

# Ricardo França

**R**icardo França é diretor da empresa França & Associados Projetos Estruturais, especializada em projetos de estruturas de concreto, consultoria e assistência técnica, e recuperação, reforço e ampliação de estruturas, com portfólio de obras, como São Paulo Corporate Towers, Torre Matarazzo, Shopping da Cidade, Eldorado Business Tower, entre outras.

Engenheiro civil formado pela turma de 1973 da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, França chegou a cursar arquitetura, o que tem ajudado a incorporar a visão humanística em seus projetos, mas, a influência de bons professores da Poli foi determinante para concluir o curso, começar a trabalhar na área de engenharia de estruturas e, ainda, dar aulas em faculdades, inclusive na USP, onde se aposentou em 2012.

Ricardo França coordenou, juntamente com José Zamarion e Fernando Stucchi, a revisão da norma brasileira de projeto de estruturas de concreto (ABNT NBR 6118), de 1978, cujos trabalhos nos brindou com a norma de 2003, que, entre outras coisas, unificou as normas de concreto armado e protendido, trouxe à baila a preocupação com a durabilidade das estruturas de concreto e introduziu a Avaliação Técnica de Projeto, auxiliando os escritórios de projeto nas boas práticas de engenharia.

Além de normalização, Ricardo falou de projeto de estruturas, tecnologia do concreto, industrialização da construção, BIM, edifícios altos, túnel de vento, entre outros assuntos. Confira!



**IBRACON** – CONTE-NOS RESUMIDAMENTE AS MOTIVAÇÕES E CIRCUNSTÂNCIAS PARA ESCOLHA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL E PARA ESPECIALIZAR-SE NA ÁREA DE PROJETOS

DE ESTRUTURAS, BEM COMO PARA MONTAR UM ESCRITÓRIO DE PROJETOS DE ENGENHARIA.

**R. F.** – Sempre me dei bem com a

área técnica, mas não tinha interesse pelas áreas biológica e jurídica. Por isso, escolhi o curso de engenharia civil. Entrei na Poli-USP (Escola



Politécnica da Universidade de São Paulo), em 1969. Dois anos depois, prestei vestibular para entrar na FAU (Faculdade de Arquitetura da USP), passando a cursar as duas escolas. Para isso, tinha que assistir às aulas de algumas disciplinas da Poli aos sábados, para ter tempo para as disciplinas da FAU durante a semana. Na época, a FAU estava em um momento difícil em face da cassação de vários professores. Por isso, acabei aproveitando as disciplinas humanísticas, como história da arte e história da arquitetura, e a convivência na FAU, o que me ajudou a entender as intenções do partido arquitetônico e agregar valor ao projeto estrutural, com soluções mais adequadas. Ao procurar um amigo que estava assistindo à aula de estruturas de concreto do professor John Ulic Burke Júnior, tomei gosto pela aula e a cursei no ano seguinte, em 1972, o que me trouxe o gosto pela engenharia de estruturas. Dois meses depois, comecei a trabalhar, como estagiário, com o Prof. Burke, no escritório do José Mandacaru Guerra, outro professor da Poli. Em 1973, me formei em engenharia civil e, no ano seguinte, iniciei a pós-graduação, tendo assistido a aulas dos professores Telemaco Van Languendoc e Péricles Brasiliense Fusco. Interrompi a pós, pois precisava amadurecer mais na área, e passei a me dedicar na área de

projetos de estruturas no escritório do Mandacaru Guerra.

Em 1976, com a saída do Prof. Burke do escritório do Prof. Guerra e sua ida para a Maubertec, fundada por outros dois professores da Poli, o Maurício Gertsenchtein, da área de concreto, e o José Roberto Bernasconi, da área de pontes, fui trabalhar na área de estudos especiais, ajudando o Burke com rotinas de projeto, o que fez voltar meu interesse também pela área acadêmica.

Em 1978, voltei a cursar a pós-graduação. Fiz as disciplinas de análise experimental de estruturas e fundamentos de mecânica de estruturas, com o professor Décio Zagottis, chefe do departamento na época, que me convidou, em 1979, a dar aula da Poli, de resistência dos materiais. Até 2012, lecionei aulas de resistência dos materiais e de estruturas de concreto na graduação e na pós-graduação, na Poli e na FAU. Hoje sou professor aposentado da USP.

Ainda em 1978, abri o escritório de projetos França e Associados, para prestar serviços de projetos de edifícios. Com a crise de 1980, comecei a dar aula na engenharia civil do Objetivo sobre resistência dos materiais, juntamente com o Prof. Décio Zagottis, mas, em 1985, o escritório ganhou mais clientes e comecei a projetar mais edifícios. Em 1992, comecei a preparar, com os professores Fernando Stucchi e

José Zamarion, um texto-base para a revisão da norma brasileira de concreto. Coordenamos os trabalhos de revisão das normas de concreto armado e concreto protendido, seguindo a tendência mundial de unificação dos dois materiais. Durante 11 anos, trabalhamos pela reestruturação e revisão da norma brasileira de concreto, com muita interação com o meio técnico, acadêmico e profissional. A comissão de trabalho divulgava as versões parciais do texto-base para o meio técnico, que usava e discutia essas versões, justamente porque a norma de 1978 não abrangia diversos assuntos importantes contemplados nessas versões parciais. Simultaneamente, a comissão de trabalho ajudou a criar um grupo, coordenado pelo engenheiro Jorge Batlouni Neto, para propor um texto-base para a norma de execução das estruturas de concreto. A par disso, a comissão de trabalho revisou também a norma de ações e segurança nas estruturas, e ajudou na criação de uma norma de estruturas de concreto em situação de incêndio e de uma norma de resistência a sismos, para que todas fossem compatíveis entre si.

**IBRACON** – AS TÉCNICAS DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO EXPERIMENTARAM DIFERENTES FASES AO LONGO DA HISTÓRIA, EM RAZÃO DA EVOLUÇÃO NAS TEORIAS E MODELOS



**DURANTE 11 ANOS, TRABALHAMOS PELA REESTRUTURAÇÃO E REVISÃO DA NORMA BRASILEIRA DE CONCRETO, COM MUITA INTERAÇÃO COM O MEIO TÉCNICO, ACADÊMICO E PROFISSIONAL**





## EM GERAL, A AÇÃO DO VENTO NAS ESTRUTURAS ERA NEGLIGENCIADA. A PRÁTICA DE ENGENHARIA ERA CALCULAR SOMENTE A AÇÃO DO VENTO EM EDIFICAÇÕES MUITO ESBELTAS



DE ANÁLISE ESTRUTURAL, NAS FORMAS ARQUITETÔNICAS E SISTEMAS ESTRUTURAIS, NA TECNOLOGIA DO CONCRETO, ENTRE OUTROS FATORES. VOCÊ PODERIA CORRELACIONAR AS PRINCIPAIS FASES DESSA EVOLUÇÃO HISTÓRICA COM SEUS LEGADOS CONSTRUTIVOS, EXPLICANDO OS FATORES CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS DETERMINANTES PARA A MATERIALIZAÇÃO DESSAS EDIFICAÇÕES?

**R. F.** – Vou responder essa pergunta no contexto da área de projetos para edificações, correlacionando-a com as normas técnicas, que devem refletir o estado da arte e o consenso da boa prática da engenharia. Uma norma técnica não reflete necessariamente os últimos avanços científicos, se esses não são devidamente discutidos pelo meio técnico. Ao longo da minha vida acadêmica, orientei e participei de bancas de mestrado e doutorado, tendo a oportunidade de analisar uma série de trabalhos acadêmicos que não puderam ser transpostos para a prática profissional, porque não analisaram todos os aspectos envolvidos na prática profissional. Esse é o papel das comissões de normas, que reúnem profissionais experientados e pesquisadores para analisar as propostas acadêmicas e inovações, no sentido de verificar se consideraram todas as variáveis cabíveis, se têm a amplitude necessária para ser posta em prática.

Numa comissão de norma, buscam-se ensaios correlatos aos propostos, práticas consolidadas, normas aplicáveis, conhecimento científico consolidado, para avaliar a nova proposta ou inovação. Por isso, as revisões de normas deveriam ser feitas de quatro em quatro anos, para incorporar as inovações técnicas nas normas vigentes.

A norma de concreto foi a primeira norma brasileira, antes mesmo do surgimento da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que a incorporou como NB-1, em 1940. A norma de concreto que eu estudei na faculdade foi a de 1960, mas, na prática, aprendi o que viria a ser a norma de 1978, porque a comissão de norma foi divulgando suas versões preliminares, que foram sendo incorporadas pelo meio técnico, inclusive no ensino de engenharia. O que mudou? As edificações nas décadas de 1950 e 1960 eram mais baixas, mais parrudas, mais hiperestáticas, com vãos menores (de cinco a seis metros). Em tese, o esqueleto desses prédios – lajes, vigas e pilares – deveria ter a capacidade de suportar as cargas verticais e os esforços horizontais, como a ação do vento. Mas, nessas edificações, a alvenaria de tijolo comum tinha um papel estrutural importante, o de garantir a estabilidade e a resistência ao vento, participando do comportamento

estrutural da edificação. Em geral as técnicas de projeto eram muito simplificadas, considerando apenas a ação das cargas verticais. A ação do vento na estrutura requeria processos de cálculo impossíveis de serem feitos numa calculadora ou régua de cálculo, mas que podiam ser feitos apenas em computadores, usados apenas em obras mais sofisticadas. Em geral, a ação do vento nas estruturas era negligenciada. A prática de engenharia era calcular somente a ação do vento em edificações muito esbeltas. O professor Augusto Carlos de Vasconcelos tem um relato de que ao projetar um edifício na Avenida Duque de Caxias, em São Paulo, com dois pórticos (associação de vigas e pilares que confere estabilidade da estrutura ao vento), delegou o trabalho de cálculo dos esforços nesses pórticos a dois estagiários, que levaram um mês para concluírem os cálculos, e só um deles chegou a resultados adequados. Hoje, em menos de cinco minutos, obtêm-se os esforços solicitantes um pórtico deste tipo no computador. Por conta dessa prática da engenharia nas décadas de 1950 e 1960, um edifício desabou no Rio de Janeiro por causa de reformas que retiraram as alvenarias para integrar os ambientes. Ao serem retiradas as alvenarias, o edifício perdeu um componente estrutural importante, que conferia a ele estabilidade. As







**Vista do Edifício Garagem San Siro, em São Paulo**

forças horizontais numa edificação são de dois tipos: o vento, que claramente empurra o prédio lateralmente; e o desaprumo da estrutura, que faz com que as cargas verticais não sigam a trajetória segura das vigas para os pilares e desses para as fundações, provocando a perda de verticalidade dos esforços, o que causa instabilidade no prédio, tecnicamente chamados de esforços de segunda ordem. Dessa forma,

a perda da alvenaria tirou a rigidez necessária da estrutura aos esforços laterais, fazendo com que o prédio começasse a inclinar. Assim, a par da norma de 1978 propiciar novos entendimentos sobre uma série de comportamentos estruturais, os recursos informáticos para projetar, direito e de uma maneira mais integrada, o edifício, para cargas verticais e esforços horizontais, foram emergindo a partir do fim da década de 1970, com os primeiros microcomputadores e programas para calcular os pórticos de contraventamento. Esses primeiros programas de computador modelavam a estrutura tridimensional em uma série de pórticos planos em direções ortogonais, cada uma das quais resistindo ao vento nessas direções. Usualmente, em estruturas de concreto, utilizam-se duas maneiras de uma estrutura resistir a esforços horizontais: os pórticos e os pilares-parede. Com os pilares-parede, é possível fazer um cálculo mais simples e, por isso, eram muitos usados, apesar de gerarem estruturas mais caras. Já, os pórticos bem proporcionados são mais econômicos e eficientes. Os microcomputadores trouxeram a possibilidade de se fazer os cálculos para os pórticos. Um dos primeiros exemplos de um edifício deste tipo no Brasil foi o

Edifício Garagem Sansiro, em São Paulo, projetado pelo professor Mario Franco.

Por sua vez, muitas pesquisas na área do concreto nesse período foram transformando-se em práticas profissionais, ao serem incorporadas na norma de 1978. Neste ponto é importante citar o Comitê Europeu do Concreto (CEB), hoje a *fib* (Federação Internacional do Concreto), que desempenhou papel importante na disseminação de pesquisas e metodologias consolidadas de projeto, que repercutiram nas normas brasileiras e europeias. Essas divulgações da *fib* proporcionaram, juntamente com o desenvolvimento de computadores mais potentes e programas mais abrangentes (que faziam desde o cálculo dos esforços solicitantes, passando para cálculo das armaduras, até o detalhamento dessas armaduras), uma melhora de vários de aspectos de dimensionamento e avanço da tipologia de estruturas. Por isso, este período apresentou uma tendência em se projetar estruturas mais racionais, mais limpas, mais fáceis de construir, com menos possibilidades de erros e mais fáceis de concretar. Tornou-se possível fazer edifícios mais altos e seguros, no qual seu esqueleto estrutural suportasse tanto as cargas verticais quanto os esforços horizontais, com

“

**ESTE PERÍODO [A PARTIR DA DÉCADA DE 1980] APRESENTOU UMA TENDÊNCIA EM SE PROJETAR ESTRUTURAS MAIS RACIONAIS, MAIS LIMPAS, MAIS FÁCEIS DE CONSTRUIR, COM MENOS POSSIBILIDADES DE ERROS E MAIS FÁCEIS DE CONCRETAR**

”



## O CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA POSSIBILITA MANTER A DIMENSÃO DO PILAR, COM TAXA DE ARMADURA NO ENCONTRO COM A VIGA QUE NÃO PROVOCA CONGESTIONAMENTO DE ARMADURAS, O QUE POSSIBILITA BOA CONCRETAGEM



a alvenaria desempenhando uma função meramente de fechamento da edificação, sem função estrutural. Passou-se a usar o parâmetro do gama z, que mede a rigidez da estrutura a esforços horizontais. Já, a norma brasileira de projeto de estruturas de concreto de 2003 trouxe importantes contribuições do Prof. Paulo Helene quanto ao projeto visando a durabilidade, com as condições especiais da estrutura e da tecnologia do concreto, com vistas a assegurar maior vida útil à obra. Neste aspecto, o IBRACON mostrou-se como o lugar onde as discussões sobre a durabilidade das estruturas de concreto acontecem e onde as práticas construtivas com o concreto são cristalizadas.

Por sua vez, a norma de 2003 recomendou, e a de 2013 tornou obrigatória a Análise Técnica de Projeto (ATP), a verificação do projeto estrutural. Na contratação do projeto, um escritório fica responsável propriamente pelo projeto, enquanto o outro por sua verificação. Com isso, há um diálogo para ver se todos os fatores de projeto estão sendo considerados. Antes, até a década de 1990, boa parte dos escritórios de projeto de todo Brasil, inclusive de São Paulo, não projetavam a edificação para considerações de esforços relativos ao vento de maneira adequada. Com a ATP, esses

escritórios mudaram sua postura, de modo que, hoje, a maioria projeta corretamente.

**IBRACON** – COMO O DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, EM ESPECIAL DE SUA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO, CONTRIBUIU PARA O DESENVOLVIMENTO DAS ESTRUTURAS?

**R. F.** – O concreto de resistência mais elevada permite fazer pilares de menor seção transversal e sem congestionamento de armaduras. Hoje, é prática corrente na execução de um edifício de 28 andares executar os pilares com a mesma dimensão do térreo até a cobertura, como critério de racionalização da execução da obra, pois possibilita reaproveitar a mesma fôrma e, por exemplo, usar concreto com resistência à compressão ( $f_{ck}$ ) de 45 MPa nos primeiros pavimentos, com  $f_{ck}$  de 40 MPa nos pavimentos seguintes e com  $f_{ck}$  de 35 MPa no restante dos pavimentos, com variação de taxa de armadura. Isto porque nos primeiros andares, temos as maiores cargas verticais nos pilares e os maiores esforços de vento. Caso não tivesse concretos com resistências maiores nos primeiros pavimentos, os pilares teriam que ter dimensões maiores nesses pavimentos para comportar maior taxa de armadura. Assim, o concreto de alta resistência possibilita manter a dimensão do pilar, tendo-se

uma taxa de armadura no encontro do pilar com a viga que não provoque o congestionamento de armaduras, o que possibilita uma boa concretagem. Um vício construtivo do passado era ter uma taxa muito alta de armadura na base do pilar, o que ocasionava falhas de concretagem, como bicheiras, que ficam ocultas nos edifícios, que inclusive são usados ainda hoje em dia.

Nos edifícios altos, além da maior resistência do concreto, seu módulo de elasticidade precisa ser mais elevado. Esta característica do concreto depende fundamentalmente do agregado empregado. Em toda orla marítima brasileira, os agregados proporcionam um módulo de elasticidade baixo. Por outro lado, o uso corrente de agregados mais finos (brita 1) faz com que o módulo de elasticidade seja também baixo. Porém, para garantir a rigidez dos edifícios altos, é necessário um módulo de elasticidade alto. Já existem tecnologia e concreteiras que fornecem concretos com módulos de elasticidade altos, mas o ideal é assegurar resistência à compressão e módulo de elasticidade altos, mantendo-se o preço. Este é um ponto a ser frisado nesta Revista, lida por pesquisadores e por tecnologistas de concreto.

**IBRACON** – COMO A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, EM ESPECIAL A



PRÉ-FABRICAÇÃO EM CONCRETO, TEM IMPULSIONADO O DESENVOLVIMENTO DE EDIFÍCIOS NO PAÍS E NO EXTERIOR?

**R. F.** – A industrialização é um sonho para os construtores, em todos seus âmbitos – processos construtivos, sistemas elétricos e hidráulicos. Sua principal barreira no Brasil é, por um lado, o preço mais alto e, por outro, a mão de obra abundante. Esses fatores fazem com que não se opte tanto por sistemas industrializados, numa escala suficiente para fazer seu preço cair.

Na área de estruturas de concreto, a industrialização entrou no país de modo marcante na confecção das fôrmas de madeira. Nas décadas de 1960 e 1970, as fôrmas de madeira eram feitas pelo carpinteiro na obra. No fim dos anos 70, inicia-se em alguns canteiros a produção de fôrmas com projetos. Hoje, se compra a fôrma pronta: fornece-se o projeto de estrutura e o fornecedor entrega o sistema de fôrmas pronto. O construtor apenas monta esse sistema na obra por meio de encaixes que garantem a precisão geométrica da estrutura. Outro caminho da industrialização na estrutura é o do sistema pré-moldado, onde vigas, pilares e lajes são produzidos no canteiro ou na fábrica, e montadas na obra. Com a industrialização, as vigas

e pilares evoluíram para menores dimensões, sendo solidarizados na obra, de maneira a se conseguir um monolitismo, formando pórticos que conseguem resistir a esforços horizontais, o que garante a construção de edificações altas com o sistema, mais usado para construir shoppings e estacionamentos. Na área imobiliária, o mais comum é pré-moldar partes da estrutura – varandas, escadas, parte da viga (pré-vigas) – para se ganhar eficiência, mas os pilares continuam sendo moldados no local, porque sua emenda é ainda uma parte delicada, mas que tem evoluído. Mas, cada vez mais, temos exemplos de obras com muitos componentes e estruturas pré-moldadas. No Parque da Cidade, os edifícios têm sido construídos com pré-vigas e painéis alveolares protendidos, com os pilares moldados no local. Outro uso são os painéis de fachada, muito comum em edifícios comerciais.

**IBRACON** – QUAIS IMPACTOS O BIM TEM TRAZIDO PARA OS PROJETOS DE ESTRUTURAS?

**R. F.** – A evolução dos softwares foi na direção do tratamento das estruturas em três dimensões, ou seja, para os pórticos serem modelados em 3D. Para isso, é necessário fornecer as dimensões de vigas, pilares, lajes e outros

elementos para o programa. Os três programas em uso hoje – CYPECAD, TQS e EBERICK – partem de uma entrada tridimensional, sendo parte da tecnologia BIM. Neles, é possível ver a estrutura em 3D, fazer cortes em 3D, exportar arquivos no padrão universal de interoperabilidade entre programas BIM. Estes programas também fazem a documentação das formas em 2D e os desenhos das armações. Para funcionar bem, todas as equipes precisam trabalhar com BIM desde o começo do projeto e as decisões devem ser tomadas cedo.



Vista de parte da estrutura de uma das torres do complexo Parque da Cidade, em São Paulo

“

O BIM OFERECE A POSSIBILIDADE AO PROJETISTA DE VER PONTOS DE CONFLITO ENTRE OS DIFERENTES PROJETOS, MAS, PARA ISSO, AS DECISÕES DE TODAS AS ÁREAS PRECISAM SER ANTECIPADAS, SENDO FEITAS À MONTANTE

”



## AO SE CONCEBER A ESTRUTURA, ESTANDO CONSENSUADOS OS PRINCÍPIOS E DIRETRIZES DE PROJETO COM QUEM IRÁ AVALIAR O PROJETO, ESTE JÁ SAI MAIS REDONDO



Como permite configurar e ver tudo em 3D, os arquivos precisam estar ajustados – como a superposição entre os arquivos de estrutura e arquitetura. As instalações são o elo mais crítico, porque não existem ainda programas capazes de fazer seu detalhamento prévio que possibilite ver suas interferências no projeto da arquitetura e da estrutura. O BIM possibilita que a arquitetura e a estrutura sejam, desde o início, integradas e visualizadas, de modo a haver uma boa interação entre o arquiteto e o projetista da estrutura. Quando os projetos de instalações elétricas, hidráulicas, de ar condicionado, de esgoto, tiverem seu detalhamento prévio, então teremos a possibilidade de entender, concatenar e ajustar todos os aspectos do projeto da obra numa fase preliminar. Desse modo, seria possível evitar que vigas fossem perfuradas para passar tubulações, enfraquecendo a estrutura, concebendo e modelando uma estrutura sem vigas nas posições onde fossem passar as tubulações, com aumento da espessura da laje, para ter um projeto mais integrado e com menos interferências. O BIM oferece, assim, a possibilidade ao projetista de ver pontos de conflito entre os diferentes projetos, mas, para isso, as decisões de todas as áreas precisam ser antecipadas, sendo feitas à montante.

**IBRACON** – COMO SÃO AS RELAÇÕES ENTRE O PROJETISTA DE UMA ESTRUTURA E O AVALIADOR TÉCNICO DO PROJETO, O GEOTÉCNICO, O TECNOLOGISTA E O ENGENHEIRO CONSTRUTOR?

**R. F.** – Defendo que, cada vez mais, a equipe de trabalho esteja na mesa mais cedo. Ao iniciar o projeto, preciso saber com o tecnólogo os tipos de concretos disponíveis no mercado e seus preços. Antigamente, a diferença de preços entre o concreto de 35MPa e 45MPa era muito grande. Hoje, não é! Vale a pena usar o concreto de 45MPa para projetar estruturas que se adequem ao projeto arquitetônico e são mais enxutas do ponto de vista de custo. Para saber o custo de uma estrutura, é preciso saber esses parâmetros no momento do projeto. Se forem obras especiais, a presença do tecnólogo desde o começo é imprescindível, como no caso de projeto de um grande bloco de fundação, que precisará de tratamentos especiais. A presença do construtor na mesa de trabalho é também essencial porque é quem decide se vai ou não usar pré-moldados, por exemplo. Quando se projeta para um incorporador, sem uma construtora acoplada, a tarefa é mais difícil, porque não existe o profissional para ajudar o projetista a decidir o caminho a ser tomado. Um mesmo prédio projetado para quatro construtores diferentes terá

características estruturais diferentes, porque cada construtora tem seu modo de executar e paga preços diferenciados por seu insumo. Ao se conceber a estrutura, estando consensuados os princípios e diretrizes de projeto com quem irá avaliar o projeto, este já sai mais redondo. Se o ATP entrar depois do projeto pronto, sua boa sugestão não poderá ser incorporada. A função do ATP é dizer se o projeto atende ou não à norma. Se ele estiver desde o começo do projeto, consegue-se sanar os conflitos de opinião. A Encol, que faliu em razão da má gestão financeira, era, na parte técnica, exemplar, pois, mantinha, por exemplo, em São Paulo, relação de parceira com quatro escritórios de arquitetos, com três escritórios de projeto de estruturas, com quatro escritórios de instalações, colocando na mesa, desde o início do projeto, todos os profissionais das áreas envolvidas, de maneira que discutiam a formação do produto desde seu início. Como era o modelo de construção do passado? Primeiramente, o arquiteto concebia a arquitetura e fazia a planta para a prefeitura, para somente então fazer o orçamento dos projetos complementares, como se esses projetos não fossem importantes. Isto era um erro! A arquitetura concebida e o projeto da prefeitura funcionavam como uma camisa de força para as





demais fases. O projetista se obrigava a colocar pilar onde dava, para o pilar não interferir com vaga de garagem, criava-se uma transição, gerando estruturas caras e desnecessárias, porque não houve uma boa interação. Hoje, as grandes incorporadoras não fazem uma planta de prefeitura sem a participação dos projetistas nas decisões fundamentais do projeto. A participação do geotécnico é também cada vez mais importante, porque temos atualmente obras com escavações cada vez maiores e com mais subsolos. Um item importante hoje em dia é a análise da interação fundações-estrutura, obrigatória para as estruturas mais altas. Desde o começo do projeto, é preciso dados sobre o solo e do tipo de fundação para se pensar a estrutura de modo

que tenha maior integração com o projeto de geotecnia. O bom projeto é aquele no qual todos os profissionais envolvidos deram sua contribuição no momento correto.

Na obra, o projetista tem que fazer o acompanhamento da execução. Nos grandes projetos, coloquei como condição que o escritório de projeto participasse no acompanhamento da obra. Em obras grandes, esse convencimento é mais fácil, mas, em edifícios normais, é comum a alegação do construtor de que seu pessoal de obra sabe interpretar projeto e, se ocorrer algum problema, é porque o projeto não foi bem detalhado. Mas, muitas vezes, o pessoal da obra erra na marcação de estacas, nos detalhes executivos, e exige que o projetista conserte

seus erros. Quando o projetista acompanha a obra, ambas as partes ganham. O projetista vê se a execução está correta e orienta a equipe do canteiro, melhorando o processo executivo. E aprende com a equipe de obra, como detalhar melhor o projeto. Mas com os preços hoje pagos para o projeto estrutural, é impossível pensar em agregar mais este serviço sem uma remuneração.

**IBRACON** – Os EDIFÍCIOS ALTOS ESTÃO ESPALHADOS POR TODO O MUNDO E REQUEREM PROJETOS ARQUITETÔNICOS ARROJADOS, ANÁLISES ESTRUTURAIS SOFISTICADAS, TECNOLOGIA REFINADA DE DOSAGEM E APLICAÇÃO DO CONCRETO, ALÉM DE EQUIPAMENTOS ESPECIAIS PARA SUA CONSTRUÇÃO. O QUE OS EDIFÍCIOS ALTOS REPRESENTAM HOJE?

**R. F.** – Os edifícios altos ajudaram a desenvolver a engenharia, porque exigem novas tecnologias de concreto e de projeto, como considerações de retração e fluência do concreto, que levam a encurtamentos diferenciados dos pilares conforme a construção evolui, encurtamentos que precisam ser compensados durante a construção. Nos edifícios de mais de 250 metros, é preciso lançar mão de tipologias que não consistem apenas de pórticos e pilares-parede, como os *outriggers*, peças que ligam o núcleo do prédio à periferia para resistir a esforços horizontais e que ficam



Detalhes de elementos construtivos de um dos pisos de uma edificação

“ UM MESMO PRÉDIO PROJETADO PARA QUATRO CONSTRUTORES DIFERENTES TERÁ CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DIFERENTES, PORQUE CADA CONSTRUTORA TEM SEU MODO DE EXECUTAR E PAGA PREÇOS DIFERENCIADOS POR SEUS INSUMOS ”



## COM A COVID-19 E SUAS DECORRÊNCIAS, É POSSÍVEL QUE A TENDÊNCIA DAQUI PARA FRENTE SEJA EDIFÍCIOS ABAIXO DE 250 METROS

localizadas em andares técnicos. Em edifícios mais altos, precisa-se lançar mão de concretos mais resistentes e mais fluidos, que possam ser lançados a grandes alturas.

**IBRACON** – QUAL O LIMITE RACIONAL DA ALTURA DOS EDIFÍCIOS, CONSIDERANDO A RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO? HÁ MOTIVOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS PARA JUSTIFICAR ALTURAS DE 500 OU 600M?

**R. F.** – Embora trabalhe com o projeto de edifícios altos no Brasil, que vão até 220 metros, considero um contrassenso edifícios com mais de 250 metros, que servem como ícones, para marcarem presença no mundo. Na China, foi tomada recentemente uma decisão para não permitir edifícios com mais de 500 metros e edifícios com mais de 250 metros precisam ser justificados. Eu vi isto num vídeo da B1M no YouTube, que mostra uma tendência por edifícios mais baixos, mais funcionais e mais integrados à paisagem urbana. Com a Covid-19 e suas decorrências, é possível que a tendência daqui para frente seja edifícios abaixo de 250 metros. Do ponto de vista de custo da estrutura, ele começa a se elevar de uma maneira desproporcional acima dos 120 metros ou 140 metros, a depender da eficiência estrutural, o que depende da tipologia do apartamento ou escritório. Um edifício muito alongado tem baixa eficiência



Ensaio de túnel de vento, realizado no *The Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory* (Canadá) para o projeto da Torre Paulista

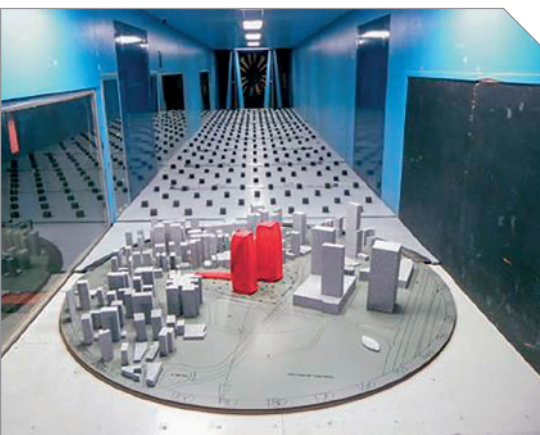
estrutural. Mais do que nunca, no edifício alto, a arquitetura e a estrutura precisam estar em simbiose. Em razão do vento, a forma dos edifícios precisa ser burilada para ter menor obstrução ao vento e melhor comportamento da edificação do ponto de vista do conforto. Então, o edifício alto é importante enquanto aprendizado, mas não como solução construtiva para o Brasil, sendo um gasto desnecessário. Precisamos ficar com edifícios abaixo dos 200 metros. Em São Paulo, o gabarito de aproximação de Congonhas acabou limitando a altura dos edifícios em 150 metros em boa parte da cidade. O gabarito de construção do terreno e o limite de construção pelo número de vezes

da área do terreno limitam também a altura dos edifícios em São Paulo. Nos estudos comparativos entre torres altas e baixas no qual participei, sempre a solução foi por torres intermediárias, porque a altura tem impacto nos custos de elevadores e das instalações em geral, bem como no tempo exigido de resistência ao fogo.

**IBRACON** – QUAIS SÃO OS SISTEMAS ESTRUTURAIS MAIS USADOS NO MUNDO PARA EDIFÍCIOS ALTOS E POR QUÊ? PARTICULARMENTE, NO BRASIL, QUAIS OS SISTEMAS ESTRUTURAIS MAIS USADOS E POR QUÊ?

**R. F.** – Os edifícios com até 200 metros são projetados com sistemas de pórticos e pilares-paredes.





**Ensaio de túnel de vento realizado segundo a HFPI (High Frequency Pressure Integration Method) para o projeto do São Paulo Corporate Towers (Viol)**

A partir daí, temos o sistema de pórticos e pilares-paredes com mais acoplamentos, como *outriggers*, treliças metálicas, grandes pilares-parede, com vigas mais altas a cada cinco ou oito andares, criando os megapórticos, estruturas que impactam fortemente a arquitetura. Não são vistos pelo usuário porque a pele de vidro fecha a estrutura. O Burj Kalifa, por exemplo, é projetado com

grandes pilares-parede, com quase um metro de espessura, tomando espaço útil da arquitetura. Tem ainda a forma estrutural do tubo. Imagine fazer uma casca de concreto onde se abrem buracos apenas nas janelas. Existem muitos edifícios altos do passado feitos assim. A eficiência estrutural é grande, mas o partido arquitetônico é mais simples, não se coaduna com apartamentos com mais de dois dormitórios e de alto padrão, com varandas e janelas grandes.

**IBRACON** – Os PARÂMETROS NORMATIVOS BRASILEIROS SÃO SUFICIENTES E ESTÃO ALINHADOS PARA O PROJETO DE EDIFÍCIOS ALTOS? QUAIS OS PRINCIPAIS PARÂMETROS NORMATIVOS QUE PRECISAM URGENTEMENTE DE REVISÃO? POR QUÊ?

**R. F.** – Nos edifícios mais baixos, as dimensões da estrutura devem garantir a segurança da edificação para cargas verticais, ventos e efeitos de segunda ordem global. Quando se passa dos 120 metros, essa mesma estrutura garante a segurança estrutural, mas não o conforto do usuário da edificação em dias de ventos mais fortes. Isto porque o edifício mais alto oscila com o vento e o nível de aceleração dessa oscilação pode causar desconforto para o usuário e, em situação extrema, enjoos. Essa oscilação não denota falta segurança para o uso da

edificação, ou seja, a estrutura pode atender aos aspectos de segurança exigidos pela norma técnica, mas ainda assim ser inadequada do ponto de vista de seu uso, porque o usuário vai se sentir inseguro.

Quando o carro para sobre um viaduto ou ponte, mas a pista contrária está fluindo, sente-se que a ponte oscila para cima e para baixo. Todos estão acostumados com isso, porque sabem que, apesar de a estrutura se mexer com as cargas, não há perigo de colapso, ainda que os viadutos em São Paulo tenham problemas de manutenção. Em estádios de futebol se dá o mesmo. A torcida até brinca de pular na mesma frequência para fazer da estrutura um trampolim.

No caso dos edifícios, defendo que se avise aos usuários que os mais altos têm oscilações maiores, mas, quando bem projetados, tais oscilações não são nenhum problema que denote falta de segurança.

Mas, existe um nível de oscilação que pode causar enjoos, que deve, portanto, ser evitado. O usuário sentir que o prédio mexeu é normal e recomendado para não gerar estruturas antieconômicas. Porém, as oscilações de um edifício alto em dias de ventos fortes têm que estar dentro de acelerações consideradas adequadas. Quais são esses limites? Não existe consenso no mundo. Não existe uma norma. O que eu

**“ NO CASO DE EDIFÍCIOS, DEFENDO QUE SE AVISE AOS USUÁRIOS QUE OS MAIS ALTOS TÊM OSCILAÇÕES MAIORES, MAS, QUANDO BEM PROJETADOS, TAIS OSCILAÇÕES NÃO SÃO NENHUM PROBLEMA QUE DENOTE FALTA DE SEGURANÇA ”**



## HOJE EM DIA, A PRÁTICA É O ENSAIO DE TÚNEL DE VENTO FORNECER AS MÁXIMAS ACELERAÇÕES ESTIMADAS PARA O PROJETO. MAS, O CORRETO SERIA O PROJETISTA TER ACESSO AOS DADOS DAS FORÇAS NO TEMPO PARA REFAZER AS ANÁLISES



considero aceitáveis são os limites do *Council on Tall Buildings* (CTBUH). Na norma brasileira de vento, o limite de aceleração é muito baixo e deve ser revisto na revisão de norma em curso.

Os outros parâmetros normativos são gerais para projeto de estruturas. A norma brasileira de projeto de estruturas de concreto tem elementos suficientes para detalhar aspectos importantes para o projeto de edifícios em geral, até o limite de concretos com  $f_{ck}$  de 100 MPa. Para o futuro, será preciso contemplar concretos com  $f_{ck}$  acima de 100 MPa.

**IBRACON** – PARA QUAIS CONDIÇÕES DEVE-SE EXIGIR O ENSAIO DE TÚNEL DE VENTO? POR QUÊ?

**R. F.** – O vento é importante até numa edificação de dois andares, dependendo de sua tipologia estrutural. Para um muro de divisa de cinco metros de altura, se não se considera o vento, há o risco dele cair. A consideração do vento é importante para todo tipo de estrutura.

Para edificações de até 120 metros de altura, existem modos de cálculos aproximados para considerar os esforços de vento, com resultados razoáveis, que são normatizados. Acima de 120 metros de altura, já é importante usar o ensaio de túnel de vento. No entanto, o ensaio de túnel

de vento pode ser importante para uma estrutura mais baixa, se sua tipologia for não usual.

Dentro dos trabalhos da comissão de revisão da norma brasileira de vento (ABNT NBR 6123), serão feitas recomendações acerca de quais características estruturais e quais alturas o ensaio de túnel de vento deve ser obrigatório.

**IBRACON** – QUAIS SÃO OS TIPOS DE INFORMAÇÕES ÚTEIS DO ENSAIO DE TÚNEL DE VENTO PARA O PROJETISTA DA ESTRUTURA?

**R. F.** – O ensaio de túnel de vento pode fornecer vários tipos de informação que serão usados por diferentes projetistas. Primeiro, fornece os esforços de vento para cada direção do vento na estrutura, ao longo de sua altura. Segundo, para edifícios mais altos, fornece a máxima aceleração esperada das oscilações para cada direção de vento. Terceiro, fornece as forças resultantes do vento na estrutura ao longo do tempo, que são variáveis dentro de um período de tempo. Esses dados são importantes para o projetista poder refinar a estrutura.

Hoje em dia, a prática é o ensaio de túnel de vento, em edifícios especiais é fornecer as máximas acelerações estimadas para projeto — se não adequadas, o projetista pode readequar sua estrutura e pedir nova análise. Mas, o correto

seria o projetista ter acesso aos dados das forças no tempo para refazer as análises com programas computacionais adequados. Outro tipo de informação são as pressões nas fachadas em vários pontos, que possibilitam que os projetistas de caixilhos, das vedações, das janelas, consigam projetar o tamanho dos perfis necessários para suportar essas pressões não uniformes. Nas quinas e andares mais altos do edifício, as pressões são maiores, de modo que o caixilho precisa ser mais reforçado. Em edifícios com esplanadas, o vento pode atingir velocidades altas no térreo, que causam desconforto. Neste caso, os dados de túnel de vento podem ser utilizados pelo arquiteto ou paisagista para criar anteparos para diminuir o efeito do vento nestes locais. Por fim, os edifícios com piscinas e áreas de lazer na cobertura podem se beneficiar da avaliação do conforto do usuário por meio de túnel de vento.

**IBRACON** – FORA DE SUA ROTINA DE TRABALHO, O QUE FAZ EM SUAS HORAS DE LAZER?

**R. F.** – Meu hobby hoje em dia é marcenaria. Tenho uma marcenaria amadora na fazenda da família de minha mulher. No fim do dia, faço recuperação de móveis e fabricação de móveis com madeira reciclada. 