

# Marco Cárnio

**M**arco Antonio Cárnio é engenheiro civil pela Escola de Engenharia de Piracicaba (1985), mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (1998) e doutor em Engenharia Mecânica pela Unicamp (2009).

Trabalhou como engenheiro de estruturas na Maubertec, CNEC e VETEC, em São Paulo, em obras de infraestrutura, mas fixou-se na região de Campinas, Piracicaba e Valinhos, como professor da PUC-Campinas e como sócio das empresas Gepec e Evolução Engenharia, focadas em consultoria de projetos de estruturas de concreto, em especial o concreto reforçado com fibras (CRF).

Cárnio é o coordenador do Comitê Técnico 303 IBRACON/Abece sobre uso de materiais não convencionais, cujos trabalhos pavimentaram o caminho para as normas brasileiras sobre o CRF no âmbito da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), onde coordenou a comissão de estudos relativa ao projeto de estruturas de concreto com fibras. Seu trabalho no CT 303 deve brindar em breve o setor da construção com práticas recomendadas sobre estruturas de concreto armado com barras e polímeros reforçados com fibras, concreto de ultra-alto desempenho e reforço de elementos estruturais com sistema de mantas e lâminas de polímero reforçado com fibras.

**IBRACON** – EU GOSTARIA DE SABER DAS SUAS MOTIVAÇÕES, PRIMEIRO PARA CURSAR ENGENHARIA CIVIL E, DEPOIS, PARA FAZER Mestrado e Doutorado estudando concreto reforçado com fibras.

**M. C.** – Tinha um tio, já falecido, que era instrutor do SENAI em Limeira na área de mecânica, mas que gostava de construção. Ele tinha um daqueles joguinhos de pequeno construtor, com tijolinhos para montar casinhas, com o qual brincava quando criança. Acho que foi ele que me enveredou por essa área da construção. Por conta do meu tio, fiz colégio técnico industrial em Piracicaba, depois a Escola de Engenharia de Piracicaba, onde me

formei engenheiro civil em 1985. Na faculdade fui monitor na área de estática das estruturas e arrumei estágio na área de projeto de estruturas no 4º ano. Inventei de fazer a outra parte do estágio em obras, mas fiquei 7 meses e decidi voltar para meu antigo chefe, que me contratou como engenheiro. Um ano depois, fui trabalhar em Campinas em outro escritório de cálculo. Mas, em 1987, com a crise econômica, fiquei sem emprego e fui fazer a pós-graduação. Mas, não conclui porque, logo no 2º semestre, apareceu a oportunidade de dar aulas na PUC Campinas e trabalhar na

empresa de consultoria em São Paulo, a Maubertec.

Aí fiquei com uma vida assim: morava em Piracicaba, dava aulas em Campinas, fazia pós-graduação na USP de São Carlos, e trabalhava em São Paulo. Não dava para conciliar tudo! De 1988 a 1993, passei por três empresas paulistas – Maubertec, CNEC e VETEC, todas voltadas para obras rodoviárias, metroviárias, de infraestrutura.

Neste ano, fundei minha empresa de projetos – a Gepec, em Piracicaba, que acabou sendo assumida posteriormente por um estagiário que contratei na época.



Com minha vida estabilizada, retomei a pós-graduação, agora na Unicamp, em 1994. No 1º dia da pós, na apresentação das linhas de pesquisa, o professor Nilton de Oliveira Pinto Junior disse que estava começando um trabalho com o concreto reforçado com fibras. Fiz o mestrado sobre isto, o qual terminei em 1998.

Fiquei aguardando abrir o doutorado na Unicamp. Enquanto isso, fiz aulas na Pós-graduação da Poli-USP, com orientação do Prof. Antonio Figueiredo. Não concluí o doutorado na Poli e, em 2007, fui conversar com o Prof. Itamar Ferreira da Engenharia Mecânica da Unicamp, que era um engenheiro mecânico e conhecia metais. Disse que queria estudar fadiga em concreto com fibras e ele propôs que estudássemos juntos! Foi bom porque aprendi muito com os mecânicos, muita coisa de

ensaios, muitas abordagens diferentes do que entendia de concreto com fibras, de comportamento dos materiais.

Quando terminei o doutorado em 2009, me desvinculei da Gepec, que existe até hoje, e fundei a Evolução Engenharia, em Valinhos, para atender à demanda de consultoria e projetos de estruturas de concreto com fibras.

**IBRACON** – QUAIS AS VANTAGENS EM RELAÇÃO AO DESEMPENHO DO MATERIAL E AO PROCESSO CONSTRUTIVO TRAZIDAS PELA ADIÇÃO DE FIBRAS METÁLICAS, FIBRAS DE VIDRO E FIBRAS POLIMÉRICAS AO CONCRETO?

**M. C.** – Essa tecnologia do concreto reforçado com fibras já não é de hoje. No mundo, já temos bastante tempo de aplicação do CRF. No Brasil, um grande campo de aplicação são os pisos e pavimentos de concreto e obras de infraestrutura, com o concreto projetado

de revestimento de túneis. Primeiro, vieram as fibras de aço, depois as poliméricas e, mais recentemente, as fibras de vidro. As fibras não competem com o concreto armado, mas podem, em alguns sistemas construtivos, serem mais vantajosas, em outros, atuarem em conjunto com as armaduras.

O uso das fibras começa a ganhar espaço em outros sistemas construtivos, como nos elementos pré-fabricados, nas paredes de concreto moldadas no local e nos radiers de construções habitacionais. Nestes últimos seis meses, a demanda de trabalho por estruturas de concreto com fibras aumentou consideravelmente e tende a ganhar mais espaço no cenário de possibilidades com a normalização.

**IBRACON** – E A QUE VOCÊ ATRIBUI ESSE MAIOR USO DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS NESSES SISTEMAS CONSTRUTIVOS?

**M. C.** – Tem o aspecto do processo construtivo mais rápido, pois elimina-se a etapa de montagem de armaduras. Outro aspecto, que é momentâneo, é o crescimento do preço do aço, que torna soluções com fibras economicamente mais vantajosas do que aquelas com vergalhões ou com telas metálicas. Um terceiro aspecto é o concreto armado ou protendido comportar-se com diferenças entre os dois materiais, mas o concreto com fibras comporta-se como um único material. Um quarto aspecto é a exigência de



Radier sendo executado com concreto reforçado com fibras

“ AS FIBRAS NÃO COMPETEM COM O CONCRETO ARMADO, MAS PODEM, EM ALGUNS SISTEMAS CONSTRUTIVOS, SEREM MAIS VANTAJOSAS, EM OUTROS, ATUAREM EM CONJUNTO COM AS ARMADURAS ”

“

COM A PUBLICAÇÃO DAS NORMAS,  
AO INVÉS DE DOSAGENS FIXAS DE FIBRAS,  
ESTABELECEM-SE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO  
PARA O CONCRETO COM FIBRAS

”

melhor controle tecnológico para ter o desempenho desejado – com um concreto melhor cuidado, tem-se uma estrutura de melhor desempenho e com maior durabilidade.

**IBRACON** – ANTES DAS NORMAS

E MESMO ANTES DAS PRÁTICAS RECOMENDADAS, COMO ERA FEITO ESSE CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS NO BRASIL?

**M. C.** – Pode-se dizer o seguinte: por falta de conhecimento do potencial do material, seu aproveitamento não era o melhor! Hoje, estamos no estágio de conhecer melhor o material e de conseguir ter avaliações mais apuradas, o que se reflete em melhores condições de aplicação. Antes das normas brasileiras e, portanto, antes dos ensaios para qualificar melhor o material, usava-se como referências determinados consumos clássicos de fibras: 25 a 30kg de fibras de aço e 5 a 6kg de fibras poliméricas por metro cúbico, para atender ao requisito de projeto. Com a publicação das normas, ao invés de dosagens fixas de fibras, estabelecem-se critérios de desempenho para o concreto com fibras, o que requer fazer ensaios para validar esses critérios especificados no projeto. Com isso, tivemos algumas surpresas agradáveis: determinados consumos de fibras, imaginados como ideais, foram sendo diminuídos para muitas aplicações, porque o critério de desempenho, fazendo os ensaios,



Aspecto do concreto reforçado com fibras no momento de seu lançamento

fazendo controle mais adequado, propiciou fazer uso mais adequado da dosagem de fibras. Acompanhei situações de obras em que estava especificado 30kg por metro cúbico de um tipo de fibra, mas validamos 25kg por metro cúbico. O que é 5kg por metro cúbico numa obra de 150 mil metros quadrados de um centro de distribuição? Numa conta rasa: 150.000 metros quadrados x 14cm (espessura da laje de piso) são 21 mil metros cúbicos de concreto. Se economizei 5kg por metro cúbico, a economia foi de 105 toneladas de fibras. Ao preço de hoje, em torno de R\$ 13, estamos falando de uma economia de R\$ 1.365.000 só de fibras.

Em suma: a diferença de ter a norma é ter uma obra, do ponto de vista técnico e econômico, mais viável.

**IBRACON** – NO COMEÇO VOCÊ DISSE QUE O CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS ERA BASICAMENTE FIBRAS METÁLICAS E COM O TEMPO SURTIRAM AS FIBRAS POLIMÉRICAS E AS DE VIDRO. A QUE FATORES VOCÊ ATRIBUIU QUE HOUVE ESSA DIVERSIFICAÇÃO?

**M. C.** – Os precursores foram os europeus. Os maiores produtores de fibras de aço estão na Europa e os precursores das fibras poliméricas foram os europeus. De lá, as fibras se espalharam para o mundo. As empresas globais acabaram trazendo esses materiais para o Brasil. Hoje, todos os fabricantes de fibras, sejam de aço, sejam poliméricas, sejam de vidro, estão com dificuldades de atender à demanda. As de aço são fabricadas no Brasil, mas as poliméricas, em sua maioria, são importadas. As de vidro também são importadas.



**IBRACON** – DO PONTO DE VISTA ESTRUTURAL, AS FIBRAS METÁLICAS E AS MACROFIBRAS POLIMÉRICAS SÃO EQUIVALENTES?

**M. C.** – Pelo critério de desempenho, algumas aplicações exigem as fibras de aço, mas, outras aplicações podem ser atendidas tanto pela fibra de aço como pela fibra polimérica, que atuam similarmente, mas com dosagens diferentes. Por isso, a norma foi pela linha do desempenho, não da dosagem, estabelecendo as resistências residuais para



Lançamento do concreto reforçado com fibras no sistema construtivo de paredes de concreto

uma aplicação em projeto. Em alguns projetos, as fibras sintéticas conseguem atingir o desempenho requerido, mas, em outros, é necessário usar fibras de aço.

**IBRACON** – A NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 15530 É SOBRE OS REQUISITOS E MÉTODOS DE ENSAIO DE FIBRAS DE AÇO PARA CONCRETO. ELA FOI PUBLICADA PELA PRIMEIRA VEZ EM 2007 E REEDITADA EM 2014 E 2019. JÁ A ABNT NBR 16941 E A ABNT NBR 16942, QUE SÃO REQUISITOS E MÉTODOS DE ENSAIO DE FIBRAS DE VIDRO E POLIMÉRICAS, FORAM RECENTEMENTE PUBLICADAS. COMO VOCÊ EXPLICA ESSE LAPSO DE TEMPO ENTRE ESSAS PUBLICAÇÕES?

**M. C.** – Em 2007, não se falava praticamente de fibras poliméricas, mas já se tinha um histórico de mais de 10 anos de fibras de aço. As fibras poliméricas começaram a entrar na discussão em 2009. Demoramos praticamente outros 10 anos para termos as normas de fibras de vidro e de fibras poliméricas. Foi isso que aconteceu. É um tempo longo. Hoje não temos tanto espaço de tempo, pois a ABNT estabelece um tempo máximo de 5 anos para revisar as normas ou revalidá-las.

**IBRACON** – QUAIS SÃO AS CONTRIBUIÇÕES TRAZIDAS PELAS NORMAS BRASILEIRAS SOBRE CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS?

**M. C.** – Vou começar de trás para frente. A ABNT NBR 16.938 é sobre o controle da qualidade do concreto reforçado

com fibras, já a ABNT NBR 16.935 é a norma de projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras. Com elas, formam-se os dois pés - projeto e controle - do tripé da construção. A ABNT NBR 16.939 e a ABNT NBR 16.940 são norma de procedimentos de ensaio e estão penduradas na ABNT NBR 16.938, bem como as três normas de fibras - a ABNT 15.550 (fibras de aço), ABNT 16.941 (fibras de vidro) e ABNT NBR 16.942 (fibras poliméricas). Está faltando o pé da execução. Estamos trabalhando com a norma ABNT NBR 14.931, que é sobre execução de estruturas de concreto, para, dentro dela, adicionarmos algumas particularidades para produção de concreto reforçado com fibras.

Quando o conjunto normativo estiver pronto, ele dará guarida para as empresas usarem o concreto com fibras, sem riscos. Haverá um tempo até todo mundo dominar o conhecimento para usar em outros tipos de estruturas que não sejam naquelas em que o concreto com fibras vem sendo usado. O concreto com fibras não é novo, mas a forma de aplicá-lo pode ser uma inovação. Todo mundo está descobrindo novas aplicações. Tenho acompanhado no Brasil sua aplicação no sistema de paredes de concreto. Com as normas, poderemos inovar sua aplicação. Atualmente, o concreto armado domina mais de 90% das aplicações, o pretendido chega a quase 9% e o

“ ESTAMOS TRABALHANDO COM A NORMA ABNT NBR 14.931, QUE É SOBRE EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO, PARA, DENTRO DELA, ADICIONARMOS ALGUMAS PARTICULARIDADES PARA PRODUÇÃO DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS ”



## AS NORMAS DEVEM CONTRIBUIR PARA DIFUNDIR A APLICAÇÃO DO CRF, INCENTIVAR AS PESSOAS A ENXERGAREM OUTRAS POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO E CONTRIBUIR PARA UM MELHOR CONTROLE DA QUALIDADE



concreto com fibras representa menos de 1%. A ideia é olhar, por exemplo, que o uso de armadura mínima em alguns elementos estruturais de concreto armado, para conter fissuração, pode ser substituído por fibras. Uma pessoa com a qual aprendi muito sobre essas questões foi o Prof. Augusto Carlos de Vasconcelos. Quando me tornei consultor da Belgo Mineira, logo após ter concluído o mestrado, tive a oportunidade de trabalhar com o Prof. Vasconcelos. Quantas vezes fui conversar com ele, perguntando sobre uma solução, e a intuição dele, que era uma coisa muito impressionante, falava que funcionaria, fazendo com que eu apostasse na ideia. Com o tempo, fui encontrando formas de justificar uma aplicação, usando a intuição aprendida. Em resumo: em primeiro lugar, as normas devem contribuir para difundir a aplicação do concreto reforçado com fibras; em segundo, devem incentivar as pessoas a enxergarem outras possibilidades de aplicação; e, em terceiro lugar, devem contribuir para se ter um melhor controle de qualidade do concreto reforçado com fibras e uma maior segurança das estruturas projetadas com ele.

**IBRACON** – NA SUA AVALIAÇÃO, COMO OS TRABALHOS DO CT-303 IBRACON/ ABECE CONTRIBUÍRAM PARA PACIFICAR AS DISCUSSÕES NA COMISSÃO DE ESTUDOS NA ABNT?

**M. C.** – Foram fundamentais para caminharmos de forma muito harmoniosa devido ao acúmulo das discussões anteriores sobre o tema. O CT-303 foi importante para trazer as pessoas para participarem, para envolver os profissionais nas discussões, para discutir divergências. Teve envolvimento de projetistas, de fabricantes de fibras, de pesquisadores, cujas participações foram articuladas no Comitê. Ele é um fórum extremamente importante porque pavimenta uma autoestrada, lá na frente, para se discutir e consolidar as normas técnicas, que ficam muito melhores. Imagine juntar todos os setores da sociedade para começar os trabalhos sobre concreto com fibras, do zero, sem referências. O trabalho prévio no CT-303 foi fundamental para produzir este algo novo.

**IBRACON** – COMO FOI A ORGANIZAÇÃO DOS TRABALHOS NAS COMISSÕES DE ESTUDO DA ABNT?

**M. C.** – Reuníamos toda quinta-feira de cada mês, durante dois anos. Começamos efetivamente em fevereiro de 2019 e tivemos as normas publicadas em fevereiro de 2021. A Comissão de Estudo vinculada ao ABNT/CB-002 que tratou da norma de projeto reunia-se na parte da manhã e a Comissão de Estudo que atuou na normalização do controle da qualidade, vinculada ao ABNT/CB-0018, reunia-se à tarde. Eu atuei como coordenador da comissão de projeto, já a Renata

Monte, pesquisadora da Poli-USP, do grupo do Prof. Antonio Figueiredo, coordenou a comissão de materiais.

**IBRACON** – COM RELAÇÃO AOS CURSOS DE GRADUAÇÃO, ESSAS INFORMAÇÕES NORMATIVAS E DE PESQUISA CHEGAM AOS ALUNOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL?

**M. C.** – Vou falar como professor há 33 anos de estruturas de concreto armado. Acho que dificilmente chega. Temos que evoluir para que, nos cursos de graduação, as disciplinas de materiais de construção e tecnologia de concreto tragam conhecimento do concreto com fibras – de sua reologia, de seu comportamento mecânico. Acho pouco provável que, na área de projeto, as escolas ensinem além do concreto armado e do concreto protendido. Mas, pelo menos, no curso de graduação os alunos precisam entender que existe esta alternativa e como funciona. Tenho me esforçado para dar alguns cursos para difundir essa tecnologia, seja pela ABECE, seja pelo IBRACON. Esses cursos oferecem um primeiro “insight” aos alunos da graduação, que podem ser especializar depois, com cursos de atualização profissional voltados a projetar estruturas de concreto com fibras, ao controle da qualidade e ao processo de produção de pré-moldados com concreto com fibras, por exemplo. Este é um espaço para as entidades técnicas ocuparem, porque, como disse, mais de 90% das estruturas são feitas de concreto



armado, sendo assim na faculdade não haverá tempo para ensinar a aplicação do concreto reforçado com fibras, que perfaz 1% das estruturas.

**IBRACON** – Com relação aos outros materiais não convencionais, o **CT-303** discute também outros materiais não convencionais além do concreto reforçado com fibras?

**M. C.** – Estamos atuando em tudo que não é estrutura armada ou protendida com armadura metálica, ou seja, tudo o que não é convencional. Estamos na iminência de publicar uma prática recomendada para estruturas de concreto armado com barras e polímeros reforçados com fibras. Essas barras são similares às barras metálicas, mas são feitas com polímeros e fibras

contínuas. Esta prática deve abrir um campo muito grande de aplicação de estruturas com armadura não metálica, que deve ter a mesma lógica do que já comentado sobre o CRF.

Além disso, outros dois grupos estão com atividades regulares para lançar outras práticas recomendadas. Um está discutindo o concreto de ultra-alto desempenho, que necessariamente usa fibras, de maneira que o conhecimento gerado nos grupos sobre o CRF está sendo transferido para este outro grupo. A publicação desta prática representará um salto para o setor de pré-fabricados e deve sair ainda este ano.

O outro está trabalhando o reforço de elementos estruturais com sistemas de mantas e lâminas de polímero

reforçado com fibras – que é o reforço com fibras de carbono (e outros tipos de fibras também). Este reforço já está em uso no mercado, mas sem norma brasileira. O grupo deve publicar também uma prática recomendada sobre este reforço em breve.

**IBRACON** – Uma última questão: quais são seus hobbies para finalizarmos a entrevista?

**M. C.** – Sou meio consertador das coisas aqui em casa. Gosto da minha oficina de conserto. Gosto também de cozinhar ao estilo do fogão de lenha, minha tecnologia vai para lenha, para o carvão, para a panela de ferro. E gosto de sair pelos caminhos de terra, dar uma rodada por caminhos não convencionais. ➡

## Prática Recomendada IBRACON/ABECE

### Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibra



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

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

#### Aquisição

[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
(loja virtual)

#### DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-26-8

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 39

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2016

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

#### Patrocínio



Pode confiar