

A QUALIFICAÇÃO DO ENGENHEIRO PARA AVALIAR PROJETOS DE ESTRUTURAS

DOI: 10.15552/2236-0158/abenge.v35n1p36-43

Henrique Innecco Longo¹

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade melhorar a qualificação do engenheiro para avaliar projetos de estruturas de edificações de concreto. Muitos acidentes em engenharia podem ser evitados se houver uma avaliação do projeto de estruturas. Por esse motivo, é preciso capacitar o engenheiro para realizar esse tipo de trabalho. Essa avaliação consiste em verificar toda a documentação do projeto, a memória de cálculo e as plantas. Os resultados do computador devem ser verificados com muito cuidado, porque um simples engano na entrada de dados pode causar erros graves no projeto. Essa verificação pode ser feita por comparação, com métodos aproximados, com outro programa de computador ou com projetos semelhantes. As plantas de armaduras devem estar de acordo com os resultados do programa. Exemplos de verificação foram elaborados para mostrar erros que podem acontecer no projeto de estruturas. Alguns procedimentos práticos para avaliar projetos são mostrados para melhorar a capacitação dos estudantes de engenharia.

Palavras-chaves: Qualificação; engenheiro; projeto; estruturas.

ABSTRACT

QUALIFICATION OF ENGINEER FOR EVALUATING STRUCTURAL PROJECTS

The scope of this work is to improve the engineer's qualification for evaluating structural buildings projects. Many accidents in engineering can be avoided with structural building design evaluation. For this reason, it is necessary to qualify the engineer to perform this type of work. It is necessary to check all project documentation, calculation memory and engineering drawings. Computer results should be checked very carefully because a simple mistake can cause serious errors in the project. This check can be made by comparison with approximate methods, with another program or with similar projects. Reinforcement must comply with the program's results. Verification examples are shown in this article to show errors that can happen in the structural design. Some practical procedures for verification are shown to improve the qualification of engineering students.

Keywords: Qualification; engineer; design; structures.

¹ Professor Associado, Doutor em Ciências, Departamento de Estruturas, Escola Politécnica, UFRJ; longohenrique@gmail.com

INTRODUÇÃO

Com o avanço das novas tecnologias, uma das questões fundamentais é como garantir a segurança, a qualidade e a durabilidade de uma construção. Esse assunto tem sido muito discutido no meio técnico ultimamente, tendo em vista que muitos acidentes acontecem por falta de uma verificação adequada do projeto. Por essa razão, é fundamental melhorar a qualificação do engenheiro para avaliar os projetos de estruturas.

Essa avaliação é muito importante, pois um erro na análise computacional pode causar grandes prejuízos financeiros e também provocar perdas de vidas humanas.

Há muitas questões envolvidas neste trabalho. Como deve ser feita essa avaliação? Quais os requisitos indispensáveis para um bom avaliador? De que maneira deve ser feita a verificação dos resultados de um programa de computador? Como verificar se as plantas de formas da estrutura estão compatíveis com as plantas de arquitetura? Como verificar se as plantas de armaduras dos elementos estruturais estão de acordo com os cálculos do projeto?

A avaliação do projeto está prevista na norma NBR-6118 (2014), que define os requisitos básicos para o projeto de estruturas de concreto. Essa norma estabelece que a avaliação da conformidade do projeto deve ser realizada por um profissional habilitado, independente e diferente do projetista.

Uma comissão da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural – ABECE (2015) elaborou procedimentos básicos exigíveis para a avaliação técnica de projetos estruturais de concreto simples, armado e protendido, tomando como base as normas brasileiras vigentes e, nas questões em que essas forem omissas, normas internacionais pertinentes.

Conforme Cunha (2013), a principal tarefa do verificador do projeto de estruturas não é a de encontrar erros nos trabalhos de terceiros, mas contribuir com o seu conhecimento, sua idoneidade e competência técnica, para que o projeto seja capaz de atender às condições imperativas de segurança, de confiabilidade e de qualidade, conforme os requisitos da norma NBR-6118 (2014).

O engenheiro avaliador deve estar bem preparado para fazer essa verificação em seus próprios projetos e nos realizados por outros. Dessa maneira, é preciso capacitar o estudante de engenharia a não apenas elaborar projetos, mas também a fazer esse trabalho de avaliação.

ACIDENTES QUE PODERIAM TER SIDO EVITADOS

Muitos acidentes poderiam ter sido evitados se tivesse havido uma avaliação rigorosa do projeto. O caso do Edifício Palace II é emblemático. Esse edifício, de 22 andares, localizado no Rio de Janeiro, Barra da Tijuca, desabou em 1998, sendo que oito pessoas morreram devido ao desmoronamento da fachada (Figura 1) e o prédio teve que ser implodido.



Figura 1: Desabamento da fachada do Palace II.

O laudo pericial do Instituto de Criminalística Carlos Éboli (DESABAMENTO..., 1998) constatou que a causa da tragédia foi um erro no dimensionamento dos pilares. De acordo com esse laudo, o projeto previa que dois pilares deveriam ser dimensionados para receber uma determinada carga, mas foram projetados para uma capacidade bem menor.

Na época desse acidente, houve até uma contestação desse laudo, pois alguns consideraram que também houve falhas na execução da obra. Além disso, outros engenheiros levantaram a hipótese segundo a qual o colapso teria ocorrido porque foi considerada uma simetria no projeto, mas que, na verdade, os pilares tinham cargas diferentes.

Outro grave acidente aconteceu em julho de 2014, com a queda do Viaduto Batalha dos Guararapes, no Planalto, Região Norte de Belo Horizonte (Figura 2). Um laudo do Instituto de Criminalística da Polícia Civil de Belo Horizonte (ERROS..., 2014) apontou erros de cálculos no projeto, redução do material na construção e tamanho inadequado dos blocos de sustentação dos pilares como as principais causas do acidente que matou duas pessoas e deixou 22 feridas.



Figura 2: Desabamento do Viaduto Batalha dos Guararapes.

A AVALIAÇÃO DO PROJETO DE ESTRUTURAS

A norma NBR-6118(2014) não especifica que todos os projetos de estrutura de concreto devem ser avaliados por terceiros. No entanto, seria importante que houvesse tal obrigatoriedade para todos os projetos. Na prática, essa avaliação geralmente é

feita por exigência do cliente, em obras de grande porte ou quando ocorre algum problema durante a construção.

A verdade é que essa verificação pode reduzir significativamente a possibilidade de erros no projeto. Alguns especialistas até sugerem que houvesse uma norma específica que estabelecesse os requisitos necessários para a certificação de projetos.

Nas recomendações da ABCEC (2015), estão descritos os procedimentos a serem adotados para a escolha do avaliador técnico, a relação entre o avaliador e o projetista e as condições de aceitação das recomendações realizadas pelo avaliador técnico.

O grande desafio para o professor saber como qualificar o estudante não apenas para elaborar um projeto, mas também para fazer avaliações de projetos de forma adequada.

AVALIAÇÃO DO PROJETO

Para a avaliação de um projeto de estruturas é importante que haja diretrizes e procedimentos bem definidos, previamente estabelecidos, que sirvam como base para o avaliador.

A norma NBR-6118 (2014) determina que essa avaliação deve ser realizada até antes da fase da construção e, de preferência, simultaneamente à fase de projeto. Já a ABCEC (2015) estabelece que a avaliação técnica pode ocorrer em paralelo ao desenvolvimento do projeto, após a conclusão do projeto, após a conclusão da construção ou após a ocorrência de manifestação patológica.

Duas etapas são necessárias para uma boa verificação. Na primeira etapa, a avaliação deve ser feita internamente, na própria empresa do engenheiro, para um controle da qualidade do projeto. Depois, deve ser feita uma avaliação externa, por outro engenheiro ou por uma equipe de avaliadores, para o caso de projetos mais complexos ou de grande porte.

No caso de uma verificação de projeto de estruturas de concreto, o engenheiro deve ter em mãos toda a documentação necessária e todas as plantas disponíveis para uma avaliação inicial.

Após essa análise preliminar, deve ser feita uma verificação da memória de cálculo e uma verificação dos resultados do computador. A última etapa con-

siste em verificar o produto final do projeto, ou seja, as plantas de armaduras dos elementos estruturais.

A Figura 3 mostra um esquema geral, com os principais itens da avaliação de um projeto.



Figura 3: Esquema geral de uma avaliação.

Verificação das plantas e da documentação

Essa etapa inicial consiste em verificar as plantas de localização da obra, a sondagem do terreno, as plantas de arquitetura, plantas de instalações, plantas de formas da estrutura, locação dos pilares, etc. Qualquer erro nessas plantas pode causar sérios problemas para o projeto e para a execução da obra.

As plantas de formas devem estar de acordo com as plantas de arquitetura. Para isso, é necessário verificar as cotas e as possíveis interferências dos elementos estruturais com o projeto arquitetônico. É preciso verificar, por exemplo, o posicionamento dos pilares no pavimento tipo e nos demais pavimentos da edificação.

É também muito importante a verificação da compatibilidade do projeto de estruturas com os demais projetos, tais como os projetos de instalações elétricas e hidráulicas. Muitas vezes, essas instalações interferem na estrutura e, por isso, devem ser consideradas na avaliação. Uma abertura na laje ou na viga para a passagem de dutos não prevista no projeto de estruturas pode interferir nos esforços e no detalhamento das armaduras.

Verificação da memória de cálculo

A norma NBR-6118 (2014) não obriga que o projeto tenha uma memória de cálculo, mas recomenda que as especificações e os critérios de projeto possam constar nos próprios desenhos ou constituir documento separado.

Na prática, muitos projetos são feitos sem memória de cálculo, pois muitos projetistas acham que ela não é necessária, tendo em vista que todos os dados do projeto e os resultados numéricos estão armazenados em arquivos digitais.

No entanto, esse documento é muito útil para que o avaliador possa conferir a concepção estrutural, os critérios usados, os materiais empregados, as cargas adotadas, as combinações de carregamentos, as hipóteses utilizadas, a metodologia de cálculo, etc.

É também importante verificar os requisitos de durabilidade previstos pela NBR-6118 (2014), considerando a espessura do cobrimento que protege as armaduras em função da classe de agressividade ambiental estabelecida para a região.

Para o engenheiro, a memória de cálculo é importante como um arquivo que pode ser consultado sempre que necessário, até mesmo para elaboração de outros projetos. Esse documento deveria ser obrigatório e sempre fazer parte do produto final do projeto.

No entanto, o memorial não deve ser usado como documento único de avaliação. A verificação baseada apenas na memória de cálculo pode induzir o avaliador aos mesmos possíveis erros do projetista.

Verificação de resultados do computador

A verificação dos resultados do computador consiste em avaliar se a estrutura foi calculada cor-

retamente. O engenheiro deve também saber interpretar os resultados.

Esse trabalho é fundamental para garantir a confiabilidade dos cálculos. Conforme mostrado por Longo (2003), um simples erro de digitação pode causar prejuízos irreparáveis no projeto de estruturas.

A verdade é que os programas de computador estão cada vez mais sofisticados e, atualmente, o engenheiro é capaz de resolver estruturas complexas em poucos minutos.

O problema é que, algumas vezes, o engenheiro usa um programa sem ter uma boa base teórica do assunto, o que pode acarretar riscos para a obra. Para usar qualquer tipo de programa, é imprescindível que o engenheiro tenha amplos conhecimentos teóricos a respeito da metodologia usada pelo programa.

De um modo simplificado, pode-se dizer que existem dois tipos de programas comerciais usados no projeto de estruturas: os gerais e os específicos.

É importante que o avaliador saiba como verificar os programas mais gerais, em que o usuário fornece as características da estrutura e a localização dos elementos estruturais. O usuário não tem muita interferência nos cálculos, pois esses programas fazem praticamente tudo: analisam a estrutura, dimensionam, traçam diagramas e desenharam as plantas de formas, plantas de armaduras de lajes, vigas, pilares e fundações. Para avaliar esse tipo de programa, não é possível fazer uma análise das etapas intermediárias, mas apenas dos resultados finais.

Nos programas específicos, o usuário tem um controle maior sobre o aplicativo, podendo até definir o modelo de cálculo da estrutura. Nesse tipo de programa, conforme Longo (2014), o avaliador deve verificar todos os dados de entrada, tais como as unidades empregadas, o tipo de material, os tipos de apoio, as dimensões dos elementos estruturais, valores das cargas, combinações de carregamentos nos estados limites, etc.

Em qualquer análise da estrutura pelo computador, é preciso verificar se o modelo de cálculo adotado é o mais adequado. Um modelo inadequado pode comprometer todo o projeto, mesmo que o programa tenha feito todos os cálculos aparentemente corretos.

Na análise das combinações dos carregamentos no Estado Limite de Serviço (ELS), conforme a norma NBR-6118 (2014), é preciso verificar os deslocamentos verticais das lajes e vigas, bem como os deslocamentos horizontais da estrutura. Um engano na entrada de dados do material ou na seção transversal dos elementos estruturais pode provocar erros nesses deslocamentos.

A visualização das deformadas da estrutura também é um bom procedimento de avaliação. Na análise da ação do vento, é importante verificar igualmente o parâmetro de instabilidade global da estrutura, para saber se os efeitos de segunda ordem são significativos.

No Estado Limite Último (ELU), deve ser feita uma verificação dos diagramas dos esforços atuantes e do dimensionamento das armaduras calculadas pelo programa.

Além dessas, outras verificações dos resultados devem ser feitas. Uma delas é comparar a soma de todas as reações de apoio da estrutura com a soma de todos os carregamentos atuantes. Caso os resultados dessas somas não sejam idênticos, significa que as cargas estão incorretas ou houve erro na análise.

Verificação por comparações

Os métodos aproximados podem ser muito úteis para se fazer comparações, tendo em vista que eles são simples de usar e podem dar uma noção da ordem de grandeza dos resultados. Alguns métodos simplificados para verificação dos esforços nas lajes, vigas e pilares de uma edificação podem ser usados, conforme Longo (2014).

Uma outra análise que também pode ser feita é usar um outro programa de computador, diferente do usado pelo projetista, para uma comparação dos resultados. Pode-se, por exemplo, comparar os resultados de programas gerais diferentes ou comparar os resultados de um programa geral com outros programas específicos.

Se for possível, pode-se fazer também uma análise comparativa com projetos semelhantes. Isso dá também uma melhor noção da ordem de grandeza.

Nessas verificações, é imprescindível considerar a experiência e os conhecimentos do engenheiro avaliador.

Assim sendo, essa verificação dos resultados pode ser feita pelas seguintes comparações:

- comparação com métodos aproximados;
- comparação com outro programa;
- comparação com projetos semelhantes;
- consideração da experiência do avaliador.

É importante salientar que não se trata de refazer todos os cálculos feitos, mas de fazer comparações que possam comprovar ou não a solução adotada pelo projetista.

Verificação do produto final do projeto

Conforme consta na NBR-6118 (2014), o produto final do projeto estrutural é constituído por desenhos, especificações e critérios de projeto.

No caso de um projeto de uma edificação de concreto armado, é preciso verificar se as plantas de armaduras das lajes, vigas, pilares e fundações estão compatíveis com os diagramas de esforços e com os resultados do dimensionamento feito pelos programas de computador. Além disso, é preciso avaliar se as armaduras estão convenientemente detalhadas. Um detalhe mal feito pode dificultar a concretagem e provocar a ruptura de um elemento estrutural ou até mesmo acarretar o colapso da estrutura.

No entanto, não basta apenas verificar essas plantas, mas também é preciso fazer uma avaliação considerando o projeto em seu conjunto.

Com todos esses procedimentos de verificação, o engenheiro deve fazer uma análise criteriosa para um diagnóstico final e redigir um laudo de avaliação aprovando ou não o projeto e apontando, eventualmente, sugestões para possíveis modificações no projeto original.

Caso haja divergências entre o engenheiro avaliador e o projetista, será necessário o parecer de outro profissional qualificado.

A VERIFICAÇÃO NA PRÁTICA

A minha experiência tem demonstrado a importância de se fazer sempre uma avaliação no projeto de estruturas. Como engenheiro, trabalhei no

setor de controle de qualidade de projetos de uma empresa de consultoria em projetos de grande porte. Nesse setor, eram feitas verificações de todas as memórias de cálculo de cada trecho da estrutura, mas sem a devida avaliação do projeto como um todo. O trabalho consistia simplesmente de uma verificação dos cálculos. O avaliador não tinha ideia do conjunto do projeto, o que poderia levar a erros grosseiros. As plantas das armaduras também eram verificadas por outros engenheiros, de outro setor, que não tinham acesso aos procedimentos de cálculo.

Também já participei de projetos de estruturas que foram modificados várias vezes, por causa de alterações nos projetos de arquitetura e de instalações. Isso acontecia porque esses projetos eram feitos quase ao mesmo tempo do projeto de estruturas.

Como pesquisador na área de projetos, tenho verificado que é muito fácil cometer enganos ao se analisar uma estrutura usando um programa de computador. Alguns erros são difíceis de serem detectados, e podem distorcer os resultados da análise se não for feita uma boa avaliação.

EXEMPLOS DE VERIFICAÇÃO

Para ilustrar erros no projeto de estruturas, constatados por uma verificação criteriosa, são mostrados, a seguir, alguns casos típicos que podem ocorrer na prática.

A Figura 4 mostra um trecho de uma planta de arquitetura de uma garagem localizada no subsolo de uma edificação. Ao se fazer uma compatibilidade da planta de formas com a planta de arquitetura desse pavimento, foi constatado que um dos pilares foi projetado na entrada da garagem, impedindo o ingresso dos carros. Esse erro só foi constatado ao se colocar a planta de formas sobre a planta de arquitetura.

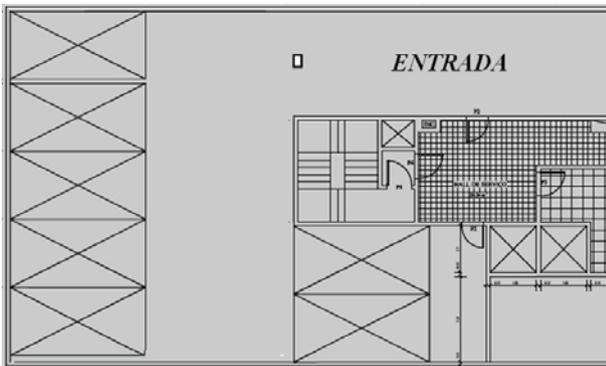


Figura 4: Pilar interferindo na entrada dos carros.

Um outro exemplo em que a verificação constatou um erro na análise foi o caso de uma estrutura de uma edificação com dez pavimentos, submetida a um carregamento vertical e a uma ação do vento. Essa estrutura foi analisada por um modelo tridimensional pelo programa SAP2000 (2011), conforme mostrado na Figura 5.



Figura 5: Modelo de estrutura tridimensional.

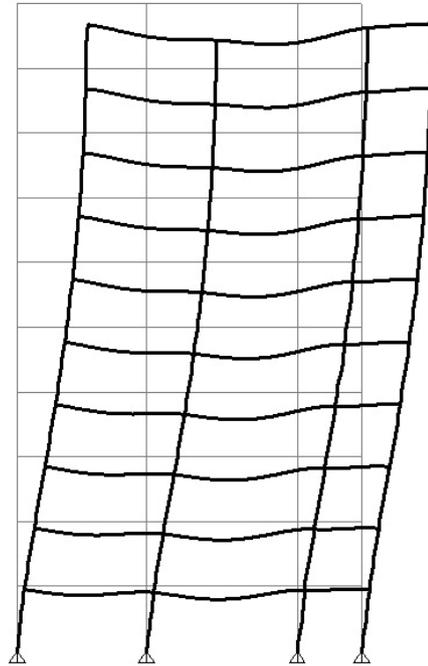


Figura 6: Deformação errada da estrutura.

O programa analisou essa estrutura corretamente, mas foi observado que o deslocamento horizontal do ponto mais alto da estrutura ficou muito grande, conforme mostrado na Figura 6. O valor encontrado foi igual a 81 cm, incompatível com o carregamento e com as dimensões dos elementos estruturais.

Foi feita uma análise minuciosa dos dados de entrada e se constatou que houve um erro no módulo de elasticidade secante do concreto, que deveria ser de 27 GPa para o concreto C30. Como esse valor deveria ser introduzido no programa em kN/m^2 , o valor correto seria igual a $27 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$, mas foi usado $27 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$, ou seja, um valor 100 vezes menor. Desse modo, o deslocamento máximo da estrutura deveria ser de 0,81cm e não 81cm.

Um outro exemplo interessante de uma verificação foi o caso da armadura de uma viga de concreto armado (Figura 7). O programa de computador analisou essa viga e dimensionou as armaduras, sendo que a armadura para o momento máximo negativo sobre o apoio intermediário foi de $4\phi 20 \text{ mm}$. No entanto, no detalhamento das armaduras dessa viga foi colocada uma armadura de $4\phi 16 \text{ mm}$, correspondente às barras N2 e N3 da Figura 7, ou seja, uma armadura insuficiente para resistir aos esforços atuantes.

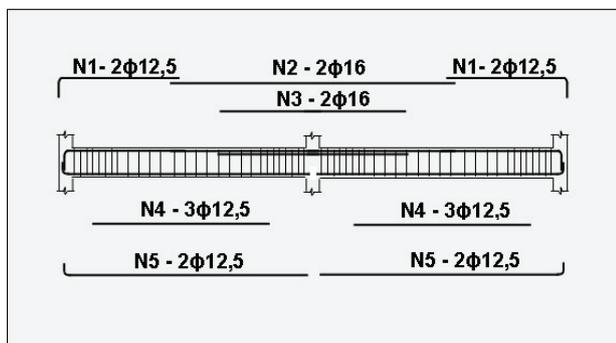


Figura 7: Armadura de viga de concreto armado.

Todos esses casos podem acontecer na prática, até por distração ou pressa para terminar o trabalho. Somente uma verificação feita por terceiros poderia reduzir a possibilidade de ocorrência desses erros no projeto.

PROCEDIMENTOS PARA QUALIFICAÇÃO DO ENGENHEIRO

O engenheiro deve ter três requisitos fundamentais para fazer uma boa avaliação: conhecimentos teóricos, uma boa noção de ordem de grandeza e muita experiência em projetos e em obras. Por esse motivo, é preciso capacitar os estudantes para que eles possam ter uma formação prática, além de uma boa noção de ordem de grandeza. A experiência somente o tempo pode dar.

Conforme mostrado por Longo (2006), a noção de ordem de grandeza é fundamental para se fazer uma verificação dos resultados dos programas de computador. No passado, os engenheiros tinham que ter essa noção, pois os projetos eram feitos com régua e cálculo muito imprecisos. Eles eram obrigados a ter uma boa estimativa de todas as contas. Atualmente, essa preocupação deixou de existir, mas é preciso resgatar essa prática para evitar erros ao se utilizar os programas disponíveis.

Alguns procedimentos podem ser introduzidos nos cursos de engenharia, desde estimar o resultado de uma simples conta de uma equação matemática até usar métodos aproximados para avaliar os resultados computacionais de uma análise de uma estrutura complexa.

Nesse sentido, o professor pode introduzir vários procedimentos no curso para melhorar a capacitação dos estudantes para avaliar um projeto de estrutura, tais como:

- verificação da compatibilidade das plantas de formas de uma estrutura com o projeto de arquitetura;
- pré-dimensionamento dos elementos estruturais para uma estimativa inicial;
- análise dos dados de entrada de um programa de computador;
- análise das deformações, diagramas e reações de apoio da estrutura;
- comparação dos resultados do programa com um método aproximado ou com outro programa;
- verificação quanto à adequação das plantas de armaduras dos elementos estruturais aos resultados do programa de computador.

É também importante discutir com os estudantes as consequências de possíveis erros de análise dos esforços e os riscos para a segurança da obra.

A verificação de um projeto real de estruturas, incluindo plantas, memória de cálculo e resultados de programas de computador, pode servir como um bom exemplo para que os estudantes aprendam a elaborar e a verificar projetos.

Alguns desses procedimentos estão sendo aplicados na disciplina Estruturas de Concreto Armado do curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da UFRJ, em aulas práticas de projeto, trabalhos escolares e na elaboração de projetos de final de curso.

CONCLUSÕES

A avaliação de um projeto é fundamental para garantir a segurança, a qualidade e a durabilidade da construção.

A prática tem demonstrado que muitos problemas de projeto e de execução poderiam ter sido evitados se fosse feita uma avaliação do projeto.

Essa verificação deve ser feita por profissionais competentes e com experiência em projetos. O engenheiro deve ter conhecimentos teóricos e estar bem capacitado a fazer a avaliação.

Além disso, o avaliador deve saber não apenas verificar, mas também interpretar os resultados do computador.

As normas de projeto deveriam regulamentar e tornar obrigatória essa verificação em todos os projetos de estruturas.

Nos exemplos apresentados, ficou comprovada a importância da verificação de um projeto de estruturas, tanto dos resultados do computador como das plantas de formas e das plantas de armaduras dos elementos estruturais.

É possível introduzir no curso de engenharia alguns procedimentos básicos para que os estudantes possam realizar esse trabalho de verificação de projetos de estruturas de fundamental importância.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento, Rio de Janeiro, 2014.
- ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural. **Recomendações para a atividade de avaliação técnica de projeto de estrutura de concreto**. Recomendação ABECE 002: 2015. Avaliação técnica do projeto de estruturas de concreto. 2015. Disponível em: <<http://site.abece.com.br/index.php/recomendacoes-para-projetos-2>>. Acesso em: 11 maio 2016.
- CUNHA, J. C. Responsabilidades do engenheiro e certificação. In: 16º ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL. **Anais...** 2013. Disponível em: <www.abece.com.br/enece2013>. Acesso em: 11 maio 2016.
- ERROS de cálculos no projeto e falta de material resultaram em queda de viaduto na Pedro I em BH. **EM digital** – **Jornal Estado de Minas**, Belo Horizonte, 29 de agosto de 2014. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/08/29/interna_gerais,563494/erros-de-calculos-no-projeto-e-falta-de-material-resultaram-em-queda-de-viaduto-na-pedro-i-em-bh.shtml>. Acesso em: 11 maio 2016.
- DESABAMENTO do Palace II foi provocado por erros técnicos. **JC OnLine – Jornal do Commercio**, Recife, 19 de maio de 1998. Texto não paginado. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/JC/_1998/1905/br1905a.htm>. Acesso em: 11 maio 2016.
- LONGO, H. I. O engenheiro de estruturas diante do computador. In: V SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO. **Anais...** São Paulo, 2003.
- LONGO, H. I. **Verificação dos programas de computador para análise de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica da UFRJ, 2014. Publicação eletrônica. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/estprojeto/>> Acesso em: 11 maio 2016.
- LONGO, H. I. A importância da verificação dos resultados do computador. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. **Anais...** Passo Fundo, RS, 2006.
- SAP2000 15.0. **Linear and nonlinear static and dynamic analysis and design of three-dimensional structures**. Berkeley, CA: Computers and Structures, Inc., 2011.

DADOS DO AUTOR



Henrique Innecco Longo – Graduado em Engenharia Civil pela UFRJ, em 1973, mestrado pela COPPE-UFRJ, em 1979, doutorado pela COPPE-UFRJ, em 1989. Professor Associado da Escola Politécnica da UFRJ, Departamento de Estruturas. Atua na graduação do curso de Engenharia Civil desde 1982, e na pós-graduação do Programa de Projeto de Estruturas do mestrado profissional desde 2010. Orienta projetos finais no curso de Engenharia Civil para os alunos de Estruturas e de Construção Civil. Faz pesquisa na área de projeto de estruturas de concreto e na área de ensino de engenharia, com diversos artigos publicados.