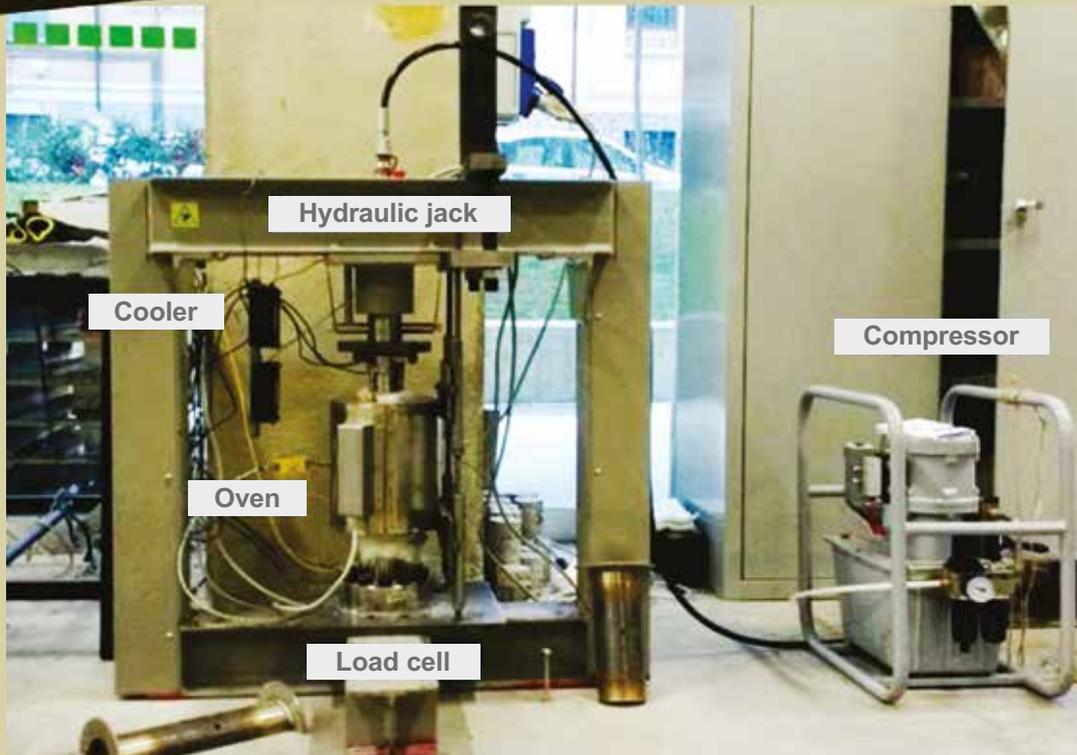


Volume 9, Number 3

June, 2016

ISSN 1983-4195



### Contents

**Numerical analysis of symmetrical and asymmetrical reinforced concrete flat slabs – an integrated slab/column analysis**

A. PUEL and D. D. LORIGGIO

**Risk analysis of the delayed ettringite formation in pile caps foundation in the metropolitan region of Recife – PE – Brasil**

I. F. TORRES and T. ANDRADE

**A new approach to estimate compressive strength of concrete by the UPV method**

M. A. P. IRRIGARAY, R. C. de A. PINTO and I. J. PADARATZ

**A tridimensional finite element approach to model a tunnel with shotcrete and precast concrete**

P. V. FIORE, D. B. MAGHOUS and A. CAMPOS FILHO

**Modified mortar pad behavior in the transfer of compressive stresses**

J. D. DITZ, M. K. EL DEBS and G. H. SIQUEIRA

**Comparative analysis of design models for concrete corbels**

D. L. ARAÚJO, A. P. SILVA NETO, F. A. LOBO and M. K. EL DEBS

**Adaptive procedure for camber control of forward cantilever structures**

M. F. L. O. SANTOS and B. HOROWITZ

**Evaluation of pyrite and pyrrhotite in concretes**

A. P. MARCELINO, J. M. CALIXTO, A. G. GUMIERI, M. C. FERREIRA, C. L. CALDEIRA, M. V. SILVA and A. L. COSTA

## Editorial

<http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952016000300001>

### Editorial Board

- Américo Campos Filho  
(Editor, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil)
- José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa  
(Editor, UNICAMP, Campinas, SP, Brazil)
- Rafael Giuliano Pileggi  
(Editor, USP, São Paulo, SP, Brazil)
- Roberto Caldas de Andrade Pinto  
(Editor, UFSC, Florianópolis, SC, Brazil)
- Túlio Nogueira Bittencourt  
(Editor, USP, São Paulo, SP, Brazil)
- Antonio Carlos R. Laranjeiras  
(ACR Laranjeiras, Salvador, BA, Brazil)
- Bernardo Horowitz  
(UFPE, Recife, PE, Brazil)
- Denise C. C. Dal Molin  
(Former Editor, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil)
- Emil de Souza Sánchez Filho  
(UFF, Rio de Janeiro, RJ, Brazil)
- Geraldo Cechella Isaia  
(UFSC, Santa Maria, RS, Brazil)
- Gonzalo Ruiz  
(UCLM, Ciudad Real, Spain)
- Guilherme Sales Melo  
(Former Editor, UnB, Brasília, DF, Brazil)
- Ivo José Padaratz  
(UFSC, Florianópolis, SC, Brazil)
- Joaquim Figueiras  
(FEUP, Porto, Portugal)
- José Marcio Fonseca Calixto  
(UFMG, Belo Horizonte, MG, Brazil)
- Luiz Carlos Pinto da Silva Filho  
(Former Editor, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil)
- Mounir Khalil El Debs  
(USP, São Carlos, SP, Brazil)
- Nicole Pagan Hasparyk  
(Former Editor, FURNAS, Aparecida de Goiânia, GO, Brazil)
- Osvaldo Luís Manzoli  
(UNESP, Bauru, SP, Brazil)
- Paulo Helene  
(Former Editor, USP, São Paulo, SP, Brazil)
- Paulo Monteiro  
(Berkeley, University of California, Berkeley, CA, USA)
- P.K. Mehta  
(Berkeley, University of California, Berkeley, CA, USA)
- Pedro Castro Borges  
(CINVESTAV, México, D.F., México)
- Romilde Almeida de Oliveira  
(Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE, Brazil)
- Romildo Dias Toledo Filho  
(Former Editor, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil)
- Ronaldo Barros Gomes  
(UFG, Goiânia, GO, Brazil)
- Rubens Machado Bittencourt  
(Former Editor, FURNAS, Aparecida de Goiânia, GO, Brazil)
- Vladimir Antonio Paulon  
(UNICAMP, Campinas, SP, Brazil)

### Reviewers

Reviewers are selected by the Editors among the IBRACON members with recognized competence in the specific field of each contribution. They are acknowledged at the end of each volume.

The March 2016 issue of the IBRACON Structures and Materials Journal (Volume 9 Number 3) is now released with eight articles related to engineering applications of concrete structures and materials. This issue begins with an integrated slab/column approach for the numerical simulation of reinforced concrete flat slabs. The second article brings a risk analysis of delayed ettringite formation in pile caps foundation in the Metropolitan Region of Recife. The next article addresses an ultrasonic pulse velocity approach to estimate compressive strength of concrete. The fourth article presents a tridimensional finite element approach to model a tunnel with shotcrete and precast concrete. The objective of the fifth article is to evaluate the modified mortar pad behavior in the transfer of compressive stresses. In the sixth article, a comparative analysis of design models for concrete corbels is presented. The seventh article describes an adaptive procedure for camber control of forward cantilever structures. The issue closes with an article on the evaluation of pyrite and pyrrhotite in concretes.

We would like to acknowledge the dedication of authors and reviewers for the good quality of the articles in this issue.

**Américo Campos Filho, José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa, Rafael Giuliano Pileggi, Roberto Caldas de Andrade Pinto and Túlio Nogueira Bittencourt, Editors**

O número de março de 2016 da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais (Volume 9 Número 3) está sendo publicado com oito artigos relacionados a aplicações de materiais e estruturas de concreto. Este número inicia com uma abordagem integrada laje/pilar para a simulação numérica de lajes planas de concreto armado. O segundo artigo apresenta um estudo de caso de análise de risco da formação de etringita tardia em blocos de fundação na Região Metropolitana do Recife. O artigo seguinte descreve uma abordagem de velocidade de pulso ultrassônico para estimar a resistência à compressão do concreto. O quarto artigo apresenta um modelo de elementos finitos tridimensional para a análise de um túnel com concreto projetado e concreto pré-moldado. O objetivo do quinto artigo é avaliar o comportamento de almofadas de argamassa modificada na transferência de esforços de compressão. No sexto artigo, uma análise comparativa dos modelos de cálculo para consolos de concreto é apresentada. O sétimo artigo descreve um processo adaptativo para controle de contra-flechas durante a fase construtiva de estruturas em balanços sucessivos. O número se completa com um artigo sobre a avaliação da pirita e pirrotita em concretos.

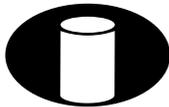
Agradecemos a dedicação de autores e revisores à qualidade dos artigos desta edição.

**Américo Campos Filho, José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa, Rafael Giuliano Pileggi, Roberto Caldas de Andrade Pinto e Túlio Nogueira Bittencourt, Editores**



Cover: CREEP TESTS AT HIGH TEMPERATURE

Courtesy: T.E.T. BUTTIGNOL, CAMPINAS, BRAZIL  
POLITECNICO DI MILANO, LECCO, ITALY



**IBRACON**

**Ibracon Structures  
and Materials Journal**

is published bimonthly  
(February, April, June, August, October  
and December) by IBRACON.

**IBRACON**

Instituto Brasileiro do Concreto  
Founded in 1972

R. Julieta do Espírito Santo Pinheiro, 68  
Jardim Olímpia, São Paulo – SP  
Brasil – 05542-120  
Phone: +55 11 3735-0202  
Fax: +55 11 3733-2190  
**E-mail:** arlene@ibracon.org.br  
**Website:** <http://www.ibracon.org.br>

**Editors**

Américo Campos Filho  
(Brazil)

José Luiz Antunes de O. e Sousa  
(Brazil)

Rafael Giuliano Pileggi  
(Brazil)

Roberto Caldas de Andrade Pinto  
(Brazil)

Túlio Nogueira Bittencourt  
(Brazil)

**Cover design & Layout:**  
Ellementto-Arte  
[www.ellementto-arte.com](http://www.ellementto-arte.com)

Volume 9, Number 3

June 2016

ISSN: 1983-4195

# REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

## IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL

### Contents

***Numerical analysis of symmetrical and asymmetrical reinforced concrete flat slabs – an integrated slab/column analysis***

A. PUEL and D. D. LORIGGIO

306

***Risk analysis of the delayed ettringite formation in pile caps foundation in the metropolitan region of Recife – PE – Brasil***

I. F. TORRES and T. ANDRADE

357

***A new approach to estimate compressive strength of concrete by the UPV method***

M. A. P. IRRIGARAY, R. C. DE A. PINTO and I. J. PADARATZ

395

***A tridimensional finite element approach to model a tunnel with shotcrete and precast concrete***

P. V. FIORE, D. B. MAGHOUS and A. CAMPOS FILHO

424

***Modified mortar pad behavior in the transfer of compressive stresses***

J. D. DITZ, M. K. EL DEBS AND G. H. SIQUEIRA

435

***Comparative analysis of design models for concrete corbels***

D. L. ARAÚJO, A. P. SILVA NETO, F. A. LOBO and M. K. EL DEBS

456

***Adaptive procedure for camber control of forward cantilever structures***

M. F. L. O. SANTOS and B. HOROWITZ

492

***Evaluation of pyrite and pyrrhotite in concretes***

A. P. MARCELINO, J. M. CALIXTO, A. G. GUMIERI, M. C. FERREIRA, C. L. CALDEIRA,  
M. V. SILVA and A. L. COSTA

505

# Aims and Scope

## Aims and Scope

The IBRACON Structures and Materials Journal is a technical and scientific divulgation vehicle of IBRACON (Brazilian Concrete Institute). Each issue of the periodical has 5 to 8 papers and, possibly, a technical note and/or a technical discussion regarding a previously published paper. All contributions are reviewed and approved by reviewers with recognized scientific competence in the area.

## Objectives

The IBRACON Structures and Materials Journal's main objectives are:

- Present current developments and advances in the area of concrete structures and materials;
- Make possible the better understanding of structural concrete behavior, supplying subsidies for a continuous interaction among researchers, producers and users;
- Stimulate the development of scientific and technological research in the areas of concrete structures and materials, through papers peer-reviewed by a qualified Editorial Board;
- Promote the interaction among researchers, constructors and users of concrete structures and materials and the development of Civil Construction;
- Provide a vehicle of communication of high technical level for researchers and designers in the areas of concrete structures and materials.

## Submission Procedure

The procedure to submit and revise the contributions, as well as the formats, are detailed on IBRACON's WebSite ([www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)). The papers and the technical notes are revised by at least three reviewers indicated by the editors. The discussions and replies are accepted for publication after a revision by the editors and at least one member of the Editorial Board. In case of disagreement between the reviewer and the authors, the contribution will be sent to a specialist in the area, not necessarily linked to the Editorial Board.

## Contribution Types

The periodical will publish original papers, short technical notes and paper discussions. Announcements of conferences and meetings, information about book reviews, events and contributions related to the area will also be available in the periodical's WebSite. All contributions will be revised and only published after the Editorial and Reviewers Boards approve the paper. Restrictions of content and space (size) are imposed to the papers. The contributions will be accepted for review in Portuguese, Spanish or English. The abstracts are presented in Portuguese or Spanish, and in English, independently of the language in which the paper is written. After the review process, papers originally written in Portuguese or Spanish should be translated into English, which is the official language of the IBRACON Structures and Materials Journal. Optionally, papers are also published in Portuguese or Spanish.

Original papers will be accepted as long as they are in accordance with the objectives of the periodical and present quality of information and presentation. The instructions to submit a paper are detailed in the template (available on IBRACON's WebSite).

The length of the papers must not exceed 20 pages.

A technical note is a brief manuscript. It may present a new feature of research, development or technological application in the areas of Concrete Structures and Materials, and Civil Construction. This is an opportunity to be used by industries, companies, universities, institutions of research, researchers and professionals willing to promote their

works and products under development. The instructions to submit a technical note are detailed on IBRACON's WebSite.

A discussion is received no later than 3 months after the publication of the paper or technical note. The instructions to submit a discussion are detailed on IBRACON's WebSite. The discussion must be limited to the topic addressed in the published paper and must not be offensive. The right of reply is guaranteed to the Authors. The discussions and the replies are published in the subsequent issues of the periodical.

## Internet Access

IBRACON Structural Journal Page in <http://www.ibracon.org.br>

## Subscription rate

All IBRACON members have free access to the periodical contents through the Internet. Non-members have limited access to the published material, but are able to purchase isolated issues through the Internet. The financial resources for the periodical's support are provided by IBRACON and by research funding agencies. The periodical will not receive any type of private advertisement that can jeopardize the credibility of the publication.

## Photocopying

Photocopying in Brazil. Brazilian Copyright Law is applicable to users in Brazil. IBRACON holds the copyright of contributions in the journal unless stated otherwise at the bottom of the first page of any contribution. Where IBRACON holds the copyright, authorization to photocopy items for internal or personal use, or the internal or personal use of specific clients, is granted for libraries and other users registered at IBRACON.

## Copyright

All rights, including translation, reserved. Under the Brazilian Copyright Law No. 9610 of 19th February, 1998, apart from any fair dealing for the purpose of research or private study, or criticism or review, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of IBRACON. Requests should be directed to IBRACON:

## IBRACON

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68 ,Jardim Olímpia,  
São Paulo, SP – Brasil CEP: 05542-120  
Phone: +55 11 3735-0202 Fax: +55 11 3733-2190  
E-mail: [arlene@ibracon.org.br](mailto:arlene@ibracon.org.br).

## Disclaimer

Papers and other contributions and the statements made or opinions expressed therein are published on the understanding that the authors of the contribution are the only responsible for the opinions expressed in them and that their publication does not necessarily reflect the support of IBRACON or the journal.

## Objetivos e Escopo

A Revista IBRACON de Estruturas e Materiais é um veículo de divulgação técnica e científica do IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto). Cada número do periódico tem 5 a 8 artigos e, possivelmente, uma nota técnica e/ou uma discussão técnica sobre um artigo publicado anteriormente. Todas as contribuições são revistas e aprovadas por revisores com competência científica reconhecida na área.

## Objetivos

Os objetivos principais da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais são:

- Apresentar desenvolvimentos e avanços atuais na área de estruturas e materiais de concreto;
- Possibilitar o melhor entendimento do comportamento do concreto estrutural, fornecendo subsídios para uma interação contribua entre pesquisadores, produtores e usuários;
- Estimular o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica nas áreas de estruturas de concreto e materiais, através de artigos revisados por um corpo de revisores qualificado;
- Promover a interação entre pesquisadores, construtores e usuários de estruturas e materiais de concreto, e o desenvolvimento da Construção Civil;
- Prover um veículo de comunicação de alto nível técnico para pesquisadores e projetistas nas áreas de estruturas de concreto e materiais.

## Submissão de Contribuições

O procedimento para submeter e revisar as contribuições, assim como os formatos, estão detalhados na página Internet do IBRACON ([www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)). Os artigos e as notas técnicas são revisadas por, no mínimo, três revisores indicados pelos editores. As discussões e réplicas são aceitas para publicação após uma revisão pelo editores e no mínimo um membro do Corpo Editorial. No caso de desacordo entre revisor e autores, a contribuição será enviada a um especialista na área, não necessariamente do Corpo Editorial.

## Tipos de Contribuição

O periódico publicará artigos originais, notas técnicas curtas e discussões sobre artigos. Anúncios de congressos e reuniões, informação sobre revisão de livros e contribuições relacionadas à área serão também disponibilizadas na página Internet da revista. Todas as contribuições serão revisadas e publicadas apenas após a aprovação dos revisores e do Corpo Editorial. Restrições de conteúdo e espaço (tamanho) são impostas aos artigos. As contribuições serão aceitas para revisão em português, espanhol ou inglês. Os resumos serão apresentados em português ou espanhol, e em inglês, independentemente do idioma em que o artigo for escrito. Após o processo de revisão, artigos originalmente escritos em português ou espanhol deverão ser traduzidos para inglês, que é o idioma oficial da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Opcionalmente, os artigos são também publicados em português ou espanhol.

Artigos originais serão aceitos desde que estejam de acordo com os objetivos da revista e apresentam qualidade de informação e apresentação. As instruções para submeter um artigo estão detalhadas em um gabarito (disponível no sítio do IBRACON).

A extensão dos artigos não deve exceder 20 páginas.

Um nota técnica é um manuscrito curto. Deve apresentar uma nova linha de pesquisa, desenvolvimento ou aplicação tecnológica nas áreas de Estruturas de Concreto e Materiais, e Construção Civil. Esta é uma oportunidade a ser utilizada por indústrias, empresas, universidades,

instituições de pesquisa, pesquisadores e profissionais que desejem promover seus trabalhos e produtos em desenvolvimento. As instruções para submissão estão detalhadas na página de Internet do IBRACON.

Uma discussão é recebida não mais de 3 meses após a publicação do artigo ou nota técnica. As instruções para submeter uma discussão estão detalhadas na página de Internet do IBRACON. A discussão deve se limitar ao tópico abordado no artigo publicado e não pode ser ofensivo. O direito de resposta é garantido aos autores. As discussões e réplicas são publicadas nos números subsequentes da revista.

## Acesso via Internet

Página da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais em <http://www.ibracon.org.br>

## Assinatura

Todos os associados do IBRACON têm livre acesso ao conteúdo do periódico através da Internet. Não associados têm acesso limitado ao material publicado, mas podem adquirir números isolados pela Internet. O financiamento para suporte à revista é provido pelo IBRACON e por agências de financiamento à pesquisa. A revista não receberá qualquer tipo de anúncio privado que possa prejudicar a credibilidade da publicação.

## Fotocópias

Fotocópias no Brasil, A Lei Brasileira de Direitos Autorais é aplicada a usuários no Brasil. O IBRACON detém os direitos autorais das contribuições na revista a menos que haja informação em contrário no rodapé da primeira página da contribuição. Onde o IBRACON detém os direitos autorais, autorização para fotocopiar itens para uso interno ou pessoal, ou uso interno ou pessoal de clientes específicos, é concedida para bibliotecas e outros usuários registrados no IBRACON.

## Direitos autorais

Todos os direitos, inclusive tradução são reservados. Sob a Lei de Direitos Autorais No. 9610 de 19 de fevereiro de 1998, exceto qualquer acordo para fins de pesquisa ou estudo privado, crítica ou revisão, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, arquivada em sistema de busca, ou transmitida em qualquer forma ou por qualquer meio eletrônico, mecânico, fotocópia, gravação ou outros, sem a autorização prévia por escrito do IBRACON. Solicitações devem ser encaminhadas ao IBRACON:

## IBRACON

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68, Jardim Olímpia, São Paulo, SP –Brasil CEP: 05542-120

Fone: +55 11 3735-0202 Fax: +55 11 3733-2190

E-mail: [arlene@ibracon.org.br](mailto:arlene@ibracon.org.br)

## Aviso Legal

Artigos e outras contribuições e declarações feitas ou opiniões expressas aqui são publicadas com o entendimento que os autores da contribuição são os únicos responsáveis pelas opiniões expressas neles e que sua publicação não necessariamente reflete o apoio do IBRACON ou da revista.

# Diretoria

## Diretoria Biênio 2015/2017

**Diretor Presidente**  
Julio Timerman

**Assessores da Presidência**  
Augusto Carlos de Vasconcelos  
José Tadeu Balbo  
Selmo Chapira Kuperman

**Assessor da Presidência – Atuação ABCP/ABESC**  
Hugo da Costa Rodrigues Filho

**Assessor da Presidência – Atuação Construtoras**  
Alexandre Couso – ESSER

**Diretor 1º Vice-Presidente**  
Túlio Nogueira Bittencourt

**Diretor 2º Vice-Presidente**  
Luiz Prado Vieira Júnior

**Diretor 1º Secretário**  
Antonio Domingues de Figueiredo

**Diretor 2º Secretário**  
Carlos José Massucato

**Diretor 1º Tesoureiro**  
Claudio Sbrighi Neto

**Diretor 2º Tesoureiro**  
Nelson Covas

**Diretor de Marketing**  
Iria Lícia Oliva Doniak

**Diretor de Eventos**  
Bernardo Tutikian

**Assessores da Diretoria de Eventos**  
Maurice Antoine Traboulsi  
Sônia Regina Cottas Freitas

**Diretor Técnico**  
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 Pessoal**  
Gilberto Antônio Giuzio

## Conselho Diretor Biênio 2015/2017

### Sócios Titulares Individuais

Ana Elisabete P. G. A. Jacintho  
Antônio Domingues de Figueiredo  
Arnaldo Forti Battagin  
Augusto Carlos de Vasconcelos  
Bernardo Fonseca Tutikian  
Carlos José Massucato  
César Henrique Sato Daher  
Claudio Sbrighi Neto  
Enio José Pazini Figueiredo  
Geraldo Cechella Isaia  
Inês Laranjeira da Silva Battagin  
Iria Lícia Oliva Doniak  
Julio Timerman  
Luiz Prado Vieira Júnior  
Maurice Antoine Traboulsi  
Mônica Pinto Barbosa  
Nelson Covas  
Vladimir Antonio Paulon

### Sócios Titulares Mantenedores e Coletivos

Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP)  
Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto (ABCIC)  
Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC)  
Eletrobras/Furnas Centrais Elétricas S.A.  
Intercement Brasil S.A.  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT)  
L. A. Falcão Bauer Centro Tecnológico de Controle de Qualidade Ltda.  
Otto Baumgart Indústria e Comércio S.A.  
PhD Engenharia Ltda.  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP)

### Conselheiros Permanentes

Eduardo Antonio Serrano  
José Marques Filho  
Paulo Helene  
Ronaldo Tartuce  
Rubens Machado Bittencourt  
Selmo Chapira Kuperman  
Simão Priskulnik  
Tulio Nogueira Bittencourt