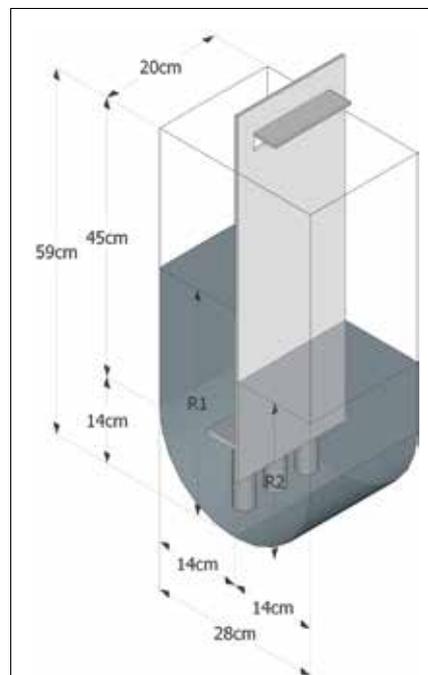
A caixa U avalia particularmente a capacidade do CAA de escoar e ascender. Essa é uma análise importante para estruturas da complexidade das vigas calhas pré-fabricadas. Nesses elementos, para evitar o aprisionamento de ar, o concreto deve ser lançado a partir de uma das abas da fôrma, precisa ter a capacidade preencher todos os espaços, atingir o nível do miolo negativo de conformação da calha e autonivelar-se até o topo da aba paralela [8].

O método da peneira, por sua vez, é um ensaio que tem por objetivo avaliar a resistência à segregação estática do CAA, por isso esse ensaio será inserido na parte 6. A Figura 8 mostra o aparato.

Os ensaios da Caixa U e da Peneira são apresentados na revisão da norma brasileira como anexos informativos das respectivas partes já citadas, e, dessa forma, não são obrigatórios, aparecendo como métodos alternativos. A inserção desses procedimentos tem como objetivo observar a resposta do meio técnico brasi-

leiro em relação à sua utilização para, posteriormente, avaliar se devem ser incluídos como obrigatórios em uma próxima revisão da norma.

As alterações nas partes 2, 3 e 4 da



► **Figura 7**

Caixa U – Perspectiva

Fonte: Projeto de revisão da ABNT NBR 15823 – Parte 4

#### 4. CONCLUSÃO

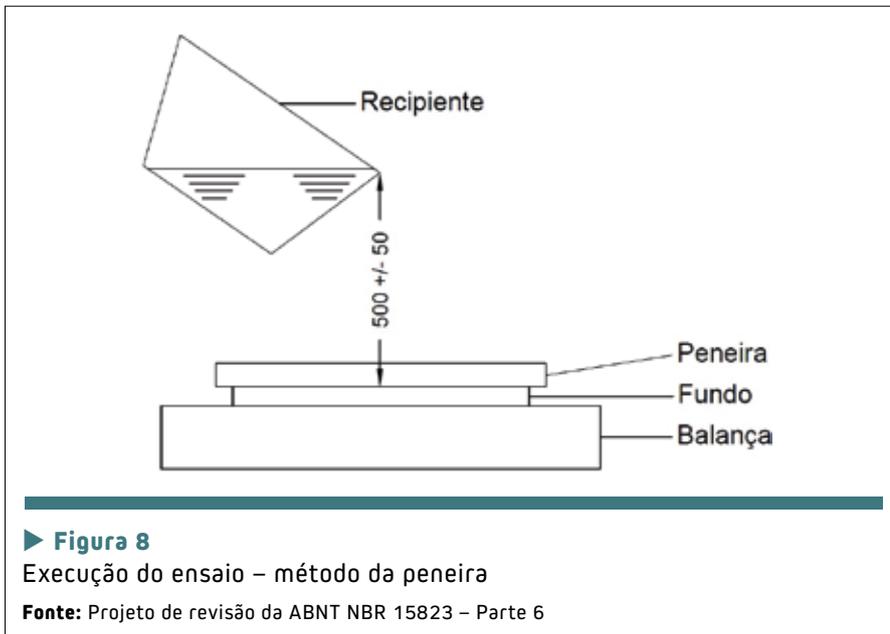
Após cinco anos de sua publicação e disponibilização para a sociedade da ABNT NBR 15823, o atual projeto de revisão possibilitou a introdução de alguns ajustes para sua atualização e alinhamento com as tendências internacionais, permitindo que o profissional brasileiro tenha opções de procedimentos para avaliação de cada uma das propriedades do CAA.

Vale ressaltar o bom trabalho desenvolvido na elaboração da primeira versão dessa norma, cujo conteúdo serviu de base durante seis anos à aplicação do CAA nas obras e empresas de pré-fabricação do Brasil e também na sua revisão, que, por sua vez, irá possibilitar aprimoramentos nos documentos originais, tendo em vista facilitar o conhecimento e a aplicação do concreto autoadensável no país.

O trabalho de revisão realizado possibilita tornar a norma brasileira uma das mais completas do mundo, permitindo ao usuário conhecer melhor o concreto autoadensável que irá efetivamente utilizar, a partir dos ensaios previstos, e realizar seu controle tecnológico com mais propriedade.

Destaca-se como principais contribuições para o meio técnico nacional:

- ▶ Incorporação do Índice de Estabi-



ABNT NBR 15823, principalmente no que se refere à inserção dos novos procedimentos de ensaio, causaram algumas mudanças na parte 1, com relação à classificação, controle e aceitação do CAA no estado fresco. Como os limites de classificação são apresentados em tabelas da parte 1, contendo dados de cada tipo de ensaio, decidiu-se introduzir três novas tabelas, cada qual relativa a um dos três novos ensaios da norma.

O Índice de Estabilidade Visual, por sua vez, aparece como determinação obrigatória para o controle e o recebimento do CAA no estado fresco, tanto em obra quanto na in-

dústria de pré-fabricados ou casos especiais, muito embora não seja suficiente para a não aceitação do concreto.

Outro item de extrema importância na utilização do CAA, introduzido na parte 1 da norma, refere-se à sua rastreadibilidade. Para elementos verticais recomenda-se a medição da altura de concreto atingida em cada lançamento e, para elementos horizontais, a demarcação de zonas de lançamento para cada lote de concreto.

A Tabela 3 mostra um comparativo entre os ensaios que compõem cada uma das normas comentadas neste artigo.

▶ Tabela 3 – Ensaios de CAA normatizados por diferentes normas técnicas

Propriedade	Brasileira (ABNT NBR)	Europeia (EN)	Americana (ASTM)
Fluidez	– Slump flow – IEV	– Slump flow – IEV	– Slump flow – IEV
Viscosidade plástica	– Funil V – $t_{500}$	– Funil V – $t_{500}$	– $t_{500}$
Habilidade passante	– Anel J – Caixa L – Caixa U (informativo)	– Anel J – Caixa L	– Anel J
Resistência à segregação	– Coluna de segregação – Método da peneira (informativo)	– Método da peneira	– Coluna de segregação – Teste da penetração

lidade Visual (IEV): possibilita uma avaliação qualitativa da estabilidade da mistura aplicada em campo, visto que os ensaios de resistência à segregação são mais indicados para laboratório;

- ▶ Elaboração de especificações para melhorar a rastreabilidade da aplicação do CAA nos elemen-

tos estruturais: permite uma maior segurança ao consumidor final (construtora);

- ▶ Incorporação de ensaios complementares em anexo informativo – caixa U e Peneira: proporciona alternativas de ensaios e ambiente para discussão técnico-acadêmica para avanços futuros.

## 5. AGRADECIMENTOS

Aos participantes da CE-018:300.003 (Comissão de Estudo de Concreto Autoadensável do ABNT/CB-18), pelas discussões que proporcionaram os avanços aqui descritos dessa nova versão da ABNT NBR 15823 em relação à anterior. ↩

## ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. Concreto autoadensável. 2. ed. São Paulo: Pini, 2015.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC). Anuário ABCIC 2015. São Paulo, 2015.
- [03] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15823: Concreto auto-adensável. Rio de Janeiro, 2010.
- [04] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 12350: testing fresh concrete. Brussels, 2010.
- [05] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM C1611-14: Standard test method for slump flow of self-consolidating concrete. West Conshohocken, 2014a.
- [06] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM C1712-12: Standard test method for rapid assessment of static segregation resistance of self-consolidating concrete using penetration test. West Conshohocken, 2014b.
- [07] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM C1758-15: Standard practice for fabricating test specimens with self-consolidating concrete. West Conshohocken, 2015.
- [08] ALENCAR, R. S. A. Dosagem do concreto auto-adensável: produção de pré-fabricados. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008.

# consultoria e projetos estruturais



*viabilização de tráfego de cargas especiais*

*recuperação e reforço de edificações*



*adequação funcional de obras de arte*

*projetos de obras de arte*



*soluções de qualidade*

[www.engeti.eng.br](http://www.engeti.eng.br)

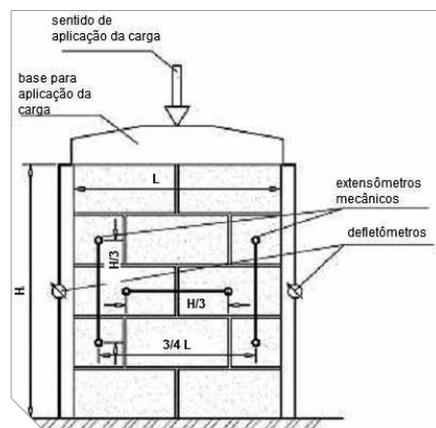
Avenida angélica, 1996, conj. 404 - Consolação, São Paulo - SP - CEP: 01228-200 Tel: (11) 3666.9289



# Norma brasileira sobre Métodos de Ensaios de Alvenaria de Blocos de Concreto é publicada

Desenvolvida dentro da Comissão de Estudo de Blocos de Concreto (CE-018:600.04), sob coordenação do Arq. Carlos A. Tauil e Eng. Guilherme A. Parssekian, o texto unifica e atualiza todos os ensaios em elementos de alvenaria que estavam dispersos em várias normas. São contemplados ensaios de parede, pequena parede, prisma, cisalhamento por compressão e tração diagonal, flexão simples e flexo-compressão de paredes e de tração na flexão de prismas. Contempla ainda procedimento para cálculo de valor característico para amostras a partir de 3 exemplares.

Algumas melhorias em relação às versões anteriores incluem: eliminação de necessidade de número mínimo de 3 macacos para ensaios de parede,

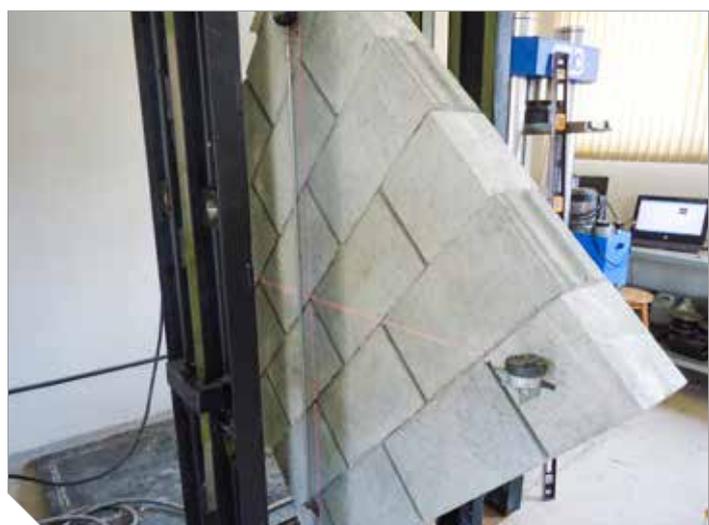


Ensaio de pequena parede

apresentação dos resultados desse ensaio em diagrama de tensão-deformação, melhoria das especificações para capeamentos nos diversos ensaios, padronização do procedimento de cura dos corpos de prova em prisma com necessidade de aplicação de filme plástico nas faces grauteadas, indicação da necessidade de molhar os vazados antes do grauteamento de prismas, entre outros.

O Comitê discutiu ainda a inclusão de anexo com especificação para extração de prismas testemunho em paredes já construídas, que não fez parte da Consulta Nacional, porém deverá ser proposto como emenda em breve.

Esse trabalho faz parte de uma série de ações da área de Alvenaria Estrutural que vêm ocorrendo com objetivo de unificar e melhorar a normalização técnica dos produtos, das especificações para projeto, execução e controle, e dos méto-



Ensaio de cisalhamento



Ensaio de prisma

dos de ensaios, que deverá ter reflexos na Construção Civil com a publicação de novas normas nos próximos anos.

# A influência do processo BIM no domínio de estruturas de concreto

ALEX RODA MACIEL – ENGENHEIRO CIVIL

iBIM PROJETOS E CONSULTORIA

## I. INTRODUÇÃO

Tema cada vez mais frequente na pauta da indústria da construção civil brasileira, o BIM vem ganhando amplo destaque entre os agentes que atuam em sua cadeia produtiva. Torna-se cada dia maior a quantidade de empresas ou profissionais que buscam conhecimento a respeito desta inovação ou que já a estejam utilizando, independentemente de seu porte ou segmento de atuação.

Apesar do destaque ao aspecto tecnológico, sendo ainda visto por alguns

como um novo *software*, uma ferramenta computacional que substituirá as ferramentas CAD tradicionais, possibilitando a evolução do projeto 2D para 3D, o acrônimo *BIM* (*Building Information Modeling*) representa um conjunto inter-relacionado de políticas, processos e tecnologia (SUCCAR, 2009).

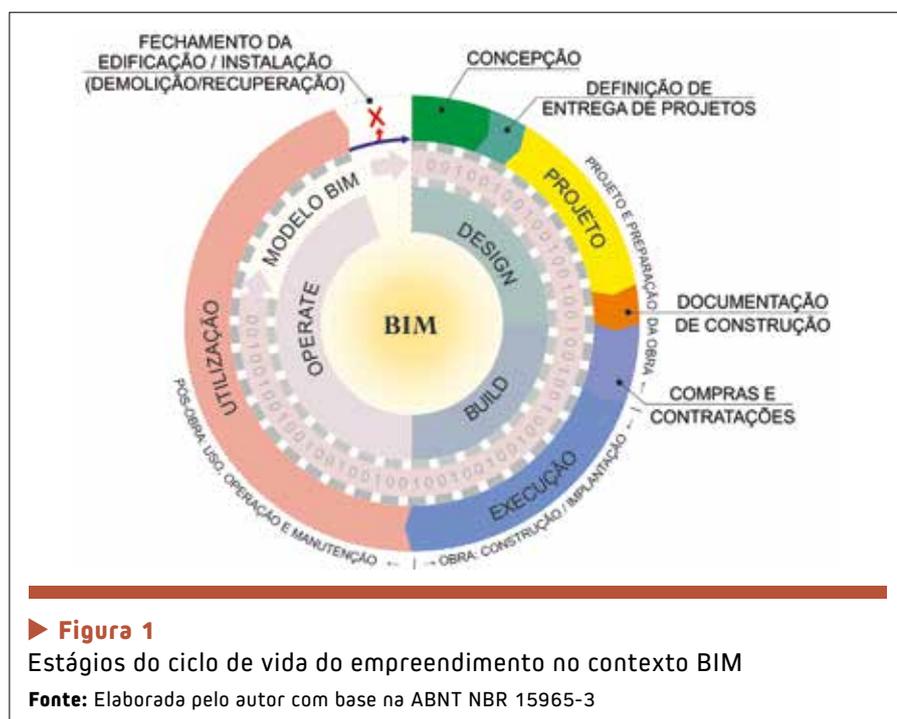
A Modelagem da Informação da Construção é um processo focado no desenvolvimento, uso e intercâmbio de modelos de informação em formato digital (COMPUTER..., 2011). Nesse contexto, a tecnologia da informação e comunicação

(TIC) é utilizada para criação de um modelo virtual do empreendimento, o modelo BIM, que representa suas características físicas e funcionais (NIBS, 2007), bem como o inter-relacionamento entre seus elementos e componentes construtivos.

O processo BIM estabelece um novo paradigma, um novo modo de se conceber, projetar, construir e operar empreendimentos de construção civil. O BIM fomenta um novo fluxo de trabalho, integrado e colaborativo, promovendo a integração entre os diversos agentes envolvidos e durante as diferentes fases do ciclo de vida dos empreendimentos.

O modelo BIM representa uma base de informações, comum e compartilhada, que evolui gradualmente ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Suas informações são complementadas progressivamente pelos diversos intervenientes, permitindo o reuso das informações geradas ao longo do processo e auxiliando a tomada de decisões. A figura 1 ilustra a interação entre as fases do ciclo de vida do empreendimento, baseada na tabela 1F da ABNT NBR 15965-3.

De modo a suportar o desenvolvimento dos modelos BIM, encontram-se disponíveis no mercado diversas ferramentas computacionais, destinadas a atender os mais diversos usos e



► **Figura 1**

Estágios do ciclo de vida do empreendimento no contexto BIM

Fonte: Elaborada pelo autor com base na ABNT NBR 15965-3

necessidades específicas dos agentes envolvidos na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC).

Este artigo explora o uso do BIM aplicado ao domínio de estruturas de concreto, apresentando os impactos que sua abordagem provoca no processo de projeto tradicional. Algumas considerações específicas aos segmentos obras de edificações e infraestruturas são expostas, bem como os benefícios promovidos ao longo de sua cadeia produtiva.

## 2. A INFLUÊNCIA DO PROCESSO BIM NOS PROJETOS ESTRUTURAIS

No processo de projeto tradicional, fundamentado na representação gráfica bidimensional, o fluxo de informação entre os diversos agentes envolvidos é realizado por meio de documentos planejados, exigindo, segundo Ferreira e Santos (2007), um recorrente esforço mental para recomposição do espaço tridimensional a partir da representação 2D.

Essas informações, advindas das distintas especialidades envolvidas, bem como internas da empresa responsável pelo projeto estrutural, precisavam ser recriadas diversas vezes ao longo do processo, em função da interpretação dos desenhos ou uso de distintos softwares específicos.

A figura 2 representa um fluxo de trabalho tipicamente adotado no desenvolvimento de projetos estruturais. A primeira etapa destina-se a concepção e definição dos requisitos do empreendimento. Embora recomendável, em muitos casos ainda não há a definição da empresa que será responsável pelo projeto estrutural.

O processo de projeto estrutural inicia-se efetivamente com o recebimento dos documentos de referência



contendo definições e premissas, que serão usados como base à proposição da tipologia estrutural adequada ao empreendimento.

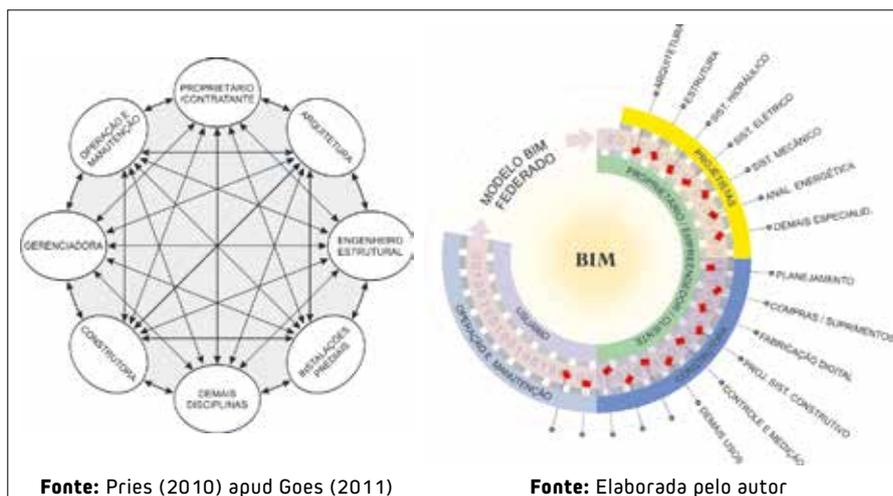
A terceira etapa destina-se ao cálculo, análise e dimensionamento dos elementos estruturais. Por meio de diferentes níveis de abstração que representam a estrutura física real idealizada (MARTHA, 2010), procede-se a discretização, cálculo e comprovação das hipóteses, simplificações e demais considerações previstas no modelo analítico, possibilitando o dimensionamento da armadura necessária.

Ao término dessa etapa, as informações geradas pelo engenheiro

calculista, usualmente com apoio de softwares de análise estrutural, são repassadas ao responsável pelo detalhamento dos desenhos de modo quase artesanal, não sendo comum o intercâmbio de dados em formato digital devido as distintas ferramentas usadas por esses agentes.

Parte considerável do tempo consumido no processo tradicional reserva-se documentação do projeto, onde o espaço tridimensional, idealizado pelo projetista estrutural, é novamente planejado na elaboração de desenhos de fôrmas e armadura.

Em geral, a interação com as demais especialidades ocorre ao término



**Figura 3** Interação entre agentes da indústria AEC no processo tradicional e no contexto BIM

do detalhamento do projeto de fôrmas. O repasse e solução de eventuais alterações, inerentes ao processo de projeto, demandavam um trabalho eficiente de coordenação, de modo a garantir a solução prévia de problemas de interface antes do início da construção.

A consistência e atualização dos documentos, ainda que elaboradas com auxílio de ferramentas CAD paramétricas, que permitem a automação da representação gráfica e quantificação dos materiais, requerem grande esforço sendo comum a ocorrência de divergência entre as informações contidas nos documentos.

O processo BIM provoca profundas mudanças em relação à forma com que os projetos são desenvolvidos, uma vez que deixam de ser representados por desenhos 2D e passam a ser simulados por meio de modelos virtuais.

Seu uso fomenta um novo fluxo de trabalho multidisciplinar, integrado e colaborativo, promovendo a interatividade entre as diversas especialidades atuantes no processo de projeto.

Nesse contexto, o modelo estrutural BIM é mantido em uma base comum e compartilhada, desenvolvendo-se progressivamente ao longo das

etapas de projeto, conforme representado na figura 4.

Essa abordagem colaborativa favorece a identificação, bem como a prevenção, de possíveis problemas de interface desde as etapas iniciais do projeto, auxiliando a mitigar erros, omissões, retrabalhos, e contribuindo para redução dos ciclos de aprovação<sup>1</sup> e duração dos projetos.

O primeiro aspecto está relacionado aos benefícios proporcionados pela representação tridimensional. A visualização 3D reduz consideravelmente o esforço cognitivo necessário à percepção dos objetivos e necessidades do empreendedor. Facilita a transmissão das intenções e premissas ao projetista estrutural, assim como às empresas responsáveis pelas demais especialidades.

O intercâmbio de dados entre ferramentas de autoria BIM usadas por distintas especialidades reduz o esforço inicial necessário à entrada de dados. Um elemento estrutural, definido inicialmente em um projeto arquitetônico, pode ser reconhecido automaticamente pelas ferramentas BIM utilizadas pelo projetista estrutural, assim como por demais especialidades.

Esse conceito também se aplica ao

intercâmbio entre ferramentas de autoria BIM e ferramentas de análise estrutural. Cada elemento estrutural contém, além de definições geométricas e de materiais, elementos analíticos associados que podem ser exportados aos aplicativos de análise estrutural.

Apesar de compartilhar informações com o modelo estrutural BIM e possibilitar sua atualização, como, por exemplo, a exportação das armaduras, o modelo de análise deve ser mantido externamente à base compartilhada, devido à responsabilidade técnica e civil associada.

Após a modelagem dos elementos estruturais, armaduras e demais componentes, desenhos e quantitativos de materiais passam a ser subprodutos do modelo, gerados a partir de uma base de dados coordenada. Eventuais alterações no modelo são reproduzidas nos documentos associados, garantindo a consistência e atualização das informações contidas no projeto estrutural.

Na figura 5 apresenta-se um exemplo de Projeto de Detalhamento de Armaduras (PDA), elaborado com suporte de uma ferramenta de autoria BIM.

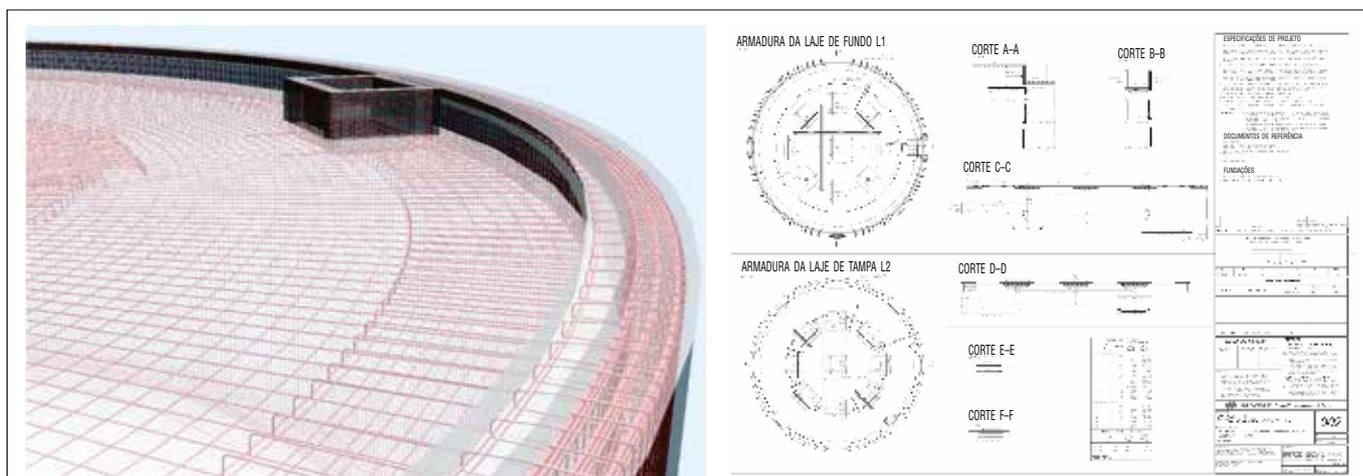
Diferentemente do processo tradicional, no qual a representação gráfica 2D possibilitava o uso de simplificações, simbolismo e omissões de algumas informações consideradas implícitas (FERREIRA; SANTOS, 2007), como no caso de barras corridas ou com comprimento variável, no contexto BIM cada componente deve ser modelado de forma explícita.

## 2.1 O BIM no setor de obras de edificações

Embora os benefícios proporcionados pela representação 3D serem



<sup>1</sup> FORAM OMITIDAS AS ATIVIDADES DE ANÁLISE E APROVAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL PELO CONTRATANTE QUE OCORREM AO LONGO PROCESSO DE PROJETO COM BASE NO MODELO BIM.



► **Figura 5**

Exemplo de PDA desenvolvido por meio do processo BIM

Fonte: Nemetschek Structural User Contest (NEMETSCHKE, 2013, p. 150)

conhecidos há décadas pelos projetistas estruturais que atuam no segmento de edificações, sobretudo em obras reticuladas de concreto, seu uso ficava, em geral, limitado aos processos internos do projetista estrutural e à exportação de imagens para comunicação com o contratante.

O advento dos modeladores estruturais integrados, ferramentas computacionais que abrangem todas as etapas do processo de projeto estrutural, permitiu aumentar consideravelmente a produtividade e reduzir os prazos de desenvolvimento do projeto, porém a interface entre os demais agentes se manteve baseada em documentos 2D.

Atualmente os principais modeladores integrados permitem a exportação dos modelos, por meio de *plugin* ou formatos não proprietários e abertos, como o IFC<sup>2</sup>, possibilitando aos projetistas estruturais participarem do processo BIM, porém de forma coordenada.

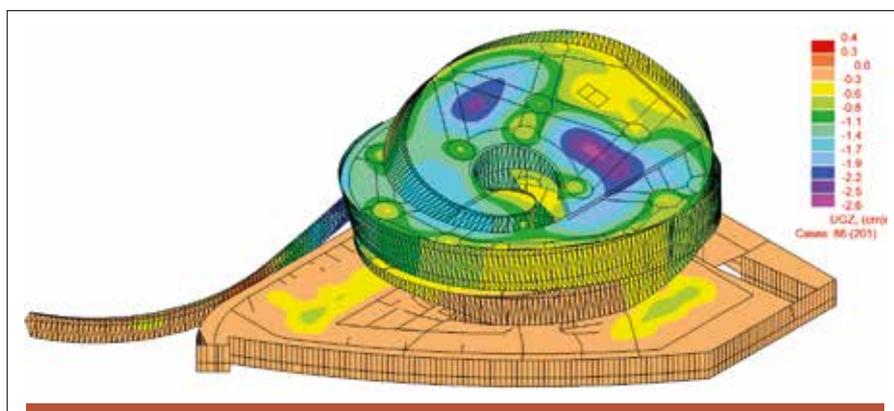
Há um grande esforço por parte

dos desenvolvedores de modeladores estruturais integrados, de modo a viabilizar o efetivo trabalho colaborativo e permitir o reuso de informações advindas das demais especialidades.

O BIM ajuda a expandir esses benefícios a estruturas cada vez mais singulares e ousadas, nas quais tipologias formadas por superfícies em cascas e edificações concebidas em arquitetura estrutural exigem sinergia entre o arquiteto e o projetista estrutural.

## 2.2 O BIM aplicado a obras de infraestrutura

Em comparação ao segmento de edificações, onde o uso de modeladores estruturais integrados encontra-se estabelecido e proporciona sinergia entre a análise, dimensionamento e detalhamento estrutural, nos projetos de estruturas de concreto destinados às obras de infraestrutura este processo é realizado de forma quase artesanal.

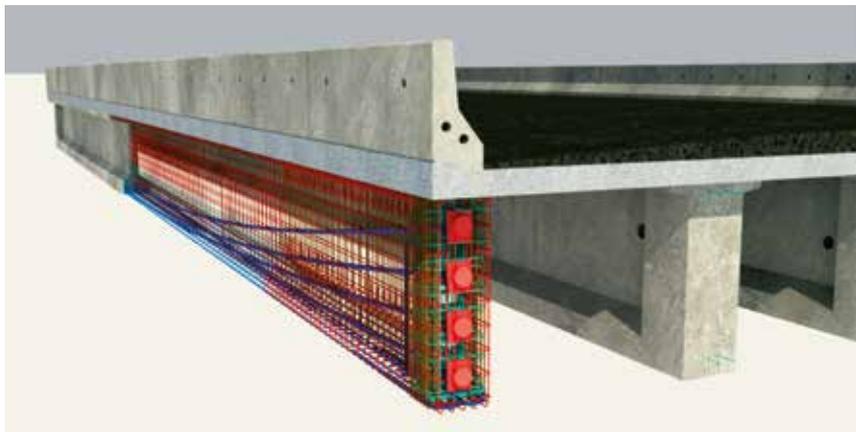


► **Figura 6**

Edifício do Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões

Fonte: Imagem cedida por José Carlos Lino (Newton)

<sup>2</sup> *INDUSTRY FOUNDATION CLASSES (IFC)* É UM SCHEMA DE DADOS E UM FORMATO DE ARQUIVO NEUTRO, NÃO PROPRIETÁRIO, USADO PARA O INTERCÂMBIO DE DADOS NA INDÚSTRIA AEC. ESTE PADRÃO É DESENVOLVIDO E MANTIDO PELA ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL BUILDINGSMART E REGISTRADO PELA NORMA ISO 16739:2013.



► **Figura 7**

Exemplo de projeto de infraestrutura desenvolvido por meio do processo BIM

Fonte: Imagem cedida por Intertechne Consultores S.A.

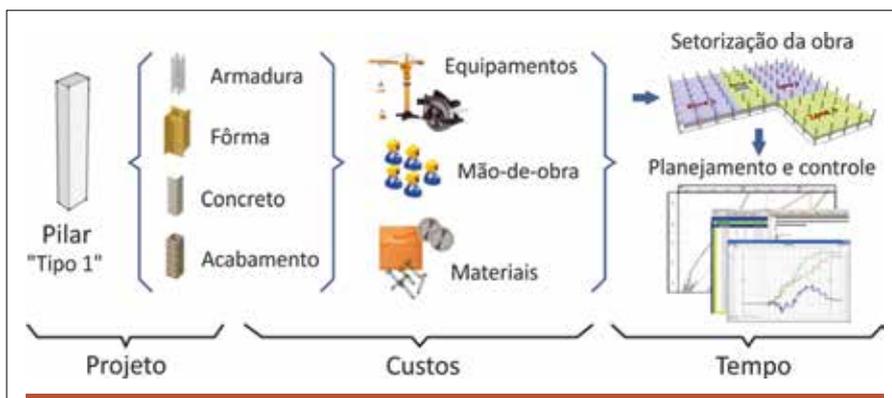
Este fato se deve à peculiaridade dos projetos desenvolvidos e à menor interoperabilidade entre as ferramentas tradicionalmente utilizadas, sendo ainda frequente o uso de ferramentas que demandam alto grau de intervenção manual.

O emprego do processo BIM em obras de infraestrutura favorece não apenas o aumento da integridade e consistência dos projetos estruturais, mas também propicia maior colaboração entre os diversos agentes envolvidos.

Além dos benefícios proporcionados pela visualização tridimensional e coor-

denação espacial multidisciplinar, o uso de ferramentas BIM no desenvolvimento dos projetos estruturais contribui para:

- a) minimizar a segregação entre as atividades de análise e detalhamento estrutural por meio do intercâmbio de informações em formato digital;
- b) mitigar problemas relativos à interface e congestionamento de barras de reforço, comuns aos elementos estruturais robustos e com alta taxa de armadura, frequentemente empregados nesse setor;
- c) extração precisa de quantitativos,



► **Figura 8**

Uso do processo BIM na construção virtual de empreendimentos

Fonte: Adaptado de Trimble Buildings (2016, p. 10)

reduzindo eventuais divergências entre informações contidas nos modelos e documentos de construção.

A adoção do processo BIM por empresas que atuam em obras de infraestrutura tende a obter uma forte expansão nos próximos anos, motivado por seus benefícios internos e, principalmente, pela indução do setor público, seu principal contratante. Alguns órgãos e empresas estatais, como DNIT, METRÔ-SP e CPTM, já anunciaram intenções ou solicitam que seus projetos sejam desenvolvidos em BIM.

### 2.3 O BIM na preparação e produção de estrutura em concreto

Os empreendimentos de construção civil têm por característica a singularidade. Cada obra possui características específicas e, diferentemente de outras indústrias, nas quais as definições de projeto são validadas por meio de protótipos antes do início de sua produção em massa, cada empreendimento é, ao mesmo tempo, um produto final e um protótipo.

A possibilidade de simular as etapas construtivas (BIM 4D) e uso dos modelos para orçamentação e gestão de custos (BIM 5D) contribui para antever eventuais problemas, que, em muitos casos, somente eram identificados durante a obra.

A construção virtual da construção facilita a interpretação do projeto estrutural, identificação de possíveis interferências provocadas por estruturas temporárias, que possam afetar o acesso a equipamentos, e os estudos de alternativas antes do início de sua execução.

Embora questões relativas à construtibilidade serem, em muitos casos, abordadas somente após o término do

projeto estrutural, recomenda-se que a definição do método e sequenciamento executivo seja tratado concomitantemente ao projeto, de modo a possibilitar a previsão de juntas de concretagem e armaduras de espera, e evitar a necessidade de adequações durante a etapa de construção.

Durante a fase de execução, os modelos BIM desenvolvidos nas fases de projeto e preparação podem ser utilizados no apoio das atividades de execução.

O uso de dispositivos móveis e de armazenamento de dados baseados na nuvem vem tornando o BIM cada vez mais presente nos canteiros de obras, auxiliando o acompanhamento, controle tecnológico e medição das atividades de produção, agilizando a comunicação entre equipes localizadas em campo e o projetista estrutural caso seja necessário dirimir alguma dúvida.

A integração do modelo BIM a equipamentos topográficos facilita a locação das estruturas na obra, tornando-as mais precisas e aderentes ao projeto, e contribui para identificação de eventuais desvios que possam gerar esforços não previstos e, posteriormente, o

surgimento de patologias estruturais.

O emprego da fabricação digital, processo no qual a informação digital, contida no modelo BIM é usada com objetivo de facilitar a fabricação ou montagem de produtos de construção (COMPUTER..., 2011), aliada a maior confiabilidade proporcionada pelo BIM, contribuem para aumentar o grau de industrialização e pré-fabricação.

Destaca-se também o uso de equipamento *Laser Scanning* no levantamento de dados para obras de ampliação e reforço estrutural, sobretudo em ambientes agressivos e locais de difícil acesso, como obras de arte especiais.

De modo a viabilizar o uso do modelo estrutural BIM ao longo de sua cadeia produtiva torna-se fundamental a prévia definição dos objetivos e propósitos de uso do modelo. A clara definição dos objetivos e necessidades, desde suas etapas iniciais, permite maximizar os resultados obtidos e atender aos agentes atuantes à jussanção do processo.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O auxílio de ferramentas BIM no desenvolvimento dos projetos estruturais permite ao projetista focar esforços na

concepção estrutural, reduzindo o esforço inicial necessário à interpretação de desenhos 2D e ao intercâmbio de dados entre diferentes sistemas computacionais, resultando em projetos mais econômicos e com maior qualidade.

Não obstante aos benefícios proporcionados pela visualização tridimensional, coordenação espacial 3D e maior automação nas atividades de documentação e quantificação, devem-se ter em conta os impactos que o BIM promove ao longo da cadeia produtiva, os quais transcendem seu aspecto tecnológico.

O uso do processo BIM fomenta um novo fluxo de trabalho, integrado e colaborativo, auxilia a promover maior integração entre os agentes atuantes na indústria AEC e contribui para reduzir incertezas, omissões e problemas de interface que ocasionam retrabalhos e o aumento de custos e prazos do projeto e construção.

Assim como já ocorrido em alguns países, a exigência de uso do BIM torna-se a cada dia uma realidade no contexto brasileiro. Iniciativas realizadas por órgãos públicos e privados tendem a impulsionar o mercado brasileiro na implantação do BIM. 

## ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM. BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.1. University Park, Pa, USA: The Pennsylvania State University, 2011. 134 p.
- [02] FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. Limitações da representação 2D na compatibilização espacial em projetos de edifícios e a aposta no CAD 3D como solução. In ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., Porto Alegre, 11 e 12 de julho de 2007. Anais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 10 p., 1 CD-ROM.
- [03] GOES, R. H. T. B. Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM. 2011. 142p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2011.
- [04] MARTHA, L. F. Análise de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos. Rio de Janeiro: Editora Campus/Elsevier, Rio de Janeiro, RJ, 524p., ISBN 978-85-352-3455-8, 2010.
- [05] NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (NIBS). United States Nation Building Information Modeling Standard: Version 1- Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. [S.l.], 2007. 182 p.
- [06] NEMETSCHKE. Nemetschek Structural User Contest: Inspirations in Engineering, 2013. [S.l.]: 2013. 271 p. Disponível em: <<http://books.scia.net/UC2013/>>. Acesso em: 02 nov. 2016.
- [07] SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.
- [08] TRIMBLE BUILDINGS. Vico Office introduction: Training manual. [S.l.:s.n.], 2016. 110p.

# Concepção de tabuleiros curvos e estaiados

GABRIELA MARIANA CHUNG – MESTRANDA

FERNANDO REBOUÇAS STUCCHI – PROFESSOR DOUTOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES DA ESCOLA  
POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

## I. INTRODUÇÃO

### I.1 Problema analisado

O estudo da concepção de tabuleiros curvos estaiados é ainda pouco difundido no Brasil. Atualmente, sendo a otimização da infraestrutura viária de extrema importância, as pontes estaiadas são bastante exploradas por suas vantagens construtivas, não demandando grandes áreas de apoio durante a construção que possam interferir no fluxo de veículos já existente. Conjuntamente, a escolha do tipo de obra de arte deve-se a diversos outros fatores, tais como: as condições locais da fundação, o consumo de materiais e mão de obra, dificuldades construtivas, etc. Muitas vezes é necessário estudar outras formas de utilização desse tipo de estruturas, como é o caso de pontes curvas.

Em Luchi (2001) é apresentado um método simplificado de cálculo para análise de seções celulares em curva – mais especificamente as submetidas à protensão – no qual primeiramente determinam-se os esforços longitudinais na ponte retificada com os carregamentos verticais atuantes na ponte curva, acrescentado do momento torsor devidamente

calculado, para, então, se determinar de forma aproximada a distorção da seção transversal e os efeitos a ela associados pelo Método de Steinle, analisado em detalhes em Stucchi (1982).

Este trabalho tem por objetivo contribuir com o avanço desses estudos, analisando a influência de alguns fatores que definem o comportamento de pontes estaiadas curvas através de modelos estruturais, como o posicionamento do mastro e a suspensão unilateral dos estais.

### I.2 Histórico

O princípio de transportar cargas, suspendendo uma corda, corrente ou cabo através de um obstáculo é conhecido desde tempos antigos. No entanto, não foi antes de 1823 que a primeira ponte permanente suportada por cabos compostos por fios de ferro estirados foi construída em Genebra, por Frenchman Marc Seguin, um dos cinco irmãos que, nas duas décadas seguintes, construíram centenas de pontes suspensas por toda Europa (Gimsing e Georgakis, 2012). Existem relatos de pontes estaiadas construídas ainda antes dessa época, porém constituídas de materiais mais primitivos.

O primeiro registro da utilização de

um tipo de ponte estaiada foi relatado em 1617, por Faustus Verantius, que propôs um sistema de pontes de barras de aço inclinadas que sustentavam um tabuleiro de madeira (Troitsky, 1977).

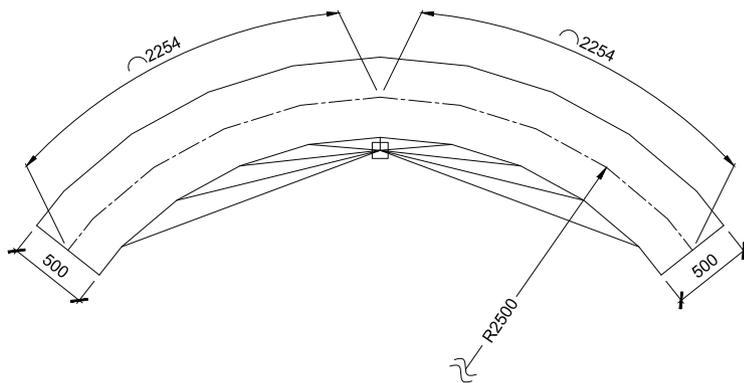
Em contrapartida, acredita-se que as primeiras investigações da forma curva de um cabo suspenso sob seu próprio peso ocorreram em meados do século XVII por Galileu, que apontou a similaridade entre esta curva e uma parábola. A solução desta geometria, correspondente à carga uniformemente distribuída ao longo do cabo, que hoje é admitida como sendo a da catenária, foi primeiramente publicada em 1691 por James e John Bernoulli, Leibnitz e Huigens. O cabo parabólico recebeu considerável atenção não somente por sua formulação matemática mais simplificada, mas também porque, em muitas situações, tal como em pontes suspensas, Irvine<sup>1</sup> (1975 apud Oliveira, 2002) definiu que uma parcela substancial do carregamento é uniformemente distribuída na horizontal ao longo do vão.

## 2. MODELO DE CÁLCULO

Neste trabalho, foram realizadas análises em um modelo tridimensional de barras e cabos com o auxílio do software SCIA Engineer<sup>2</sup>, no qual é

<sup>1</sup> IRVINE, H.M. STATICS OF SUSPENDED CABLES. JOURNAL OF THE ENGINEERING MECHANICS DIVISION, VOL. 101, N. EM3, PP. 187-205, 1975.

<sup>2</sup> SCIA ENGINEER 2015, ED. 15.1.106, NEMETSCHKE SCIA SOFTWARE, 2015.



► **Figura 1**  
Planta do tabuleiro (medidas: cm)

empregado o Método dos Elementos Finitos para análises não lineares. As barras foram utilizadas para representar o tabuleiro e o mastro, ambos de concreto, enquanto os cabos com arranjo em leque representam os estais de aço, cuja rigidez à flexão é admitida nula. As propriedades físicas do concreto e aço respeitaram as recomendações da ABNT NBR 6118:2014.

Tendo em vista que a suspensão unilateral do tabuleiro influi nos seus esforços e que cada cabo se ancora numa transversina, foram utilizados braços rígidos para simular a ligação do tabuleiro aos cabos, já que tal ligação não ocorre no centro de gravidade da seção transversal.

Além disso, sabe-se que esforços de torção podem ocorrer devido ao fato de o centro de cisalhamento da seção transversal não coincidir com o centro de gravidade. No entanto, tendo em vista que em seções celulares esses pontos são próximos, é usual adotar o eixo da barra que representa o tabuleiro no centro de gravidade, tal como foi feito neste trabalho.

Em primeira análise verificou-se o comportamento estrutural dos elementos sob a ação de peso próprio e sobrecarga, de onde se obtiveram grandes

deslocamentos e esforços no tabuleiro. Em seguida, com o intuito de neutralizar a flecha inicial da estrutura devida ao seu peso próprio, simulou-se protensão nos estais a partir de uma tensão inicial obtida por meio de um modelo auxiliar, no qual a sustentação pelos estais é substituída por apoios fixos. Essa ideia baseia-se no método de anulação das reações em apoios fictícios proposto por Chen et. al.<sup>3</sup> (2000 apud Ytza, 2009) para se obter uma boa distribuição de momentos no tabuleiro mediante um ajuste nas tensões aplicadas nos estais de forma a zerar os deslocamentos na ancoragem do cabo no tabuleiro.

De posse dos novos resultados, estudou-se a influência da posição do mastro e da inclinação dos cabos de forma a avaliar se os ganhos ou perdas estruturais são relevantes para as considerações de projeto.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Considerações iniciais

O trabalho foi desenvolvido para uma passarela de pedestres em concreto com resistência característica a compressão de 45 MPa, cuja seção transversal é vazada com 0,2 m de espessura, 45 m de

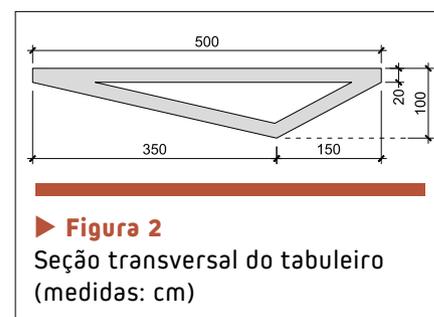
comprimento e raio de 25 m, suspensa simetricamente por estais em seu lado interno da curva, espaçados a cada 5 m, sendo utilizados 9 estais. As Figuras 1 e 2 ilustram a geometria proposta.

A altura do mastro é parâmetro importante, uma vez que define a inclinação dos estais e consequentemente sua eficiência. Existem diversas recomendações acerca da altura do mastro. Segundo Gimsing<sup>4</sup> (1983 apud Torneri, 2002), a altura ideal para torres é da ordem de 20% do vão central (medida a partir do nível do tabuleiro) para configuração de cabos em harpa e 15% para configurações em leque. Assim, adotou-se neste estudo um mastro de seção quadrada de 1 m x 1 m e comprimento total de 15 m engastado em sua base, de forma que o tabuleiro encontra-se em sua meia altura. O mastro foi posicionado no centro de gravidade do tabuleiro a fim de minimizar os esforços devidos às excentricidades de carga, conforme Figura 3.

As extremidades do tabuleiro são fixas quanto aos deslocamentos vertical e tangencial, condicionando o encontro com o terreno, além de possuir restrição à rotação torsional, de modo que simula a vinculação com as travessas de apoio.

#### 3.2 Modelo inicial (MI)

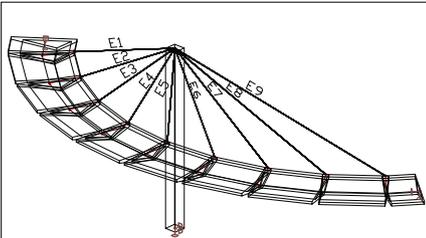
Para as condições apresentadas,



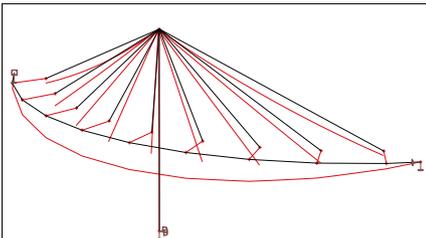
► **Figura 2**  
Seção transversal do tabuleiro (medidas: cm)

<sup>3</sup> CHEN, D.W.; AU, F.T.K.; THAM, L.G. E LEE, P.K.K. DETERMINATION OF INITIAL CABLE FORCES IN PRESTRESSED CONCRETE CABLE-STAYED BRIDGES FOR GIVEN DESIGN DECK PROFILES USING THE FORCE EQUILIBRIUM METHOD. COMPUTER AND STRUCTURES, VOL.74, PP.1-9, 2000.

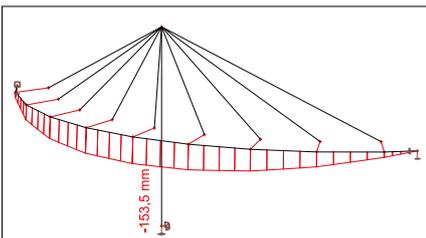
<sup>4</sup> GIMSING, N.J. CABLE SUPPORTED BRIDGES. CHICHESTER: JOHN WILEY, 1983. 400 P.



► **Figura 3**  
Vista isométrica do modelo estrutural



► **Figura 4**  
Estrutura deformada



► **Figura 5**  
Deslocamentos verticais no tabuleiro devido ao peso próprio - modelo inicial

simulou-se um modelo tridimensional no qual se extrairam os deslocamentos devidos ao peso próprio da estrutura. Os resultados são apresentados nas Figuras 4 e 5 com valores característicos.

### 3.3 Modelo com apoios fictícios (MAF)

De forma simplificada, a força nos estais pode ser obtida a partir das reações de apoio por meio do equilíbrio dos nós, conforme ilustrado na Figura 6.

O equilíbrio é dado segundo as equações 1, 2 e 3.

$$N = \frac{R}{\cos \theta} \quad [1]$$

$$\cos \theta = \frac{7,5}{l} \quad [2]$$

onde:

N: força no estai;

R: reação de apoio obtida no modelo;

$\theta$ : ângulo de inclinação do estai;

l: comprimento do estai em metro.

Substituindo-se a equação (2) em equação (1), obtém-se a equação 3

$$N = \frac{R.l}{7,5} \quad [3]$$

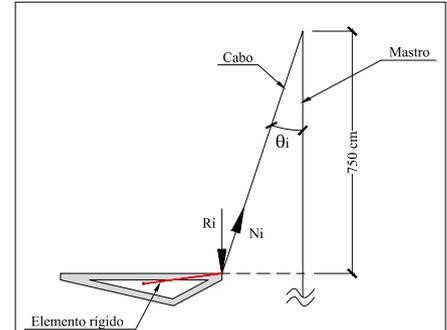
Os resultados são apresentados nas Figuras 7 e 8.

A Tabela 1 resume os esforços devido ao peso próprio em cada estai.

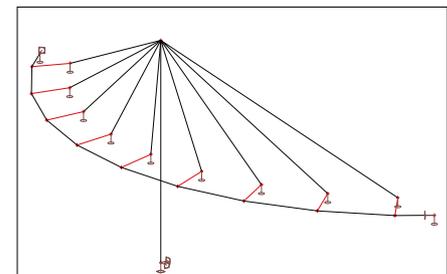
### 3.4 Modelo com cabos tensionados (MCT)

Com os dados obtidos na Tabela 1, elaborou-se um modelo que simula o tensionamento inicial nos cabos.

De acordo com as prescrições da ABNT NBR 7188:2013, a sobrecarga

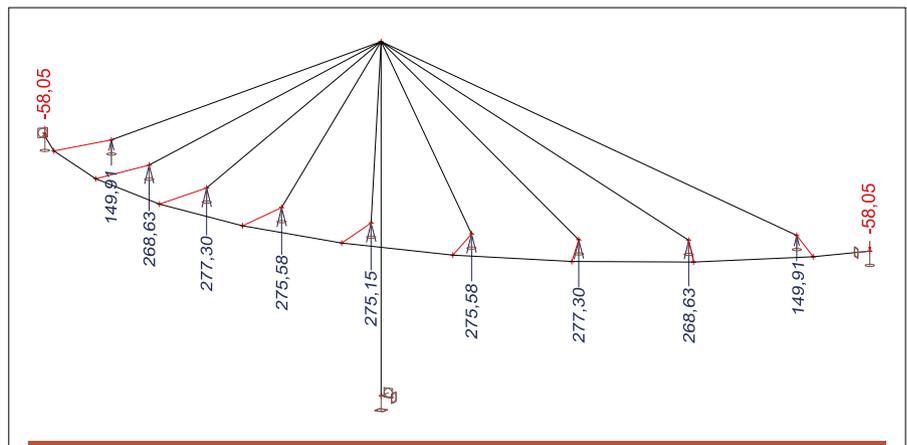


► **Figura 6**  
Corte típico



► **Figura 7**  
Modelo estrutural com apoios fictícios

acidental a ser considerada em passarelas de pedestres é uma carga uniformemente distribuída de intensidade  $p = 5 \text{ kN/m}^2$ , não majorada pelo coeficiente de impacto (Figura 9). O carregamento é aplicado no centróide da seção, distante de 0,076 m do eixo



► **Figura 8**  
Reações nos apoios (unidade: kN)

► Tabela 1 – Determinação dos esforços nos estais

Estai	L (m)	Reação (kN)	N (kN)
1	18,85	149,91	376,77
2	15,13	268,63	541,92
3	11,60	277,30	428,89
4	8,75	275,58	321,51
5	7,55	275,15	276,98
6	8,75	275,58	321,51
7	11,60	277,30	428,89
8	15,13	268,63	541,92
9	18,85	149,91	376,77

resultados obtidos pelo método de anulação das reações, elaborou-se outro modelo com a aplicação de uma queda de temperatura nos estais. De acordo com Ytza (2009), é possível simular a protensão nos estais por meio de temperaturas fictícias determinadas levando-se em conta as propriedades de cada estai e a força nele atuante devido ao peso próprio.

Apresenta-se na equação 4 a formulação da variação de temperatura correspondente à força no estai.

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T \quad [4]$$

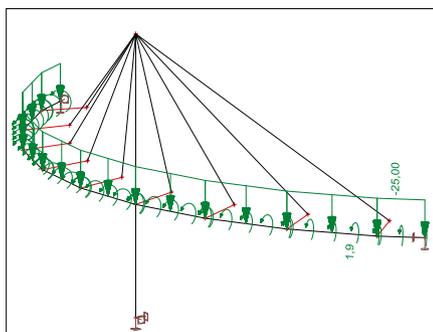
onde:

$\Delta l$ : variação de comprimento do estai;

$\alpha$ : coeficiente de expansão térmica, considerado como  $1,17 \times 10^{-5}$ ;

$l$ : comprimento do estai;

$\Delta T$ : variação de temperatura fictícia.



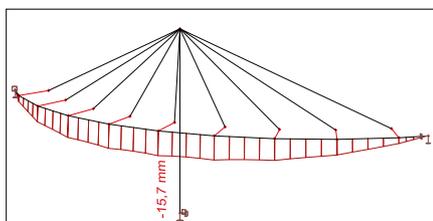
► **Figura 9**  
Sobrecarga acidental  
(unidades: kN, m)

médio do tabuleiro, o que ocasiona um momento torsor correspondente a ser considerado.

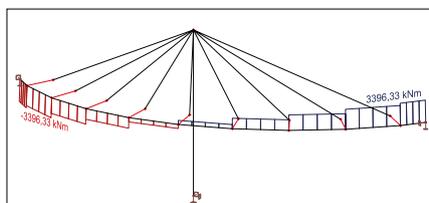
Os resultados nesse caso são apresentados nas Figuras 10 a 15, nas quais se verifica considerável redução nos deslocamentos obtidos em relação ao modelo inicial.

**3.4.1 Equivalência com aplicação de temperatura (MT)**

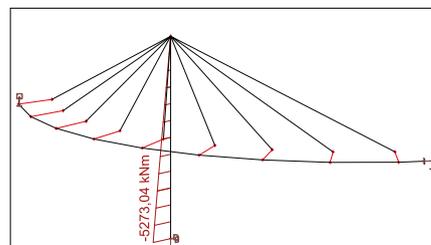
A fim de se avaliar a precisão dos



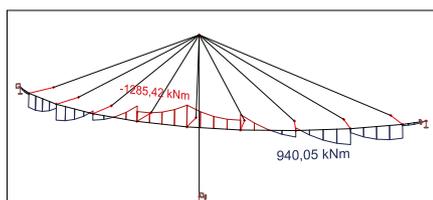
► **Figura 10**  
Deslocamentos verticais no tabuleiro devido ao peso próprio – modelo com cabos tensionados



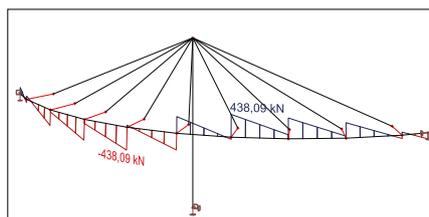
► **Figura 12**  
Momento torsor no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com cabos tensionados



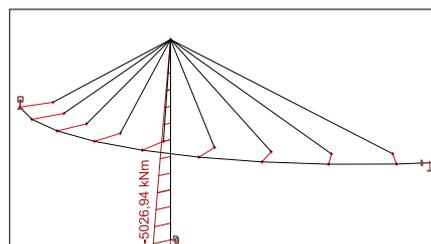
► **Figura 14**  
Momento fletor no mastro devido a cargas permanentes – modelo com cabos tensionados



► **Figura 11**  
Momento fletor no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com cabos tensionados



► **Figura 13**  
Esforço cortante no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com cabos tensionados



► **Figura 15**  
Momento fletor no mastro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com cabos tensionados



► Tabela 2 – Determinação de temperaturas dos estais

Estai	N (kN)	ΔT (°C)
1	376,77	910,09
2	541,92	1308,98
3	428,89	1035,97
4	321,51	776,60
5	276,98	669,05
6	321,51	776,60
7	428,89	1035,97
8	541,92	1308,98
9	376,77	910,09

Por outro lado, a variação de comprimento de uma barra devida a um esforço axial N é dada na equação 5.

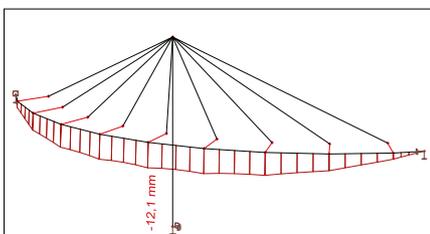
$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A} \quad [5]$$

onde:

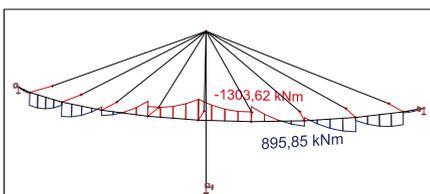
N: força no estai devido ao peso próprio;

E: módulo de elasticidade do aço considerado como 195000 GPa;

A: área da seção transversal do estai



► **Figura 16**  
Deslocamentos verticais no tabuleiro devidos ao peso próprio – modelo com temperatura



► **Figura 17**  
Momento fletor no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com temperatura

considerada como  $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$  para uma cordoalha de  $\varnothing 15,2 \text{ mm}$ .

Igualando-se as expressões (4) e (5), obtêm-se a equação 6.

$$\alpha \cdot \Delta T = \frac{N}{E \cdot A} \quad [6]$$

Portanto, a variação de temperatura referente a uma força N é dada na equação 7.

$$\Delta T = \frac{N}{\alpha \cdot E \cdot A} \quad [7]$$

A Tabela 2 apresenta as variações de temperatura necessárias para anular os deslocamentos verticais quando o tabuleiro está submetido à carga de peso próprio.

Ressalta-se que esses valores foram obtidos a partir da configuração final da ponte. Quando se consideram as etapas construtivas, obtêm-se deslocamentos maiores em função da evolução dos esforços.

Os resultados são apresentados nas Figuras 16 a 21.

### 3.5 Modelo com mastro deslocado (MCT – MD)

Para as mesmas condições descritas e com o modelo com cabos tensionados, analisou-se a influência da posição do mastro no comportamento geral da estrutura. Inicialmente buscou-se uma posição tal que o momento fletor na base devido à carga permanente ficasse próximo de zero. Uma vez que a maior tensão de tração ocorre na face mais próxima ao tabuleiro, deslocou-se o mastro no sentido de seu afastamento, de forma que o desequilíbrio causado compense as solicitações na seção.

Por outro lado, verificou-se que

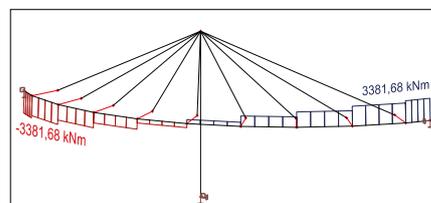
a variação dos esforços quando da existência ou não de sobrecarga acidental é significativa. Dessa forma, considerou-se ideal a configuração que apresentasse menores diferenças entre as diversas combinações de carga, ou seja, valores de esforços mais homogêneos. Em outras palavras, o deslocamento ideal do mastro é aquele em que as excentricidades na base ( $e = M / V$ , sendo M o momento e V a cortante), tanto para cargas permanentes (g) quanto para cargas permanentes mais acidentais (g + q), sejam minimizadas.

A Figura 22 esquematiza o caso.

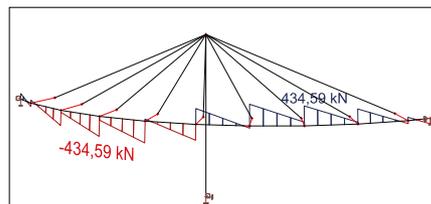
Escolheu-se aqui a posição que resultasse em  $|V \cdot e(g)| \approx |V \cdot e(g+q)|$ , conforme indicam as Figuras 28 e 29.

Em seguida, fez-se a análise dos esforços no tabuleiro.

Para um deslocamento de 1,3 m,



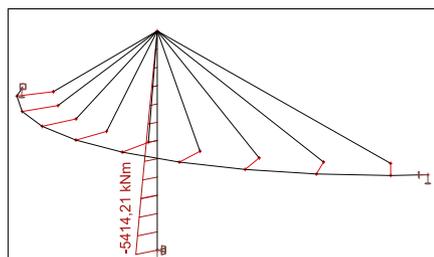
► **Figura 18**  
Momento torsor no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com temperatura



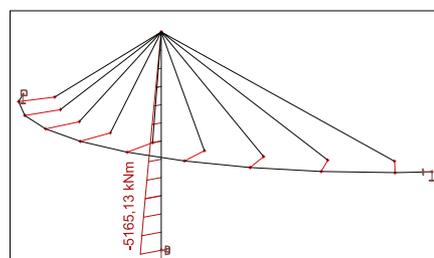
► **Figura 19**  
Esforço cortante no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com temperatura

conforme se apresenta na Figura 23, verifica-se uma redução considerável do momento fletor solicitante no mastro submetido às cargas permanente e acidental em aproximadamente 85% quando se comparam os resultados das Figuras 21 e 29. Para a condição em que há somente peso próprio, a redução é de aproximadamente 81%.

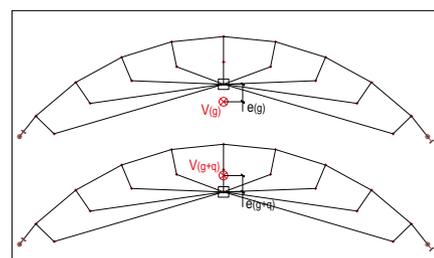
Os resultados são apresentados nas Figuras 24 a 29.



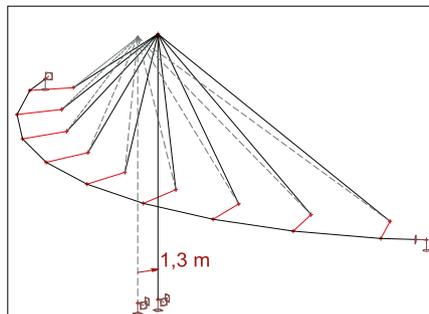
► **Figura 20**  
Momento fletor no mastro devido a cargas permanentes – modelo com temperatura



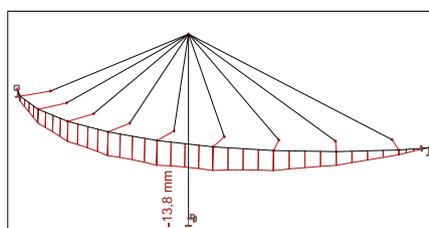
► **Figura 21**  
Momento fletor no mastro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com temperatura



► **Figura 22**  
Excentricidades na base do mastro – vista em planta



► **Figura 23**  
Estrutura com deslocamento de mastro



► **Figura 24**  
Deslocamentos verticais no tabuleiro devidos ao peso próprio – modelo com deslocamento de mastro

### 3.5.1 Verificação da seção de apoio sob torção

Apresenta-se aqui uma breve verificação da seção do tabuleiro para o máximo momento torsor encontrado.

A resistência decorrente das diagonais comprimidas de concreto é obtida pela combinação de torção com força cortante que agem concomitantemente na seção (equação 8).

$$\frac{V_{sd}}{R_{d2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} \leq 1 \quad [8]$$

onde:

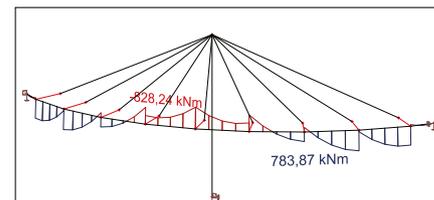
$$\begin{aligned} V_{Rd2} &= 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \\ T_{Rd2} &= 0,5 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot A_e \cdot h_e \cdot \sin(2\theta) \end{aligned} \quad [9]$$

$\alpha_{v2} = 1 - f_{ck}/250$ , com  $f_{ck}$  em MPa;  
 $\theta$ : ângulo de inclinação das diagonais

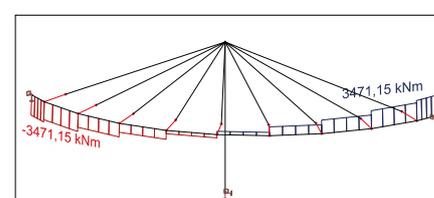
de concreto, considerado como 45°;  
 $A_e$ : área limitada pela linha média da parede da seção vazada, real ou equivalente, incluindo a parte vazada, igual a 1,94 m<sup>2</sup> para as seções junto aos apoios;

$h_e$ : espessura equivalente da parede da seção vazada, real ou equivalente, no ponto considerado, igual a 0,2 m nas seções junto aos apoios;

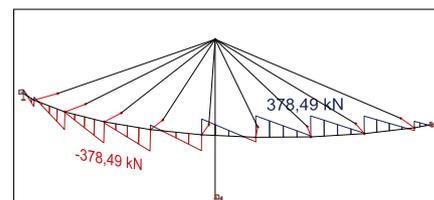
$b_w \cdot d$ : simplificada adotado como



► **Figura 25**  
Momento fletor no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com deslocamento de mastro



► **Figura 26**  
Momento torsor no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com deslocamento de mastro



► **Figura 27**  
Esforço cortante no tabuleiro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com deslocamento de mastro

	$\delta$ (mm)	M Positivo (kN m)	M Negativo (kN m)	M Torsor (kN m)	M Mastro (kN m)	M Mastro (kN m)
Carga atuante	g	g + q	g + q	g + q	g	g + q
MI	153,5	–	–	–	–	–
MCT	15,7	940,05	-1285,42	3396,33	-5273,04	-5026,94
MT	12,1	895,85	-1303,62	3381,68	-5414,21	-5165,13
MCT – MD	13,8	783,87	-828,24	3471,15	-1012,43	757,52

a área da seção, igual a 3 m<sup>2</sup>;

$V_{sd} = 114,23 \times \gamma_f$ , com coeficiente de ponderação de ações  $\gamma_f$  adotado como 1,4;

$T_{sd} = 3471,15 \times \gamma_f$ .

Portanto, tem-se:

$$T_{Rd2} = 5113,3 \text{ kNm e}$$

$$V_{Rd2} = 21349,3 \text{ kNm}$$

[10]

Substituindo-se a equação (8), verifica-se:

$$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} = \frac{114,23 \times 1,4}{21349,3} +$$

$$\frac{3471,15 \times 1,4}{5113,3} \cong 0,96 \leq 1$$

[11]

Tendo em vista que a máxima torção ocorre nas seções de apoio, estudou-se outra alternativa com redução na resistência característica do concreto para 30 MPa, onde considerou-se um aumento na espessura das seções junto aos apoios para 30 cm, como é feito usualmente.

Verificou-se, para essa nova geometria, que a seção de apoio sob torção também atende a condição dada pela equação (8), onde obteve-se:

$$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} \cong 0,99$$

[12]

### 3.6 Comparação de resultados

A Tabela 3 resume os resultados extraídos das análises.

Comparando-se os esforços obti-

dos entre o modelo com cabos tensionados (MCT) e o modelo com aplicação de temperatura (MT), obtém-se uma diferença de menos de 5%. Por outro lado, ao se calcular a diferença entre as flechas, a variação se torna 23%. Isso se deve ao fato de o cálculo da flecha pelo MCT ser feito por um processo iterativo, de forma que os cálculos são executados já na configuração deformada do elemento, diferentemente do MT, ainda que os procedimentos sejam equivalentes.

Embora a variação obtida nos deslocamentos seja relativamente grande, é importante destacar que a flecha não supera o valor de 2 cm em nenhum dos dois casos.

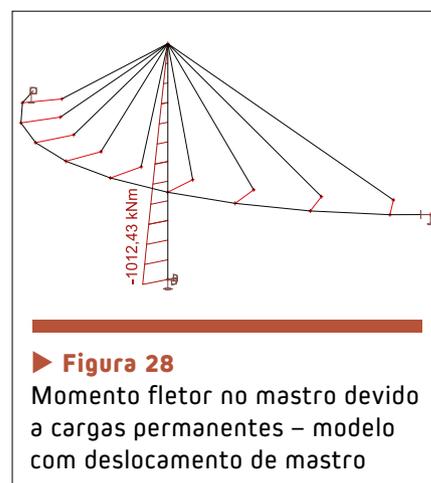
De forma análoga, comparando-se com o modelo com mastro deslocado (MCT – MD), o resultado é ainda mais favorável. A variação entre as flechas é da ordem de 14%. Em conjunto com isso, verifica-se uma melhor distribuição de esforços no tabuleiro, além de uma considerável redução, em termos absolutos, nos momentos fletores. O estudo demonstra que as reduções chegam a até 35%.

Por outro lado, o ganho estrutural no mastro é ainda mais relevante. Além de também se obter melhor distribuição de esforços, verifica-se redução nos momentos fletores de 80% a 85%.

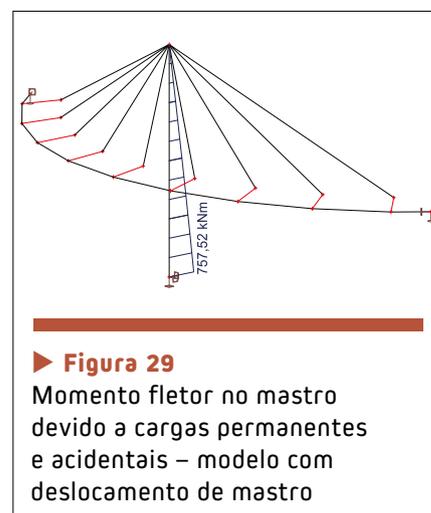
Isso mostra que, por meio de um simples ajuste geométrico, pode-se otimizar consideravelmente a seção dos elementos e, conseqüentemente, reduzir o consumo de material.

## 4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstraram que os métodos de avaliação das forças nos cabos são válidos, como era de se esperar, e devem ser absolutamente equivalentes se for usado um processo iterativo para os dois (MCT e MT). A vantagem da temperatura é poder ser aplicada em qualquer programa computacional e levar a um resultado aproximado mesmo com apenas uma iteração.



► Figura 28  
Momento fletor no mastro devido a cargas permanentes – modelo com deslocamento de mastro



► Figura 29  
Momento fletor no mastro devido a cargas permanentes e acidentais – modelo com deslocamento de mastro

Uma importante conclusão é que se pode suspender o tabuleiro apenas pela borda interna sem criar torções insuportáveis. Pretende-se comparar, em trabalhos futuros, essa suspensão com aquela dos dois lados e ainda apenas do lado externo, eventualmente com mastro inclinado.

Além disso, verifica-se que o comportamento da estrutura mos-

trou-se bastante sensível no que se refere à posição do mastro, uma vez que o deslocamento de 1,3 m teve considerável influência nas solicitações da estrutura. Ressalta-se que, embora tal deslocamento seja pequeno em relação às dimensões globais da estrutura, modificações na sua geometria podem não ser aplicáveis, visto que tal necessida-

de se atrela às restrições do estudo geométrico.

Neste trabalho foi apresentado um dos fatores que podem otimizar o projeto. Ainda assim, o campo de estudos referente ao presente assunto ainda é bastante amplo, tendo este trabalho a finalidade de contribuir com a sequência de pesquisas nessa área. 

## ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

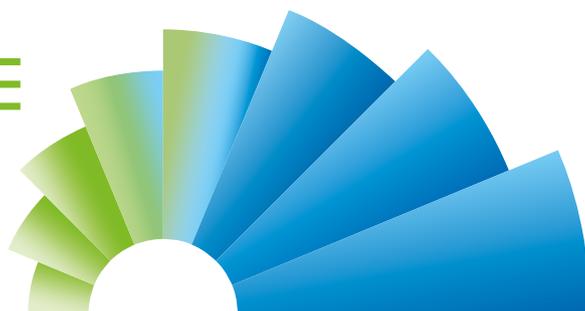
- [01] GIMSING, N.J.; GEORGAKIS, C.T. Cable Supported Bridges. 3. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2012. 592p.
- [02] LUCHI, L.A.R. Protensão em Pontes Celulares Curvas. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [03] OLIVEIRA, P.A.; MACHADO, R.D.; HECKE, M.B. Análise Estática Não-Linear de Cabos Utilizando o Método dos Elementos Finitos In: Jornadas Sul-Americana De Engenharia Estrutural, 2002, Brasília. Proceedings of Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural. 2002. v. 1, p. 1-19.
- [04] STUCCHI, F. R. Sobre o Comportamento Estrutural das Pontes Celulares. 1982. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [05] TORNERI, P. Comportamento Estrutural de Pontes Estaiadas: Comparação de Alternativas. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- [06] TROITSKY, M.S. Cable-Stayed Bridges: Theory and Design. London: Crosby Lockwood Staples, 1977, 385 p.
- [07] YTZA, M.F.Q. Métodos Construtivos de Pontes Estaiadas: Estudo da Distribuição de Forças nos Estais. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.



# A SOLUÇÃO PERSONALIZADA PARA VOCÊ

A marca que você conhece e confia tem um novo nome..

**GRACE**



  
**gcp**  
applied technologies

Para mais informações acesse [gcpat.com/construction/pt-br](http://gcpat.com/construction/pt-br) ou ligue 0800 0147223.

# A modelagem numérica da interação solo-estrutura

FÁBIO SELLEIO PRADO – ENGENHEIRO EGT ENGENHARIA | PROFESSOR ASSISTENTE

INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

MARCELO WAIMBERG – GERENTE TÉCNICO

EGT ENGENHARIA

## I. INTRODUÇÃO

Para se resolver um problema físico real, a solução usual é recorrer a modelos matemáticos que representem adequadamente esse problema.

Nas obras em geral, a análise estrutural parte sempre de um modelo matemático da realidade que se deseja representar. Nesse modelo são adotadas teorias de cálculo conhecidas, representações aproximadas das ações na estrutura e do comportamento dos materiais, condições de contorno (interfaces da estrutura com o ambiente), além de hipóteses simplificadoras para representação da geometria real, com o objetivo de se compreender o comportamento dessa estrutura, isto é, essencialmente prever suas deformações e deslocamentos, bem como o “caminho” das cargas pelos elementos que a compõem.

O que se busca é que esses modelos representem o mais fielmente possível aquele comportamento estrutural. A dificuldade para o engenheiro é que a avaliação dos resultados é feita, no caso geral, para uma estrutura que ainda não existe e deformações e deslocamentos que se desejam prever são, usualmente, imperceptíveis a olho nu.

Com a evolução nas últimas duas décadas dos equipamentos e programas de informática, é cada vez mais simples e menos custoso resolver numericamente os modelos matemáticos.

Hoje, o custo de processamento não é mais uma variável relevante na modelagem numérica. Os programas de análise estrutural disponíveis permitem que se simule praticamente qualquer estrutura, sem limites à criatividade na sua concepção.

Nessas análises, em um caso geral, não é possível desconsiderar a interação entre solo e estrutura sem se afastar da realidade que se busca representar.

Em algumas estruturas, como nas obras enterradas, essa interação é mesmo o principal fator a definir o comportamento estrutural.

## 2. HIERARQUIA DE MODELOS

A representação de uma estrutura através de um modelo matemático sempre esteve, historicamente, condicionada às ferramentas disponíveis para sua resolução.

Desse modo, modelos mais simples sempre foram preferíveis no dia a dia do engenheiro de estruturas.

A análise dos resultados obtidos nesses modelos é facilmente comparada com resultados prévios de estruturas análogas e ajuda a entender o comportamento das estruturas que estão sendo projetadas. Por outro lado, a repetição dessas análises realimenta o processo de concepção e ajuda a aguçar a sensibilidade quanto ao comportamento esperado dessas estruturas.

No entanto, não é possível descon-

siderar o fato de que modelos mais simples incluem mais hipóteses simplificadoras. Essas hipóteses podem estar relacionadas com as teorias de cálculo consideradas, com a representação geométrica da estrutura, com as propriedades dos materiais, etc.

Tome-se o caso de uma edificação com fundações profundas, por exemplo estacas cravadas. Um primeiro modelo em que o confinamento lateral dessas estacas seja representado por molas ao longo do comprimento (modelo de Winkler, para mais detalhes ver (1)), pode fornecer resultados bastante satisfatórios na análise da estrutura do prédio. Esse modelo pode evoluir, incluindo molas verticais representando o atrito lateral entre solo e estaca. Molas verticais e horizontais podem ser substituídas por elementos de material elastoplástico, que simulem de maneira mais realista o comportamento do solo na interação com a fundação.

Cada uma dessas alterações corresponde à eliminação de hipóteses simplificadoras e a obtenção de resultados mais precisos na análise. Note-se que nem sempre esse ganho de precisão é relevante (ou mesmo necessário) face às simplificações eliminadas. Muitas vezes, esse ganho de precisão é ilusório, face às incertezas dos dados de entrada (para uma discussão acerca da precisão de modelos de cálculo, ver (3)).

Ainda que se continue evoluindo, com a consideração de elementos de

comportamento não linear, eventualmente não isotrópicos, em três direções, representados por uma matriz de rigidez, em que os efeitos cruzados também são considerados, há um claro limite para o que pode ser representado por esse modelo. Não é possível, por exemplo, conhecer o estado e comportamento do maciço logo antes e após a execução das fundações.

Para resolver essa questão e obter essas informações adicionais, um novo modelo numérico, mais sofisticado, precisa ser considerado. Por exemplo um modelo em que o solo seja representado por elementos finitos e a interface com as estacas, por elementos de contato adequadamente definidos.

Esse novo modelo, por sua vez, também pode incluir informações adicionais do comportamento dos materiais e da história do maciço, resultando análises mais precisas.

A essa evolução nos modelos numéricos, desde os mais simples até os mais complexos e abrangentes, dá-se o nome de Modelagem Hierárquica (ver (2) para mais detalhes).

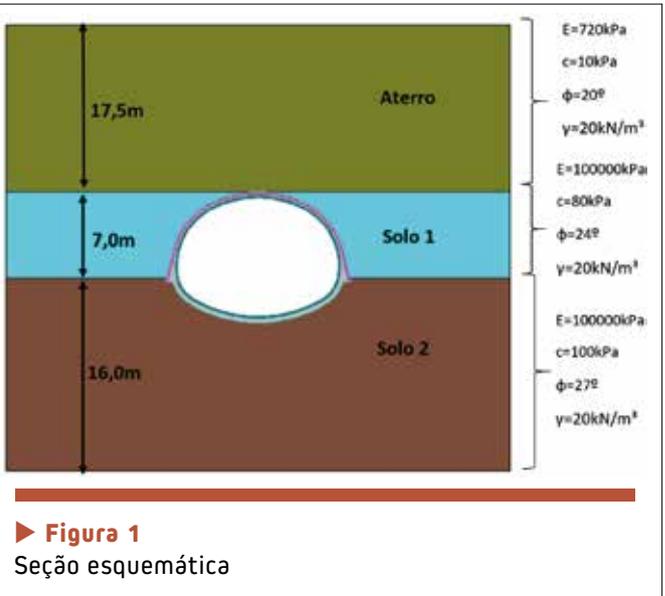
As ferramentas computacionais hoje disponíveis, como o Método dos Ele-

mentos Finitos, permitem análises sofisticadas, em que o solo é, ao mesmo tempo, vínculo e carga na estrutura, permitindo incorporação de fluxos d'água ou outros fluidos.

Ressalte-se que, via de regra, modelos mais complexos são mais custosos (não tanto quanto ao processamento, mas sempre com relação às análises de resultados). Eles têm também maior probabilidade de que se cometam erros de modelagem e interpretação, já que a checagem dos resultados pode ser menos intuitiva.

Assim, cabe ao engenheiro estabelecer as informações necessárias e definir modelos em que, com precisão suficiente, possam ser obtidas essas informações.

Cabe também ao engenheiro certificar-se de que, mesmo fazendo uso de modelos hierarquicamente superiores, um



► **Figura 1**  
Seção esquemática

critico a seguir o problema da análise do revestimento de um túnel em solo.

### 3. EXEMPLO - REVESTIMENTO DE UM TÚNEL

Como exemplo de comparação entre modelos de diferentes níveis hierárquicos para a representação do problema do revestimento de um túnel com diâmetro equivalente de 11,3m, considere o maciço esquemático e a geometria do túnel indicados na Figura 1. Por simplicidade não se considerou a presença de água no maciço.

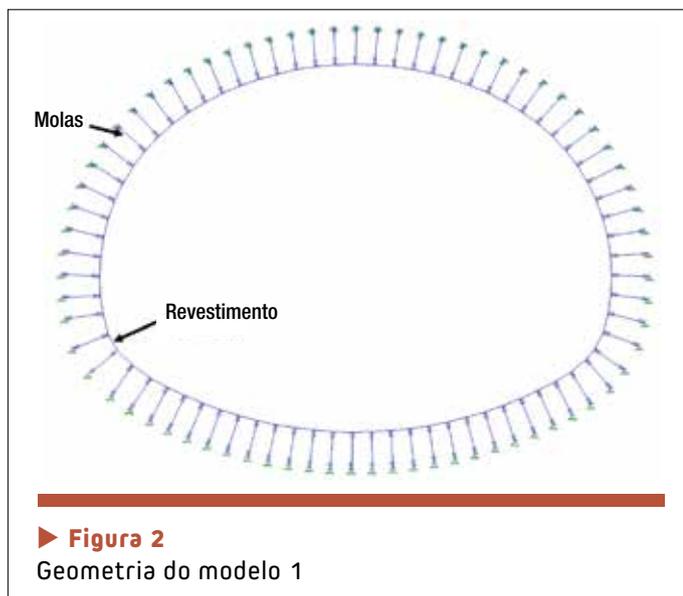
A análise preliminar dos parâmetros da Figura 1 indica pequeno potencial de arqueamento de carga em torno do túnel. Assim, optou-se inicialmente por um modelo de barras com carregamento vertical total sobre o revestimento ( $\gamma h$ ).

#### 3.1 Modelo de ordem hierárquica mais baixa (modelo I)

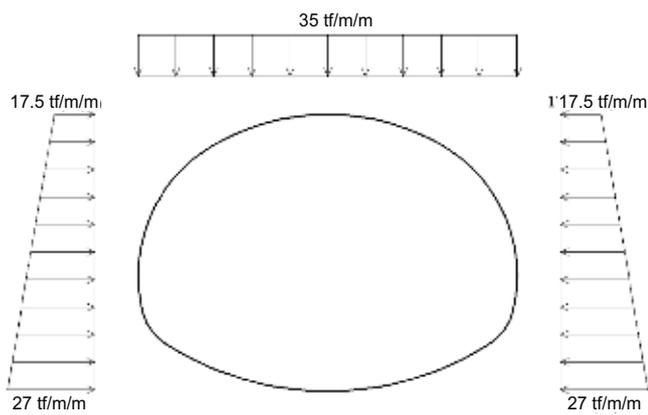
O modelo em elementos finitos de barras que representa o túnel de forma simplificada foi elaborado no programa STRAP 2011, que é um programa de elementos finitos generalista.

modelo mais simples para o mesmo problema (e, portanto, menos preciso e com menos informações resultantes) seja considerado, de modo a servir como parâmetro de comparação e análise do comportamento global da estrutura.

A título de exemplo, é des-



► **Figura 2**  
Geometria do modelo 1



► **Figura 3**  
Carregamento no revestimento, desprezando o arqueamento

Para representar o revestimento do túnel foram utilizados elementos de barra com meio metro de comprimento e com função de forma linear. Para representar o maciço foram utilizados elementos de mola elásticos não lineares (só podem ser comprimidos), com rigidez equivalente a  $E/D$  ( $E$  é o módulo de elasticidade da camada de solo e  $D$  o diâmetro equivalente do túnel).

O revestimento foi considerado em concreto com comportamento elástico linear (em uma primeira aproximação).

O modelo não representou as fases construtivas.

Desprezando o possível arqueamen-

to de carga no maciço os carregamentos verticais e horizontais e horizontais do túnel ficam como indicado na Figura 3.

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os diagramas de momento fletor e força

normal no revestimento do túnel para o carregamento indicado na Figura 3.

### 3.2 Modelo de ordem hierárquica mais alta (modelo 2)

Para investigar melhor o comportamento do maciço e o efeito do possível arqueamento de carga nas solicitações do revestimento, bem como os recalques causados na superfície, o modelo anterior não é suficiente.

Não basta refinar o modelo e os parâmetros adotados. É preciso elaborar um novo modelo, hierarquicamente mais avançado que o modelo de barras. Por exemplo, um modelo em ele-

mentos finitos plano com a representação do maciço.

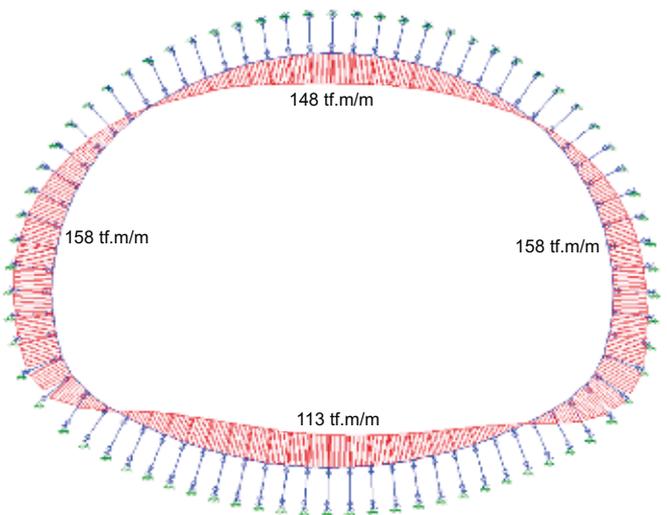
O modelo em elementos finitos que representa o meio contínuo foi elaborado no programa Midas NX, que é um programa especializado em modelagens de maciços, túneis, valas, etc.

O modelo elaborado é plano e sua matriz constitutiva é para estado plano de deformação (EPD).

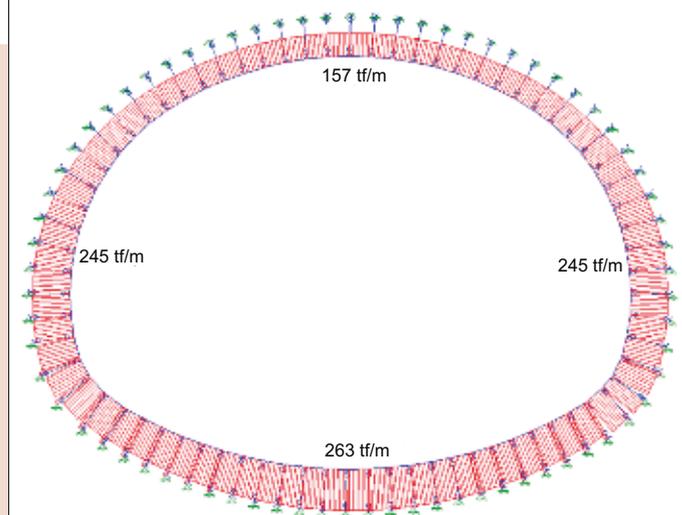
Para representar o revestimento do túnel foram utilizados elementos de barra com meio metro de comprimento e com função de forma linear. Para representar o maciço foram utilizados elementos planos com lados de meio metro e função de forma linear.

Manteve-se o revestimento em concreto com comportamento elástico linear. Já para o maciço foi considerado o critério de Mohr-Coulomb para resistência, adotando os parâmetros da Figura 1.

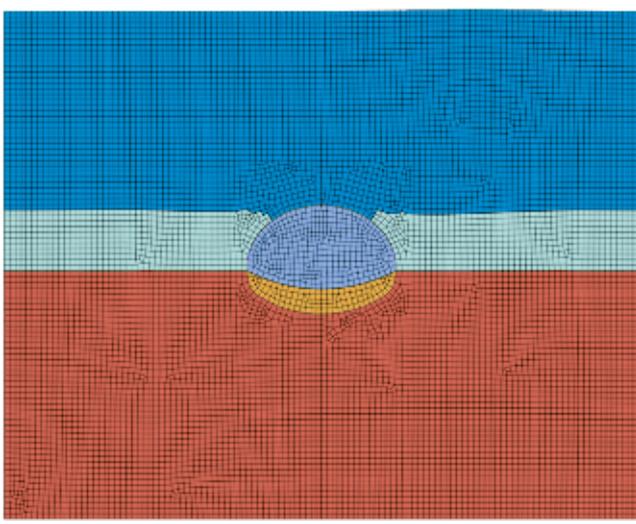
O modelo foi dividido em duas fases. Na primeira fase instala-se o estado inicial de tensões no maciço na hipótese geostática. Na segunda fase é feita a abertura do túnel em uma única fase de escavação e aplicado o seu revestimento.



► **Figura 4**  
Momento fletor no modelo simplificado



► **Figura 5**  
Força normal no modelo simplificado



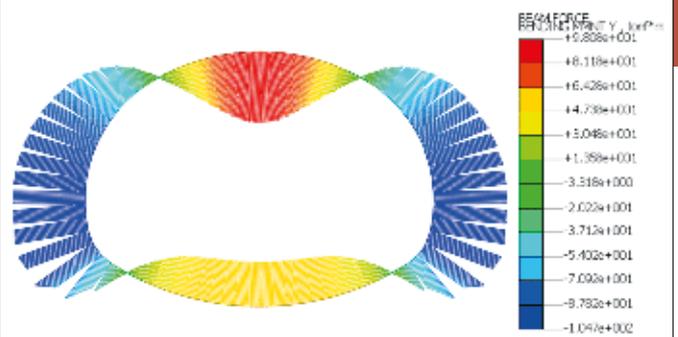
► **Figura 6**  
Geometria do modelo 2 em elementos finitos

O carregamento é gerado automaticamente pelo programa, considerando o peso próprio do maciço e do revestimento e sua interação (Figura 6).

Nas Figuras 7 e 8 são apresentados os resultados de momento fletor e força normal no revestimento do túnel.

Com este modelo de ordem hierárquica mais alta é possível ver os resultados do recalque na superfície do terreno e também se houve plastificação no maciço. Estes resultados são apresentados nas Figuras 9 e 10.

Nota-se que o momento fletor na calota superior do modelo simplificado possui um valor maior que aquele encontrado no modelo em meio contínuo. Esta diferença ocorre, porque no modelo em meio contínuo existe um arqueamento de carga,



► **Figura 7**  
Momento fletor (tf.m/m)

mento de carga, que não é representado no modelo simplificado.

A hipótese simplificadora adotada para o carregamento não estava adequada. Assim, é proposta uma nova forma de carregar o modelo simplificado para que este represente melhor a interação solo-estrutura.

### 3.3 Modelo de ordem hierárquica mais baixa - revisão do carregamento adotado (modelo 3)

A nova proposta de carregamento, com uma simulação do arqueamento do maciço, é apresentada na Figura 11 (notar que a resultante da carga vertical é a mesma).

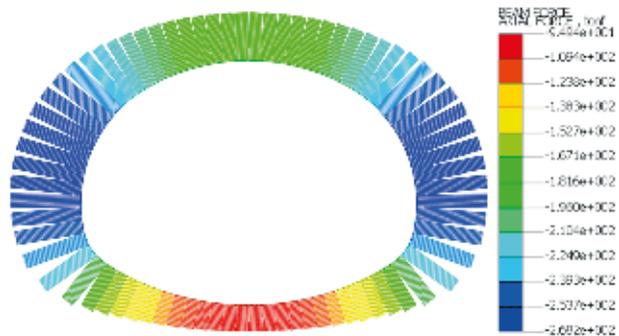
Nas Figuras 12 e 13 são apresentados os diagramas de momento fletor e força normal no revestimento do túnel para o

carregamento indicado na Figura 11.

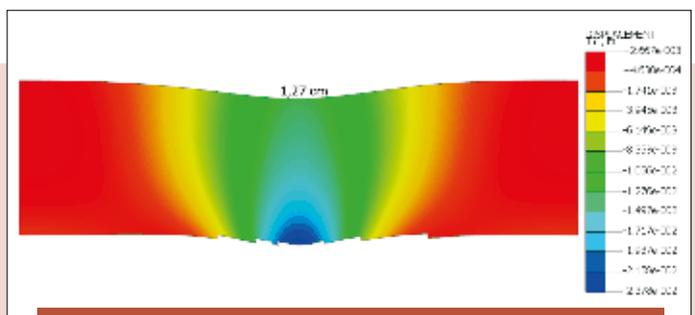
Verifica-se na Tabela 1 que os resultados de momento fletor e força normal no modelo simplificado (baixa hierarquia) com o carregamento revisado e o modelo em meio contínuo (alta hierarquia) são muito próximos. Isso mostra que, mesmo o modelo sendo mais simples, se os parâmetros e os dados de entrada forem coerentes com o problema físico que se deseja representar, seus resultados são bastante próximos aos de modelos de hierarquia superior.

Note-se que ainda há alguma diferença importante nos resultados do arco invertido, provavelmente decorrente do arqueamento da carga horizontal aplicada, pois o material da camada inferior de solo é bastante rígido.

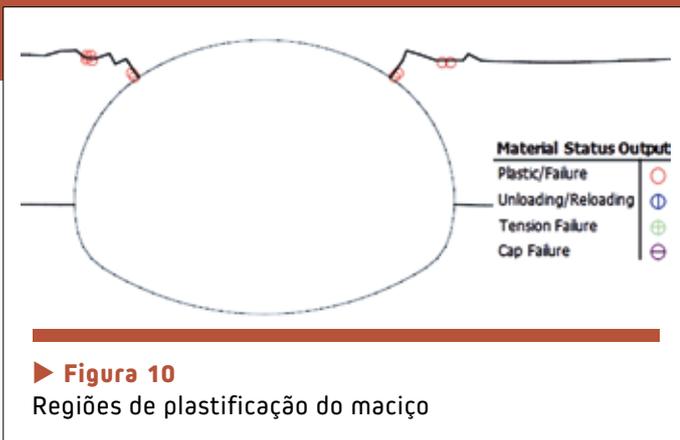
Numa tentativa de melhorar a precisão desses resultados, ambos os modelos poderiam evoluir. No modelo de elementos finitos, o critério de resistência do solo



► **Figura 8**  
Força normal (tf/m)



► **Figura 9**  
Curva de recalques na superfície do terreno



► **Figura 10**  
Regiões de plastificação do maciço

poderia ser substituído pelo Mohr-Coulomb modificado, enquanto no modelo de barras o carregamento horizontal poderia ser corrigido para levar em conta o arqueamento do empuxo, de maneira análoga ao que foi feito para a carga vertical.

Um modelo de barras, mais simples e adequadamente calibrado, pode fornecer informações iniciais valiosas na análise do problema.

Nos modelos de hierarquia superior é possível, no entanto, obter informações adicionais, como o comportamento do maciço escavado, incluindo a curva de recalques na superfície, suas tensões e regiões de plastificação.

#### 4. CONCLUSÕES

A interação solo-estrutura é muito

importante na definição do comportamento estrutural e pode ser modelada numericamente de diversas formas, desde a representação do solo por vinculações elásticas,

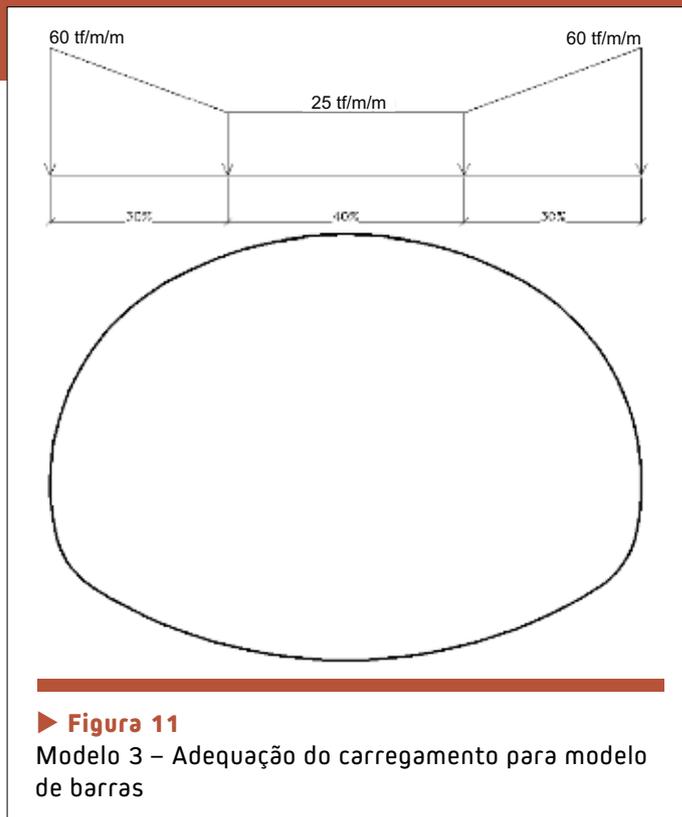
como no modelo de Winkler, até modelos de elementos finitos não lineares.

Embora seja tentadora a ideia de sempre se utilizarem modelos mais sofisticados para essas análises, uma vez que programas e equipamentos de informática estão hoje disponíveis a um custo razoável, essa opção deve sempre ser evitada de início.

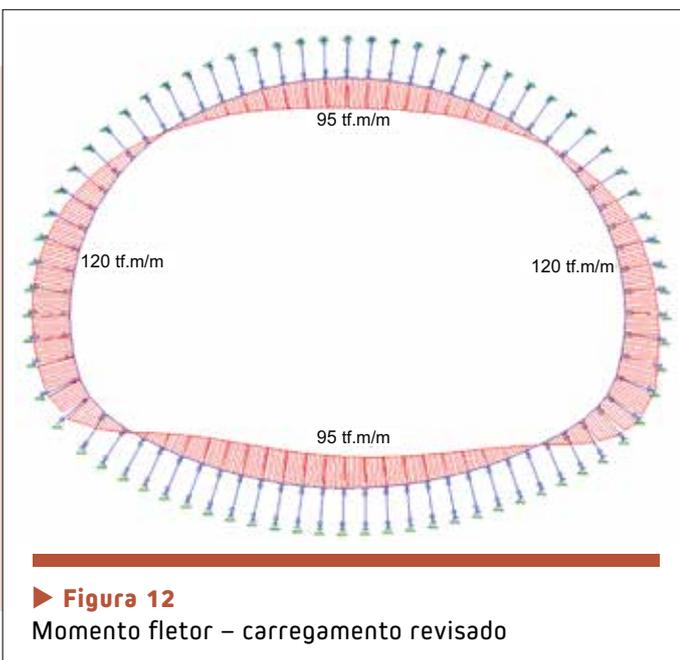
Modelos mais simples, desde que

baseados em hipóteses adequadas, trazem resultados tão bons quanto, como se observa no exemplo apresentado.

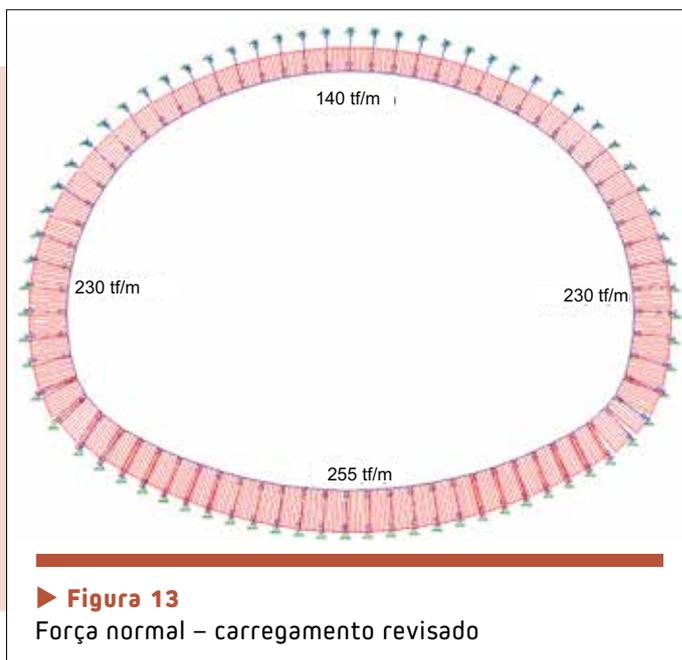
Ocorre que, em vários casos, os resultados obtidos podem ser insuficientes. Cabe ao engenheiro identificar a possibilidade de, a partir de modelos hierarquicamente mais simples, avançar para modelos mais



► **Figura 11**  
Modelo 3 – Adequação do carregamento para modelo de barras



► **Figura 12**  
Momento fletor – carregamento revisado



► **Figura 13**  
Força normal – carregamento revisado

► Tabela 1 – Comparação de esforços entre os modelos

Posição	Solicitação	Modelo 1 (barras)	Modelo 2 (MEF)	Diferença (2/1)	Modelo 3 (barras modif.)	Diferença (2/3)
Calota	Momento fletor (tf.m/m)	148	98	34%	95	3%
	Normal (tf/m)	157	180	15%	140	29%
Lateral	Momento fletor (tf.m/m)	158	105	34%	120	13%
	Normal (tf/m)	245	250	2%	230	9%
Arco invertido	Momento fletor (tf.m/m)	113	40	65%	97	59%
	Normal (tf/m)	263	95	64%	255	63%

sofisticados que permitam obter informações adicionais e, eventualmente, aumentar a precisão dos resultados obtidos.

Mas, de todo modo, essa possibilidade não prescinde dos modelos mais simples, com os quais se pode compreender de maneira ge-

ral o comportamento da estrutura. Essa compreensão pode ser ampliada e/ou refinada nos modelos mais sofisticados. ➤

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] Velloso, D. A. e Lopes, F. R., 2009, "Fundações, volume 1: critérios de projeto: investigação de subsolo: fundações superficiais", Nova Ed, São Paulo: Oficina de Textos.
- [02] Bucalem, M. L. e Bathe, K. J., 2011, "The mechanics of solids and structures – hierarchical modeling and the Finite Element Solution", Springer-Verlag.
- [03] Duddeck, H., 1987 "Codes need different structural design models than research work", CEB Bulletin D'Information nº 170/179, Lausanne.



**A experiência de quem saber fazer.**

A Mega Concreto chega com uma equipe motivada e liderada por profissionais experientes que gostam de desafios. Não é a toa que muitas das histórias do concreto no Brasil foram escritas por eles e pelo visto escreverão muitas mais.

**Nossa estrutura**

- 120 m³/h de produção de concreto de qualidade.
- Produção e entregas informatizadas.
- Precisão e rapidez no atendimento.
- Estrutura eficiente de pós-venda.
- Soluções para obras de pequeno, médio e grande porte.
- Usinas de canteiro.



# Seminário discute os desafios e perspectivas da industrialização da construção civil

Com a presença de cerca de 100 participantes, a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (Abcic) realizou no último dia 22 de setembro o 7º Seminário Internacional Abcic “Inovação e ousadia para vencer os atuais desafios e gerenciar o futuro”.

O secretário geral da fib, Eng. David Fernandez-Ordoñez, expôs os trabalhos que estão sendo feitos na entidade para o desenvolvimento da pré-fabricação em concreto no mundo, como a publicação do Model Code 2010, que incluiu as mais avançadas tecnologias e soluções construtivas relacionadas aos pré-fabricados, contemplando as particularidades de cada país no desenvolvimento e aplicação dos sistemas pré-fabricados. Segundo ele, o Model Code 2010 influenciou a revisão de diversas normas na Europa, Ásia e África e, em razão disso, as atividades preparatórias para o lançamento do Model Code 2020 já estão em andamento, com a reunião de especialistas de diversos países nas comissões e grupos de trabalho da fib.

Já, o consultor de planejamento estratégico da Abcic, Gerson Ishikawa, traçou quatro cenários para o setor de pré-fabricação nos próximos anos. No primeiro cenário (de canteiro de obras), o setor manterá sua participação no mer-

cado da construção, respondendo por 2 a 5% desse mercado. No segundo cenário (de patchwork), as vulnerabilidades do setor de pré-fabricação serão expostas e solucionadas por outros sistemas construtivos. No terceiro cenário (de solução completa), projeta-se uma ampliação de participação dos pré-fabricados no mercado da construção em até 10 vezes, pois nele a industrialização da construção será a opção de engenharia preferencial. Por fim, o quarto cenário (de verticalização) estará sujeito a fatores externos, como competitividade regional, transferência de tecnologias.

Encerrando as palestras do período matutino, o professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), Paulo Fonseca de Campos, abordou como a inovação será a indutora do desenvolvimento sustentável no setor de pré-fabricação. Segundo o arquiteto, a redução do consumo de cimento no segmento de pré-fabricados é consequência de uma inovação introduzida no setor, que está permitindo produzir peças mais esbeltas, sem perder segurança estrutural. Paulo Fonseca lançou a versão em espanhol do livro *“La Tecnología Del Microcad aplicada a la construcción del Habitat Social”*, do qual foi coordenador e um dos autores.

As palestras do período vespertino

voltaram-se para exposição de cases de obras que optaram pelo sistema de pré-fabricados. O diretor da construtora Sumitomo Mitsui Construction, Akio Kasuga, expôs alguns projetos de pontes e de edifícios altos executados no Japão. Já, o diretor da Commercial Design and Concepts, George Jones, apresentou a construção da nova estação Paddington, que integra importante sistema público de transportes de Londres. Por fim, o engenheiro da EGT Engenharia, Marcelo Waimberg, apontou exemplos de pontes no Brasil construídas com pré-fabricados. Ele também comentou os trabalhos que estão sendo desenvolvidos para a publicação de um Boletim sobre Pontes Pré-Fabricadas pela fib. Segundo ele a publicação contará com exemplos de uso de pré-fabricados de diferentes países, para contribuir para o desenvolvimento geral das práticas e tecnologia da pré-fabricação no mundo.

Além da participação da diretora de marketing do IBRACON, Íria Doniak, que é a presidente-executiva da Abcic, o Seminário teve a participação do diretor de publicações técnicas, Eduardo Millen, e da diretora técnica do IBRACON, Inês Battagin. Na ocasião, Battagin informou aos presentes a formação de um Comitê Técnico de Pré-Fabricado, fruto da parceria entre Abcic e IBRACON. ☛

# Discussões de estratégias aplicadas na simulação numérica de uma viga de concreto armado

TÚLIO RAUNYR CÂNDIDO FELIPE – MESTRANDO • VLADIMIR GUILHERME HAACH – PROFESSOR DOUTOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS EESC-USP

## I. INTRODUÇÃO

O método amplamente utilizado nos softwares para simulação atualmente é dos Elementos Finitos (MEF). De forma simplista, consiste em transformar um problema complexo na soma de diversos problemas simples, diminuindo o custo computacional. Conforme Soriano (1990), o MEF é um método que consiste em aproximar uma função contínua de um modelo discreto em um número finito de pontos pré-selecionados no seu domínio. O domínio é dividido em subdomínios ou elementos de dimensão finita interligados por meio de pontos. Estes são chamados de nós, aqueles de elementos finitos.

Como o MEF é um método aproximado, os seus resultados devem ser interpretados com atenção. A ABNT NBR 6118:2014 no item 14.2.2 recomenda que os modelos estruturais analisados pelo MEF utilizem uma discretização de forma a não acarretar erros expressivos para análise. Portanto, para fugir de tais erros são necessárias as devidas calibrações dos modelos numéricos. Estas devem ser verifica-

das através de resultados conhecidos (experimentais). Também é necessário conhecimento teórico e adequada operação do software de elementos finitos.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo discutir estratégias numéricas a serem utilizadas na simulação de vigas de concreto armado sujeitas à flexão. Para tal, um estudo de caso foi realizado em uma viga de concreto armado de seção I. Esta foi ensaiada por Takeya (2007) no Laboratório do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP). A mesma foi simulada com dois tipos de elementos finitos (barra e chapa) no software DIANA®. Os resultados numéricos foram comparados com resultados experimentais, discutindo as diferentes estratégias que podem ser aplicadas para obter modelos mais confiáveis.

## 2. METODOLOGIA

Na simulação com elemento de viga os parâmetros geométricos foram determinados para a seção homogeneizada. É uma boa prática utilizar a

seção homogeneizada. Isto porque não é possível no elemento de viga posicionar a armadura. Os parâmetros físicos foram utilizados de acordo com os dados experimentais obtidos por Takeya (2007). Análise foi realizada no regime estático linear. Os seus resultados foram comparados com os resultados teóricos.

Na simulação de elementos de superfícies é necessário a determinação da sua espessura. Uma boa prática é calibrar a espessura da chapa, partindo-se da experimentação de valores de espessuras que resultem no mesmo deslocamento vertical no meio do vão, igual ao da viga calculado pelo modelo teórico. Como a viga é de seção I, deve-se experimentar valores no intervalo limitado entre a espessura da alma e a espessura da mesa. Assim, utilizou-se dois modelos numéricos para a simulação da viga considerando elemento de chapa. No primeiro (modelo numérico I), considerou-se a viga formada por uma seção retangular. No segundo (modelo numérico II), a viga foi simulada considerando sua seção I. Para calibrar a espessura destes modelos com os resultados

teóricos, considerou-se a carga de ruptura centrada no ponto de aplicação do modelo experimental. A análise foi realizada no regime estático linear.

Quando um elemento fletido de concreto armado está solicitado por um momento fletor, com valor maior que seu momento de fissuração, ocorrerão fissuras. Verifica-se que os elementos estruturais quando submetidos à flexão, estão tipicamente fissurados. Essas fissuras ocorrem pela baixa resistência do concreto à tração. O efeito da fissuração em peças de concreto armado tem uma grande influência na resposta não linear da estrutura. Isto porque a fissuração diminui a sua rigidez. Portanto, para aproximar os resultados experimentais com os numéricos, foram simulados os modelos numéricos I e II aplicando critérios de fissuração.

Quando uma estrutura de concreto atinge um certo valor de sollicitação, verifica-se uma redução da sua rigidez com um aumento significativo das deformações. Este comportamento é denominado como strain softening. Este também é conhecido como amolecimento do material. Podendo ocorrer tanto na tração como na compressão.

Para representar esse comportamento no software DIANA®, adotou-se o modelo de fissuração Multi-Directional Fixed Crack Model (MDFCM). Este modelo é baseado na deformação distribuída com múltiplas fissuras. O modelo de fissuração distribuída pode ser descrito como um método que provoca mudança na rigidez da estrutura quando o critério de fissuração for atingido.

Para utilizar MDFCM são necessários os valores de: energia de fratura, resistência à tração, coeficiente de retenção ao cisalhamento e comprimento de banda de fissuração.

A energia de fratura pode ser entendida como a energia necessária para causar um dano irreversível no material. Na tração a energia de fratura é a área necessária para propagação de uma fissura de área unitária. Partindo das recomendações do CEB-FIP Mode Code 1990 (1993), resulta:

$$G_f = G_{f0} \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,70} \quad [1]$$

Sendo,  $G_f$  a energia de fratura à tração em (N.mm/mm<sup>2</sup>),  $G_{f0}$  o parâmetro que depende do diâmetro máximo do agregado, conforme a Tabela 1,  $f_{cm}$  a resistência média do concreto à compressão.

Partindo do valor de  $f_{cm}$  apresentada na Tabela 2, e do diâmetro máximo do agregado igual a 8,00 mm, resulta  $G_f = 0,0501$  N.mm/mm<sup>2</sup>.

A resistência à tração do concreto foi adotada de acordo com a Tabela 2. O coeficiente de retenção ao cisalhamento,  $\beta$ , é um parâmetro que reduz o valor do módulo de elasticidade transversal do concreto quando ocorre fissuração. O  $\beta$  pode ser considerado como uma parcela de cisalhamento que o concreto resiste após a fissuração. Entende-se como uma maneira de considerar o engrenamento entre os agregados (SILVA e HAACH (2016)). O valor de  $\beta$  varia entre 0,01 a 0,99. Contudo, como a ruptura da viga foi à flexão o  $\beta$  não tem influência nos resultados.

O comprimento de banda de fissuração,  $h$ , é definido como a largura da microfissura que o elemento de concreto na fissuração está submetido. Este parâmetro é utilizado para suprir a dependência da malha do modelo.

No software DIANA® o usuário pode fornecer um valor de entrada ou utilizar o seu *default*. Utilizando o *default*, o mesmo faz um cálculo aproximado a

► Tabela 1 – Valores de  $G_{f0}$  em função do diâmetro máximo do agregado

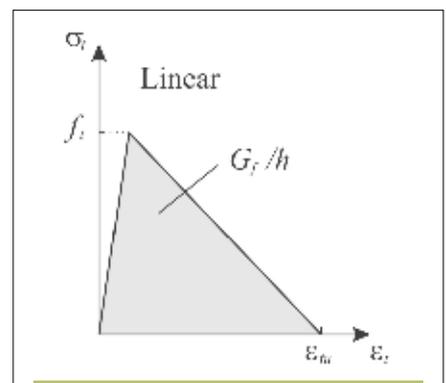
Diâmetro máximo do agregado (mm)	$G_{f0}$ (N.mm/mm <sup>2</sup> )
8,00	0,025
16,00	0,030
32,00	0,058

partir da geometria da malha. No caso de estruturas planas, o DIANA® calcula o valor de  $h$ , a partir da raiz quadrada da área do elemento adotado na simulação. Contudo, se a malha adotada tiver uma geometria ruim, o modelo estará submetido a graves erros.

Portanto, para fugir deste problema, pode-se determinar o valor de  $h$ , calculando-se a área sob a curva dada na figura 1.

$$h = \frac{2G_f}{\epsilon_u f_t} \quad [2]$$

Sendo,  $f_t$  a resistência à tração do concreto e  $\epsilon_u$  a deformação última do concreto à tração. Partindo do valor  $f_t$  dado na Tabela 2, e, considerando que a deformação do concreto a nível de escoamento do aço CA-50 é  $\epsilon_u = 0,00238$ , tem-se,  $h = 20,70$  mm.



► Figura 1 Representação do modelo de enrijecimento à tração do concreto (SILVA e HAACH (2016))

► Tabela 2 – Dados do experimento (TAKEYA (2007))

$f_{cm}$	$f_{ct}$	$E_{ct}$	$f_y$	$E_s$	Carga de fissuração teórica		Carga de ruptura teórica	
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	$F_r$ (kN)	$M_r$ (kN.m)	$F_u$ (kN)	$M_u$ (kN.m)
27	2,09	29098	610	210000	4,00	5,42	45,60	57,05

Para o concreto à compressão adotou-se o critério de resistência de Drucker-Prager. Os valores de ângulo de atrito e coesão foram adotados, respectivamente,  $10^\circ$  e  $0,42f_c$ . Em que  $f_c$  é dada na tabela 2. Para o aço adotou-se o critério de resistência de Von-Mises, com a

tensão de escoamento igual 610 MPa.

A aplicação de uma carga concentrada gera tensões que tendem ao infinito. Assim, uma boa prática de simulação, neste caso, é criar no ponto de aplicação da carga uma chapa de dimensões e material conhecidos. Isto porque na

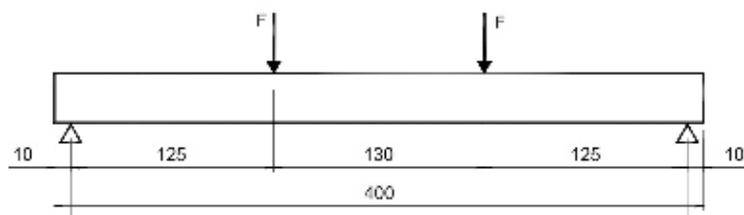
realidade as cargas concentradas são distribuídas em pequenas áreas. Na prática, adotam-se as dimensões da chapa utilizada na realização do ensaio experimental. Contudo, deve-se ter uma atenção na compatibilização da malha. Isso porque se não houver a compatibilização dos deslocamentos entre os nós da malha da chapa com a malha da viga, aquela simplesmente vai afundar na malha da viga. Neste trabalho, adotou-se uma chapa metálica quadrada com lados de 100 mm e altura igual a 25 mm.

### 3. MODELO EXPERIMENTAL

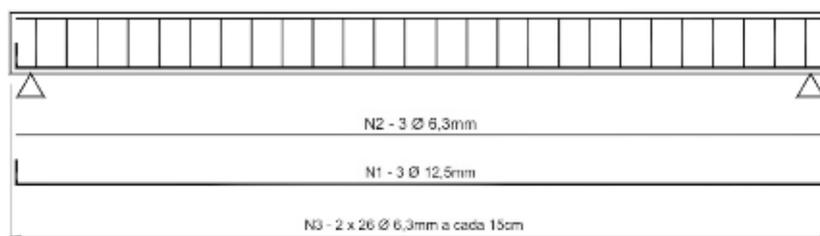
Na Figura 2 é mostrado o modelo do protótipo de viga de concreto armado ensaiada no laboratório de engenharia de estruturas da EESC-USP. Este protótipo foi dimensionado para que a ruína ocorresse por escoamento das barras de aço da armadura e não por ruptura à compressão do concreto. As barras longitudinais superiores ( $3\phi 6,3\text{mm}$ ) são barras de montagem (construtivas). As barras longitudinais inferiores ( $3\phi 12,5\text{mm}$ ) foram dimensionadas para suportar o momento positivo, conforme mostrado na figura 3. Essas barras são formadas por aço CA-50. O protótipo foi moldado com concreto tal que a dosagem em massa foi 1: 2,7: 3,7:  $a/c=0,6$ . A Figura 4 apresenta a proposta de instrumentação (TAKEYA, 2007).

### 4. MODELO NUMÉRICO

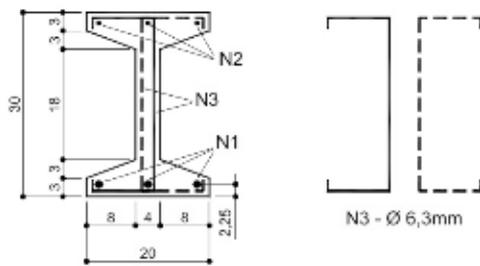
Partindo da Figura 2, pode-se determinar uma estrutura mais simples para a simulação através da simetria do



► Figura 2  
Modelo do protótipo de viga ensaiada (TAKEYA (2007))



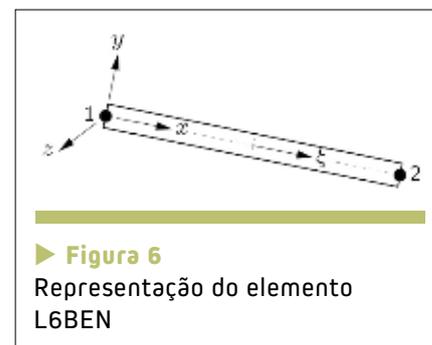
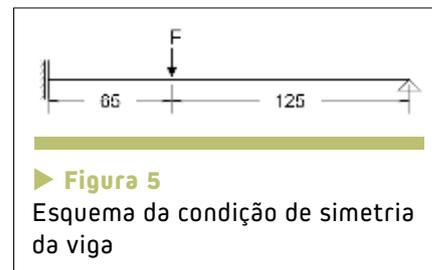
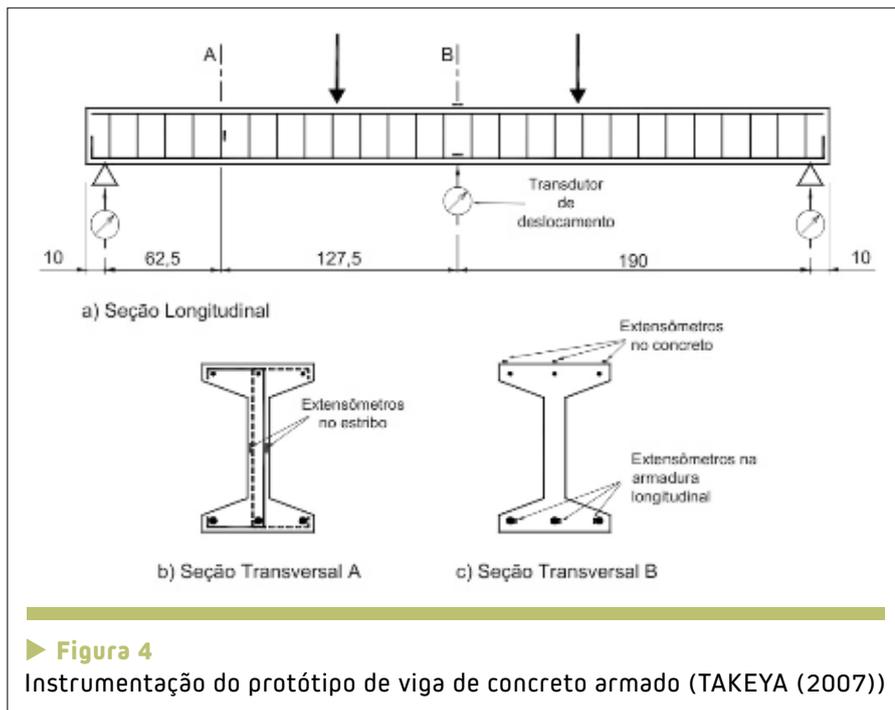
a) Seção Longitudinal



b) Seção Transversal

► Figura 3  
Detalhamento das barras das armaduras da viga de concreto armado (TAKEYA (2007))





#### 4.2.1 MODELO NUMÉRICO I

modelo, conforme mostrado na Figura 5. Esta é uma boa prática de simulação que deve ser sempre que possível adotada. Isto porque diminui a quantidade de elementos finitos, e, conseqüentemente, a capacidade computacional. A seguir, discutem-se os procedimentos adotados na realização das simulações.

### 4.1 Elemento de viga

Viga pode ser definida de forma simplista como um elemento estrutural reticulado que tem rigidez a flexão e possui dois graus de liberdade. Sendo um deslocamento perpendicular ao seu eixo ( $v$ ) e uma rotação da seção transversal ( $\theta$ ).

Para a simulação foi utilizado o elemento de viga L6BEN disponível no software DIANA®. Este elemento possui dois nós, conforme mostrado na Figura 6. O mesmo é descrito por uma função de aproximação dos deslocamentos do 3º grau. A sua formulação é baseada na cinemática de Euler-Bernoulli. A malha foi discreti-

zada em 38 elementos (50 mm) e 39 nós, considerando a simplificação da simetria.

### 4.2 Elemento de chapa

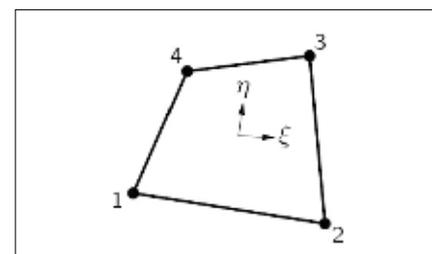
Chapa é definida como um elemento estrutural laminar plano de pequena espessura, em que as forças de superfície são aplicadas paralelamente ao seu plano médio, sem solicitação atuando perpendicularmente a ele. Pode-se afirmar que, para forças de superfícies nulas nas faces da chapa, as forças no centro de uma espessura muito fina são aproximadamente zero.

Por essas características, pode-se afirmar que as chapas trabalham no Estado Plano de Tensões (EPT). Quando utilizam-se os elementos de chapa no MEF, estes são discretizados em elementos finitos bidimensionais planos. As formas mais comuns destes elementos são a triangular e retangular. Estes possuem dois graus de liberdade por nó, que são os deslocamentos  $u$  e  $v$ , respectivamente, nas direções  $x$  e  $y$ .

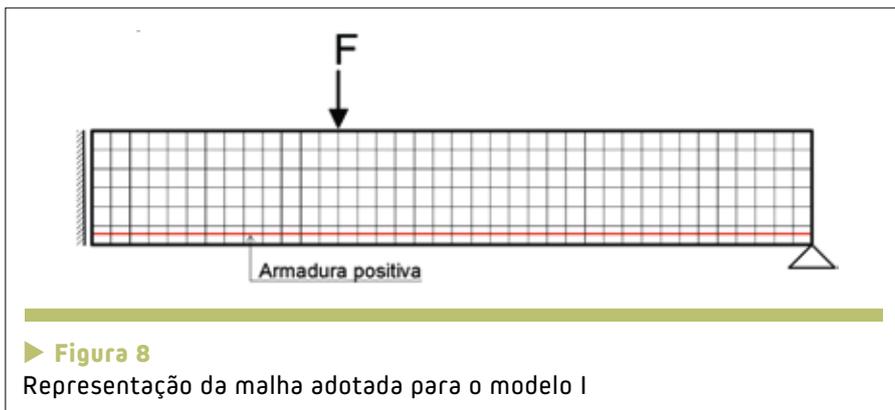
Utilizou-se o elemento isoparamétrico Q8MEM do software DIANA®. Este elemento é formado por quatro nós, conforme mostrado na Figura 7. A função de aproximação dos seus deslocamentos é linear.

A malha foi discretizada em elementos quadrados de 50 mm, em um total de 238 elementos e 273 nós. A armadura positiva foi introduzida no modelo por meio de uma barra equivalente de mesma área. Para aproximar ao problema real, a barra foi posicionada distante de 3 cm (cobrimento) da face inferior da viga (ver Figura 8).

Para a determinação da sua



► **Figura 7**  
Representação do elemento Q8MEM



► **Figura 8**  
Representação da malha adotada para o modelo I

espessura, o carregamento adotado foi a carga de ruptura no nó 248. Este nó é o ponto de aplicação da carga concentrada para o modelo experimental.

► **Tabela 3 – Deslocamentos verticais no ponto A – modelo teórico**

F (kN)	δ (mm)
0	0,00
5	-0,91
10	-1,83
15	-2,74
20	-3,65
25	-4,57
30	-5,48
35	-6,39
40	-7,31
45	-8,22
45,6	-8,33

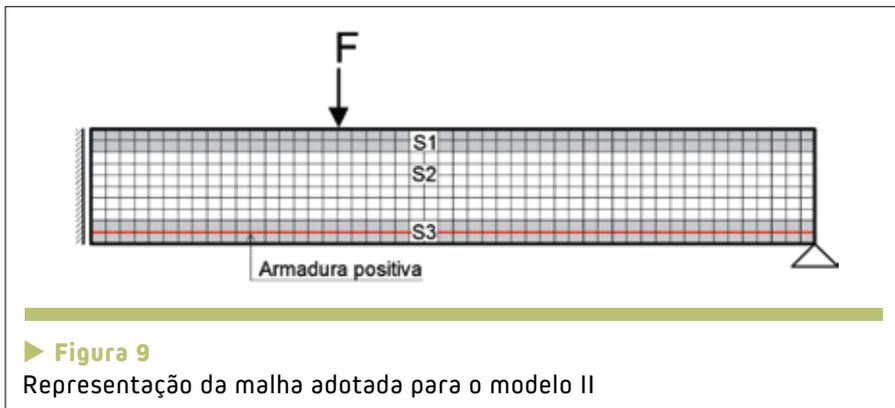
#### 4.2.2 MODELO NUMÉRICO II

O modelo numérico II também foi simulado com elemento de chapa. Contudo, utilizaram-se três superfícies S1 (mesa superior), S2 (alma) e S3 (mesa inferior) na discretização da viga, de maneira a considerar a variação da espessura da seção I.

As superfícies S1 e S3 foram discretizada em 100 elementos. A superfície S2 em 350 elementos. Em um total de 510 nós em toda a malha. Utilizou-se o elemento isoparamétrico Q8MEM. A armadura positiva foi disposta com as mesmas prescrições do modelo numérico I.

### 5. RESULTADOS

O primeiro passo é determinar os deslocamentos e tensões na viga pela Teoria Clássica da Mecânica dos Sólidos. Isto é importante para comparar com os resultados do modelo numérico.



► **Figura 9**  
Representação da malha adotada para o modelo II

► **Tabela 4 – Tensões de tração e compressão para a carga de ruptura – modelo teórico**

Posição da fibra em relação a linha neutra (cm)	σx (MPa)
-16,17	-25,40
13,83	21,72

Para tal, utilizou-se o Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV) para a determinação dos deslocamentos, variando a carga de zero ao valor da carga de ruptura.

O cálculo das tensões máxima de tração e compressão foi realizado entre a aplicação das cargas concentradas. Isto porque neste intervalo o momento fletor é constante (flexão pura). Partindo da equação deduzida na mecânica dos sólidos para flexão pura, e considerando o valor do momento de ruptura teórico dado na Tabela 2, obtém-se:

$$\sigma_x = \frac{M_z y}{I_z} \quad [3]$$

Em que,  $I_z$  é o momento de inércia para a seção homogeneizada, sendo  $I_z = 36324 \text{ cm}^4$ . Para o elemento de viga, obteve-se os deslocamentos verticais pelo MEF da Tabela 5

Sabe-se que a função exata da elástica para um carregamento concentrado é um polinômio do 3º grau. Logo, o valor determinado pelo MEF, neste caso, é a solução exata para os deslocamentos da viga. As tensões devem ser verificadas de acordo com a Equação 3. Assim, o momento fletor no centro do vão pelo MEF é de 57,00 kN.m, o que resulta nos dados da Tabela 6.

Portanto, como era esperado, o valor das tensões máximas de

► Tabela 5 – Deslocamentos verticais no ponto A – modelo numérico com elemento de viga

F (kN)	$\delta$ (mm)
0	0,00
5	-0,91
10	-1,83
15	-2,74
20	-3,65
25	-4,57
30	-5,48
35	-6,39
40	-7,31
45	-8,22
45,6	-8,33

tração e compressão, também, foram aproximadamente as mesmas do modelo teórico. Para o modelo numérico I, obteve-se o valor de 148,5 mm para a espessura da viga, de acordo com a Tabela 7.

Utilizando os dados da Tabela 2, e aplicando o MDFCS do software DIANA®, obteve-se o Gráfico 1. Verifica-se uma dispersão do resultado numérico no início do diagrama. Se comparamos o valor de carga de ruptura da viga do modelo experimental (41,30 kN) com o modelo numérico

► Tabela 6 – Tensões de tração e compressão – modelo numérico com elemento de viga

Posição da fibra em relação a linha neutra (cm)	$\sigma_x$ (MPa)
-16,17	-25,37
13,83	21,70

I (44,30 kN), observa-se um aumento de 7,26%. Esta diferença pode ser considerada pequena. Em relação ao modelo teórico, as cargas de ruptura do modelo experimental e do modelo numérico I tiveram uma diminuição, respectivamente, de 10,41% e 2,93%.

Partindo da hipótese que a dispersão dos resultados no início do diagrama foi devido à discretização da malha, realizou-se uma nova simulação considerando o modelo numérico II.

Em relação ao modelo numérico II, utilizando-se o deslocamento vertical no meio do vão, para a carga de ruptura dado pelo modelo teórico. Pode-se calibrar a espessura do elemento de chapa para este novo modelo.

Portanto, adotou-se as espessuras da alma e da mesa, respectivamente, 40 mm e 187 mm. Assim, utilizando-se a Tabela 2 e o critério de

► Tabela 7 – Calibração da espessura do modelo numérico I

Espessura (mm)	Flecha (mm)
180	-6,98
170	-7,35
160	-7,78
150	-8,25
140	-8,78
145	-8,51
148	-8,35
148,5	-8,33

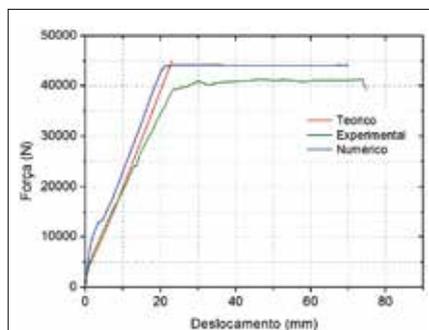
fissuração MDFCS, obteve-se os resultados da Tabela 8.

Como pode ser verificado do Gráfico 2, a discrepância nos resultados iniciais foi muito pequena. Isto confirma a hipótese adotada anteriormente. Em relação a carga de ruptura, o modelo II teve um aumento de 5,81% em comparação com o resultado experimental. Também o mesmo teve uma redução de 4,11% em relação ao valor teórico, mas a mesma carga de ruptura do modelo I. Portanto, adotou-se este modelo como padrão para a comparação com os outros resultados experimentais.

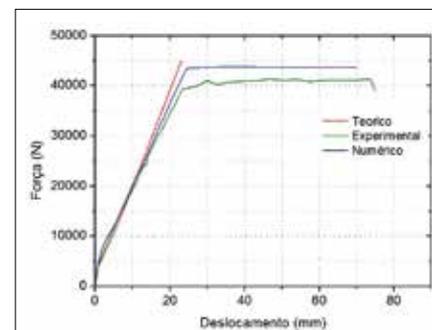
Para validar o modelo II, comparou-se os resultados experimentais

► Tabela 8 – Calibração da espessura do modelo numérico II

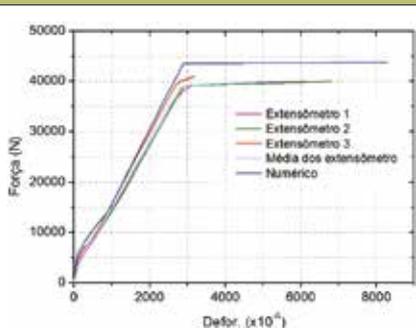
Mesa (mm)	Alma (mm)	Flecha (mm)
200	40	-7,89
200	60	-7,58
180	40	-8,60
185	40	-8,41
190	40	-8,29
187	40	-8,33



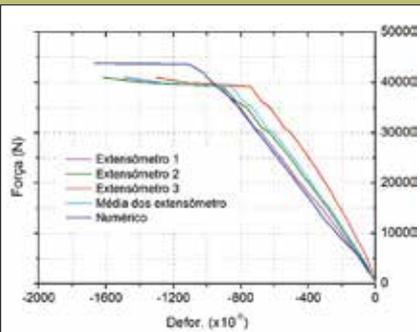
► Gráfico 1  
Diagrama força x deslocamento modelo numérico I



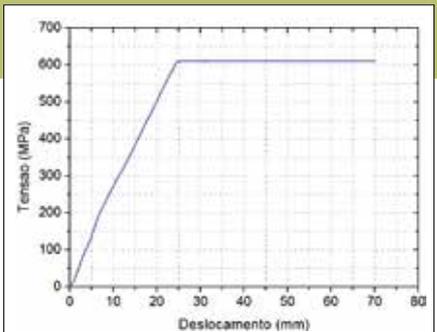
► Gráfico 2  
Diagrama força x deslocamento modelo numérico II



► **Gráfico 3**  
Diagrama de deformação nas barras de aço



► **Gráfico 4**  
Diagrama de deformação no concreto



► **Gráfico 5**  
Comportamento do aço após abertura da primeira fissura

obtido por Takeya (2007) de deformações na armadura, como também as deformações no concreto na região do meio do vão da viga. Partindo do Gráfico 3, verifica-se um comportamento nos resultados bastante semelhantes para as deformações nas barras de aço.

Em relação as deformações no concreto (Gráfico 4) verifica-se uma convergência dos resultados numéricos em comparação com os resultados experimentais. Verifica-se também a abertura da fissura no elemento 457, conforme mostrado na Figura 10. Verifica-se, que após a abertura da fissura, os elementos anteriores e posteriores não tiveram

mais variações nas suas deformações com o aumento da carga.

A utilização do critério de fissuração (MDFCS) para a simulação do concreto traz bons resultados, conforme mostrado na Figura 10. Isto porque o comportamento real da estrutura de concreto, na ocorrência de fissuras, é acompanhado com a perda de rigidez.

Partindo do Gráfico 5, observa-se que a partir do instante da primeira fissura no elemento 457, a armadura para um passo de carga maior entrou em escoamento.

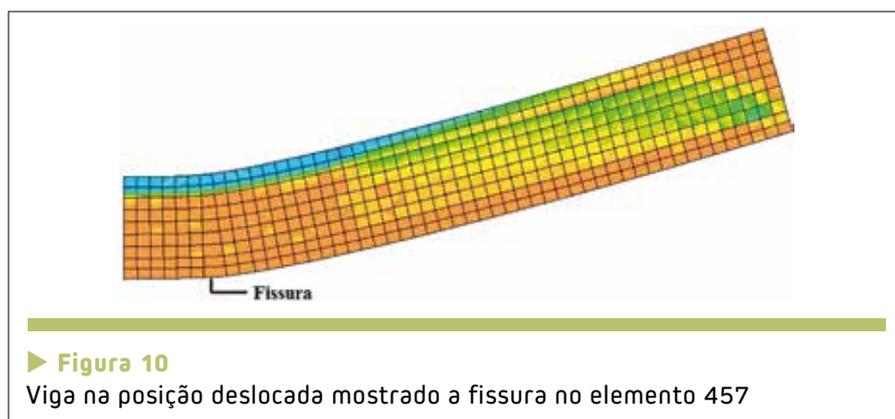
Como já citado anteriormente, a viga de concreto armado ensaiada por Takeya (2007) foi dimensionada para

que a ruína ocorresse por escoamento das barras de aço. Logo, verifica-se no Gráfico 5 a confirmação desta hipótese.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou algumas estratégias para a simulação de uma viga de concreto armado. Foi verificado que, para a viga em estudo, o modelo numérico II com elemento de chapa apresentou resultados mais próximos dos resultados experimentais. Observou-se que, para o passo de carga de abertura da primeira fissura, o modelo numérico II provocou o escoamento da armadura (elemento 457).

Portanto, a hipótese de considerar o concreto armado como um material homogêneo e com comportamento elástico está longe de refletir o comportamento real de uma estrutura de concreto armado. Isto porque a fissuração provoca a diminuição da rigidez da estrutura. Por fim, conclui-se que a calibração de um modelo numérico por resultados experimentais é fundamental para a validação do modelo. Pode-se afirmar que é a parte mais importante na simulação numérica. ◀



► **Figura 10**  
Viga na posição deslocada mostrando a fissura no elemento 457

## ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118 PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROCEDIMENTO. RIO DE JANEIRO, 2014.
- [02] COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. CEB-FIP Model Code 1990. London, Thomas Telford, 1993.
- [03] SILVA, M. F. A.; HAACH, V. G.. Parametrical study of the behavior of exterior unreinforced concrete beam column joints through numerical modeling. Computers and Concrete, v.18, p. 215-233, 2016.
- [04] SORIANO, H. L.. Método dos elementos finitos em análise de estruturas, São Paulo, EDUSP, 1990.
- [05] TAKEYA, T.. Relatório de ensaios de protótipo de viga de concreto armado. São Carlos, EESC-USP, 2007.

## Regional de Mato Grosso do Sul encerra sua programação com cursos e workshop

Foi realizado um curso e um workshop sobre revestimento com argamassa no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande, com apoio da Regional do IBRACON na região. O Programa de Desenvolvimento de Construtoras qualificou 15 alunos no curso que discutiu os conceitos, a viabilidade, o projeto e o planejamento na aplicação de argamassas, com carga horária de 26 horas, dividida em três módulos. Já o workshop, realizado no dia 24 de novembro, trouxe estudos de caso, produtos, equipamentos e estudos para aumentar a qualidade e produtividade do uso da argamassa como revestimento. Realizada pelo PDC, ABCP e Comunidade da Construção, teve o



Elza Nakakura em aula sobre conceitos e viabilidade na aplicação de revestimentos de argamassa

apoio da Construtora Planalto, Crea-MS, Cimento Itaú, IBRACON, IEMS, Sermix Sinduscon-MS, UFMS e Votorantim Cimentos.

Já, nos dias 1 e 2 de dezembro, a UFMS, ABCP e o IBRACON realizaram o curso

de produção e controle de qualidade de artefatos de concreto, com o engenheiro Idário Fernandes, com aulas teóricas na Universidade e aulas práticas na Pav Tubo. O curso contou com apoio da Cimento Itaú e da Votorantim Cimentos.

## RAA é tema de palestra no Rio de Janeiro



Prof. Cláudio Sbrighi Neto em sua palestra

A misteriosa reação álcali-agregado no concreto foi o tema da palestra do coordenador do Comitê de RAA e diretor tesoureiro do IBRACON, Cláudio Sbrighi Neto, na sua Regional no Rio de Janeiro, no dia 22 de novembro, no Clube de Engenharia.

Com realização conjunta da ABECE, Clube de Engenharia e IBRACON, a palestra trouxe para os 50 profissionais presentes, os conceitos, mecanismos, medidas preventivas e corretivas, casos de estruturas afetadas por RAA e a apresentação da ABNT NBR 15577:2014.

## II Workshop de Concreto em Natal

No dia 23 de setembro foi realizado no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, em Natal, o II Workshop de concretos utilizados em usinas eólicas, com os palestrantes Bernardo Tutikian (CAA para estruturas pré-moldadas de

torres), George Maranhão (Análises e dimensionamento de fundações para torres eólicas) e José Martins de Souza Júnior (Experiência em controle tecnológico de concreto em 30 usinas eólicas no Brasil).

Com realização do IBRACON, o workshop contou com a colaboração da Atelier, EEPC e Dois A Engenharia e o apoio de UFRN, Instituto Federal do Rio Grande do Norte e Universidade Potiguar.

## II Seminário Pernambucano de Estruturas de Fundações

Na Universidade Católica de Pernambuco, no dia 16 de novembro, aconteceu o II Seminário Pernambucano de Estruturas de

Fundações, organizado pelo diretor regional do IBRACON, Prof. Romilde Almeida de Oliveira.

O Seminário discutiu os aspectos

geotécnicos e estruturais no projeto e execução de fundações e contou com o apoio da Unicap e do Sinaenco-PE.

## Eventos na Regional do Espírito Santo

Foram realizados cursos de aperfeiçoamento de curta duração (carga horária de 16 horas) na Universidade Federal do Espírito Santo, com a instrutora Profa. Geilma Lima Vieira, sobre patologia das construções, perícias em edificações e técnicas de recuperação

e reforço de estruturas degradadas.

Já, no dia 30 de novembro, a Regional realizou o I Seminário Capixaba de Manutenção em Estruturas de Concreto, no Sinduscon-ES, com palestras de Oswaldo Cascudo (Projeto de estrutura de concreto e sua importância para

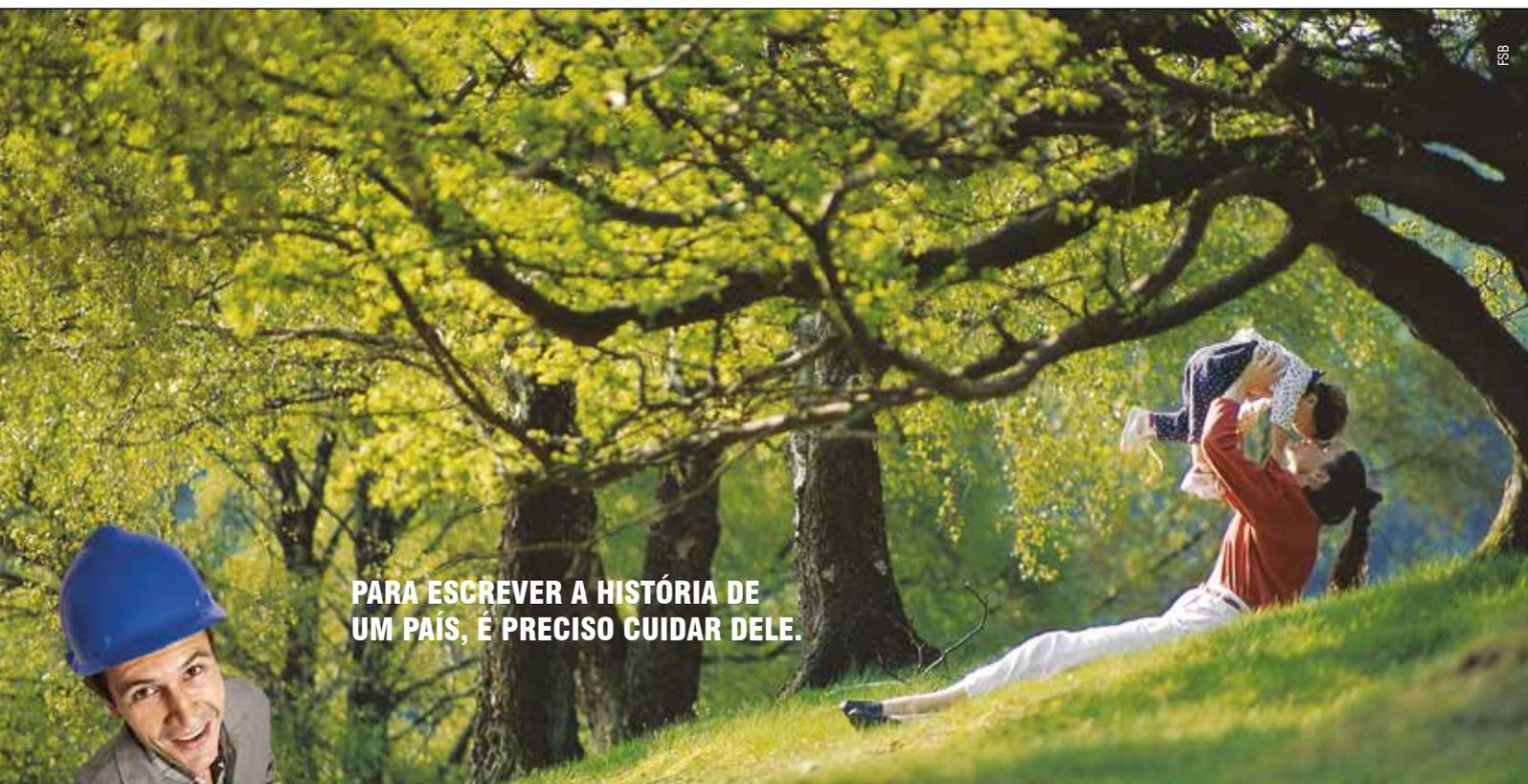
a vida útil da edificação), José Eduardo de Aguiar (Implantação de plano de manutenção em estruturas de concreto) e Paulo Helene (Avaliação da resistência do concreto em estruturas existentes). O evento foi coordenado pelo diretor regional, Prof. João Luiz Calmon.

## Atividades na Regional de Alagoas

O diretor regional de Alagoas proferiu uma palestra sobre práticas de projeto em concreto pro-

tendido, no dia 04 de outubro, na Universidade Federal de Alagoas. A Regional apoia ainda o Workshop de

Materiais e Estruturas Ecoeficientes, realizado nos dias 05 e 06 de dezembro, na UFAL.

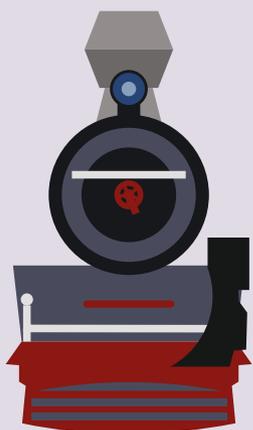


**PARA ESCREVER A HISTÓRIA DE UM PAÍS, É PRECISO CUIDAR DELE.**

Para um país crescer, é preciso investimento. Mas é necessário também pensar no meio ambiente, na sociedade e nas futuras gerações.

A indústria do cimento investe em qualidade e utiliza as tecnologias mais avançadas para promover um desenvolvimento sustentável. Colabora ainda para tornar o meio ambiente mais limpo com o co-processamento: a destruição de resíduos industriais e pneus em seus fornos.

Onde tem gente tem cimento.



# 59ª EDIÇÃO

## CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO



BENTO GONÇALVES • RS  
31 de outubro a 3 de novembro  
**2017**

# Ponto de encontro dos profissionais e das empresas brasileiras da cadeia produtiva do concreto



### TEMAS

- ▶ Gestão e Normalização
- ▶ Materiais e Propriedades
- ▶ Projeto de Estruturas
- ▶ Métodos Construtivos
- ▶ Análise Estrutural
- ▶ Materiais e Produtos Específicos
- ▶ Sistemas Construtivos Específicos
- ▶ Sustentabilidade
- ▶ Ensaaios não Destrutivos

Envie seu resumo até  
**17 de fevereiro.**

Acesse  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
(clique no logotipo  
do evento)

### COTAS DE PATROCÍNIO E EXPOSIÇÃO

- ▶ Excelentes oportunidades para divulgação, promoção e relacionamento
- ▶ Espaços comerciais na XIII FEIBRACON - Feira Brasileira das Construções em Concreto
- ▶ Palestras técnico-comerciais no Seminário de Novas Tecnologias
- ▶ Inscrições gratuitas

Informe-se sobre as cotas de patrocínio e exposição: **Tel. (11) 3735-0202**  
e-mail: [arlene@ibracon.org.br](mailto:arlene@ibracon.org.br)

### REALIZAÇÃO

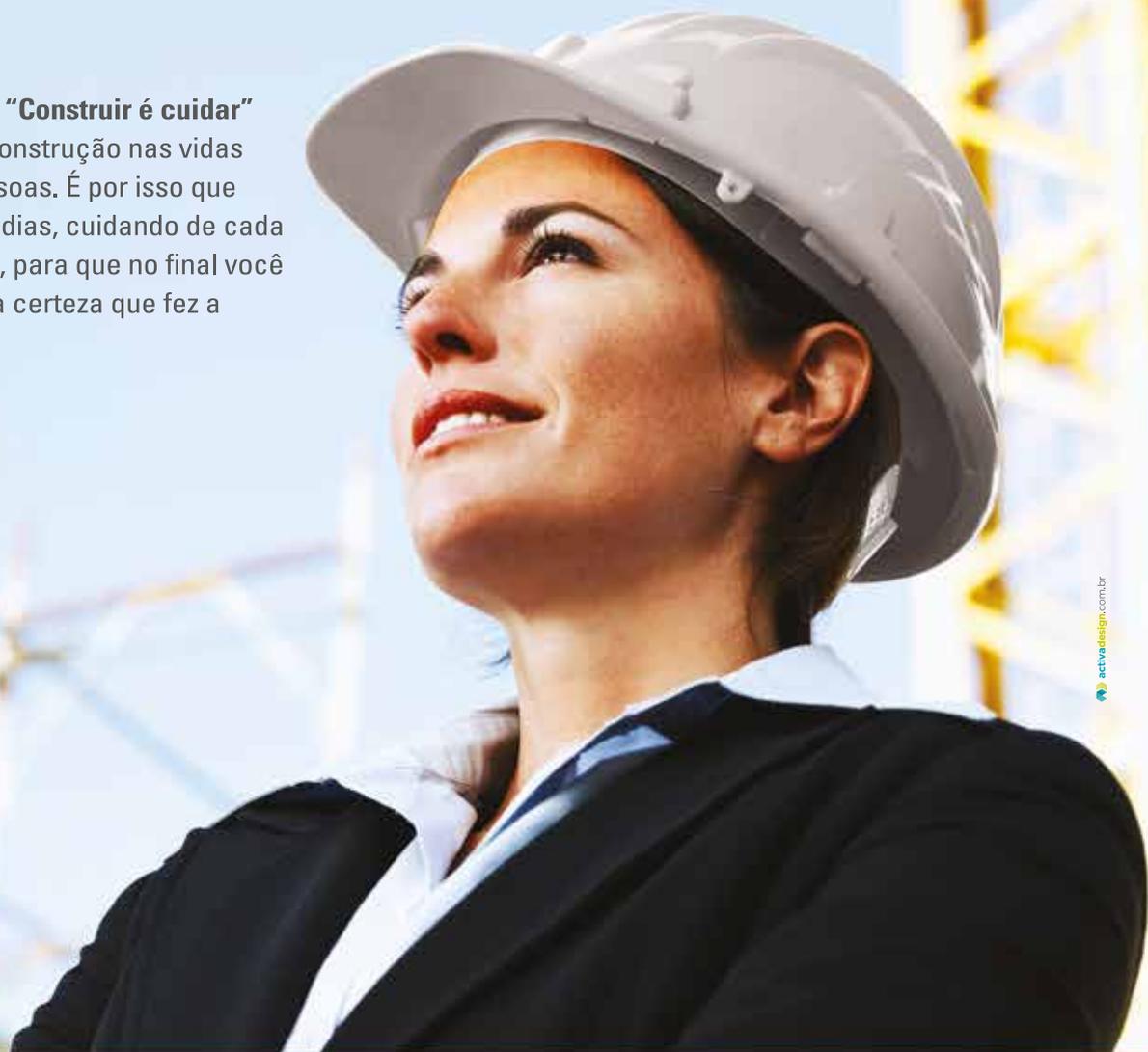


Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68 – Jardim Olimpia | CEP 05542-120  
São Paulo – SP – Brasil | Telefone (11) 3735-0202 | Fax (11) 3733-2190

[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) [twitter.com/ibraconOffice](https://twitter.com/ibraconOffice)  
[facebook.com/ibraconOffice](https://facebook.com/ibraconOffice)

# O nosso maior cuidado é construir **tranquilidade.**

Nosso novo propósito **“Construir é cuidar”** reflete o impacto da construção nas vidas e reputações das pessoas. É por isso que trabalhamos todos os dias, cuidando de cada produto, cada detalhe, para que no final você fique tranquilo e tenha certeza que fez a escolha certa.



activedesign.com.br

**MC para:** Indústria do Concreto | Infraestrutura & Indústria | Edificações | Consumidor

Atuando há mais de 50 anos em cerca de 40 países, a MC-Bauchemie está presente nas maiores obras de infraestrutura do mundo. Conta com uma extensa linha de produtos e soluções com a mais alta tecnologia alemã direcionados ao aperfeiçoamento do concreto, proteção, impermeabilização e recuperação de estruturas. Oferece atendimento especializado e suporte técnico em todas as fases de uma obra, desde o projeto a execução.



Veja de perto o conceito “Construir é cuidar”.  
Acesse o QR-Code ao lado ou visite nosso site:  
[www.mc-bauchemie.com.br/construir-e-cuidar](http://www.mc-bauchemie.com.br/construir-e-cuidar)

**MC**  
CONSTRUIR É CUIDAR