

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MODELOS ESTRUTURAIS PARA UMA ESTRUTURA EM AÇO DE QUATRO PAVIMENTOS

FLÁVIA FASOLO¹, LETICIA BARIZON COL DEBELLA², MARINA LUIZA BERNARSKI³

¹Graduanda em Engenharia Civil, UEPG, Ponta Grossa-PR, flaviarfasolo@gmail.com;

²Msc, professora UEPG e CESCAGE, Ponta Grossa-PR, leticiacoldebella@hotmail.com;

³Graduanda em Engenharia Civil, CESCAGE, Ponta Grossa-PR, marinalubernarski@hotmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Com as diversas possibilidades de modelos estruturais disponíveis em programas computacionais de cálculo, torna-se, por vezes, complexa a definição correta do modelo a ser adotado. Nessa perspectiva, o objetivo desse trabalho é comparar e verificar os esforços de um edifício de quatro pavimentos a ser construído em aço A-36, pelo programa Ftool 4.0 e pelo programa SAP2000, visando verificar a viabilidade de planificação de estruturas para obtenção dos esforços cortantes e de momento fletor. Para tanto, utilizou-se do modelo estrutural de pórticos planos e espaciais, o que permitiu analisar o comportamento do edifício para cada um dos modelos estruturais adotados. Assim, torna-se evidente que por ser um método prático, o método de pórticos planos apresentou resultados em geral satisfatórios, possibilitando a planificação de estruturas para simulações de baixa complexidade. Tendo isso exposto, o presente trabalho torna-se relevante uma vez que tal decisão implicará diretamente no desempenho do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: análise estrutural, modelos estruturais, estruturas em aço.

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN STRUCTURAL MODELS FOR A FOUR FLOOR STEEL STRUCTURE

ABSTRACT: With the various possibilities of structural models available in computational programs, the correct definition of the model to be adopted is sometimes complex. In this perspective, the objective of this work is to compare and verify the efforts of a four floors building to be built in A-36 steel, by the Ftool 4.0 program and the SAP2000 program, aiming to verify the feasibility of planning structures to obtain cutting efforts and bending moment. For that, we used the structural model of flat and spatial frames, which allowed to analyze the behavior of the building for each of the structural models adopted. Thus, it is evident that as a practical method, the flat frame method has presented generally satisfactory results, allowing the planning of structures for low complexity simulations. Having said that, the present work becomes relevant since this decision, according to Kimura (2007), will directly imply the performance of the project.

INTRODUÇÃO

De acordo com Vasconcelos (2003), grande parte do progresso existente em novas estruturas deve-se aos cálculos executados por intermédio de sistemas computacionais. Assim, há um ganho não só em redução considerável de horas de trabalho, bem como, das possibilidades do acometimento de falhas. Nessa perspectiva, simultaneamente ao computador houve o surgimento dos softwares, os quais tornaram-se indispensáveis na vida moderna. Entretanto, é fundamental a compreensão da dinâmica dos programas computacionais, assim como, o questionamento dos resultados obtidos na análise pelo engenheiro civil, uma vez que a utilização de tais ferramentas não o desresponsabiliza do projeto apresentado.

Nessa perspectiva, ressalta-se que o avanço tecnológico possibilitou a minimização do superdimensionamento de estruturas, uma vez que as análises estruturais passaram a apresentar

valores mais precisos e menos conservadores. Dessa forma, visando o cálculo do comportamento de estruturas é possível a adoção de diferentes modelos estruturais, os quais possuem suas próprias características que se propõem a simular uma estrutura real com base nos melhores resultados para cada análise de esforços.

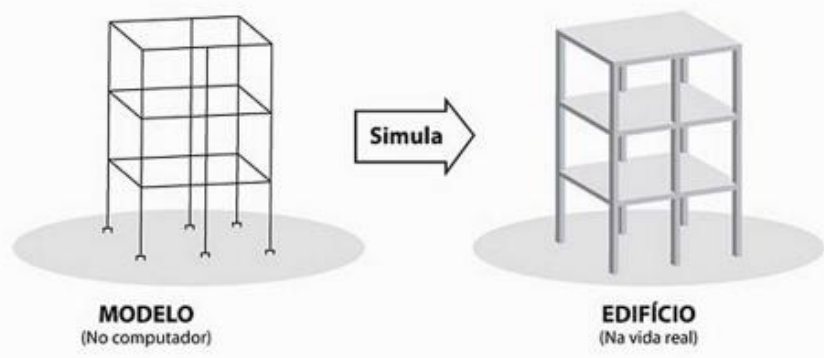
Assim sendo, no meio acadêmico, os educandos deparam-se frequentemente com softwares em formato bidimensional, como o Ftool, o qual tem como objetivo calcular um modelo de quatro planos para melhor compreensão das estruturas, todavia, de uma maneira mais simples e conservadora. Em contrapartida, há o SAP2000, um dos softwares utilizados para cálculo de estruturas tridimensionais, onde é possível considerar inúmeras diretrizes que fazem parte do cálculo estrutural de uma forma mais complexa.

Dentro dessa realidade, articulou-se esse trabalho, que tem como objetivo comparar e verificar as tensões e deformações de pórticos – planos e espaciais, pelos programas SAP2000 e Ftool.

ANÁLISE ESTRUTURAL

De acordo com a NBR 6118 (2003), o objetivo da análise estrutural consiste na obtenção dos efeitos gerados pelas ações atuantes, com base em um modelo estrutural que busca simular um edifício real a partir de meios computacionais. Em outros termos, citando KIMURA (2007), a análise consiste em averiguar os deslocamentos e esforços nas peças estruturais que compreendem uma estrutura. Ou ainda, segundo Martha (2007), é a etapa do projeto estrutural na qual é feita uma previsão do comportamento da estrutura.

Figura 1. Modelo estrutural adotado para simular um edifício real

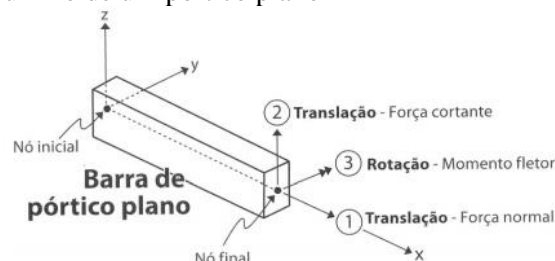


Fonte: KIMURA, 2007.

Em busca de uma definição do comportamento da estrutura real surge o modelo estrutural dos pórticos planos, os quais admitem a aplicação de cargas verticais e horizontais tendo em vista uma análise global de um edifício.

Nesse modelo, segundo Kimura (2007), cada nó apresenta três graus de liberdade, sendo duas translações e uma rotação. Ademais, a estrutura é analisada com base em barras – que representam as vigas e os pilares – dispostas em um mesmo plano vertical, sendo que a laje não compõe o modelo. Isso tudo, possibilita a obtenção dos deslocamentos e esforços (força normal, cortante e momento fletor) atuantes nas peças estruturais em análise.

Figura 2. Graus de liberdade de um nó de um pórtico plano

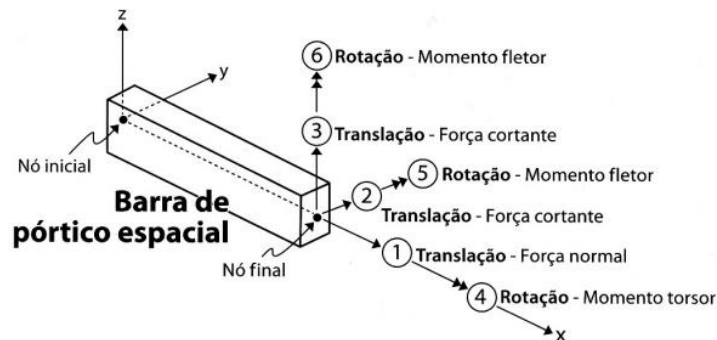


Fonte: KIMURA, 2007.

No entanto, em conformidade com Kimura (2007), o pórtico espacial consiste em um modelo tridimensional que viabiliza a aplicação simultânea de cargas verticais e horizontais, o que permite analisar o comportamento do edifício em todas as direções e sentidos. Cada nó possui seis graus de liberdade, sendo três translações e três rotações. Dessa forma, esse modelo permite a obtenção de

deslocamentos e esforços (força normal, cortantes, momentos fletores e torsor) nas vigas e pilares de toda a estrutura.

Figura 3. Graus de liberdade de um nó de um pórtico espacial



Fonte: KIMURA, 2007.

SAP2000

O SAP 2000 é um software de análise estrutural baseado no Método dos Elementos Finitos (MEF). À vista disso, o programa discretiza a estrutura em pequenas regiões (pontos) onde se efetuam os cálculos, sendo a precisão dos resultados relacionada ao número de discretizações. Nesse sentido, nota-se que quanto mais refinada a malha de elementos finitos, melhores os resultados, todavia, demandará mais tempo para o processamento.

De acordo com Computers and Structures, Inc. (CSI) (2015), este software oferece múltiplas possibilidades de carregamentos e solicitações, o que oportuniza sua aplicação para quaisquer análises estruturais, uma vez que é concebível a modelagem de diversos tipos de estrutura.

Cabe destacar que o SAP2000 é um programa notavelmente flexível – em virtude das suas facilidades que tornam a sua interface intuitiva quando comparado a demais softwares que similarmente empregam o Método dos Elementos Finitos. Embora haja programas mais versáteis e completos, do ponto de vista didático, ele é uma ferramenta interessante para obtenção de esforços em estruturas, o que o torna muito presente no cotidiano de estudantes da disciplina.

Ftool

A análise não linear geométrica em projetos estruturais culminou no desenvolvimento do software Ftool, o qual destina-se à análise estrutural de pórticos planos com fins educacionais, apresentando os diagramas de força normal, cortante e momento fletor (SILVA; MENEZES; MARTHA, 2016).

De acordo com Andreatta da Costa e Ramiro (2017), trata-se de um sistema operacional que ocupa um ramo pouco explorado por programas educacionais. A sua simplicidade, bem como, sua praticidade, buscam incentivar o aprendizado do comportamento estrutural de pórticos planos, treliças e vigas por meio de verificações de inúmeras alternativas para a modelagem de estruturas.

O programa possibilita a obtenção imediata de todos os deslocamentos e esforços em barras. E, no que diz respeito ao método de cálculo do software, esse consiste em um meio matemático que contempla as condições necessárias para uma análise estrutural, sendo esse conhecido como método dos deslocamentos. Nessa análise, busca-se determinar as incógnitas com base nas soluções de deslocamentos que satisfazem as condições de compatibilidade e equilíbrio.

Assim sendo, o programa colabora para o melhor entendimento do comportamento das estruturas e melhor compreensão das disciplinas que envolvem a análise estrutural (RAMIRO; ANDREATTA-DA-COSTA; BERNARDES, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram analisados um pórtico plano e um espacial por meio dos softwares Ftool 4.00 e o SAP2000®, respectivamente. Tais estruturas foram submetidas as mesmas cargas, o que possibilitou a análise e comparação de diferentes panoramas de tensões entre ambos os modelos, a fim de verificar a viabilidade da planificação de elementos tridimensionais.

Dessa forma, o trabalho prevê a realização da análise de esforços em pórticos, os quais possuem um pavimento tipo com dimensões de 5 x 5 metros, equivalentes a um edifício de 4 pavimentos, sendo

esses com um pé-direito de 3 metros. Essa análise é feita utilizando dois modelos válidos de obtenção de esforços, ou seja, a mesma estrutura será modelada duas vezes de acordo com o software mais adequado à rotina de cálculo característica de cada modelo. Assim, é possível obter os diferentes resultados que tais modelos fornecem para um mesmo elemento estrutural.

Para tanto, convencionou-se que as vigas e pilares serão constituídos de estruturas metálicas, sendo então empregue o aço A-36. Logo, adotou-se para os pilares o perfil W250x115,0 e, para as vigas, o perfil W310x52,0. As cargas uniformemente distribuídas são equivalentes em ambos os modelos e iguais a 50 kN/m nas vigas e 20 kN/m nos pilares, quanto às cargas concentradas verticais alternou-se entre os nós 110 kN e 130 kN e, para as cargas concentradas horizontais, adotou-se 50 kN e 60 kN.

Figura 4. Análise pelo método estrutural do pórtico plano pelo software Ftool

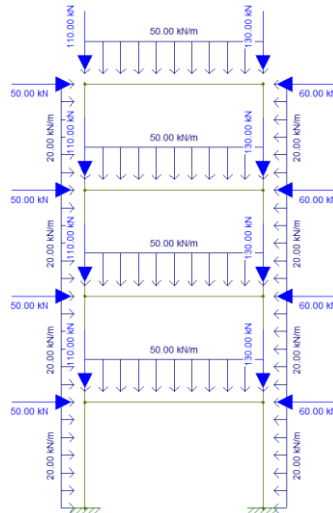
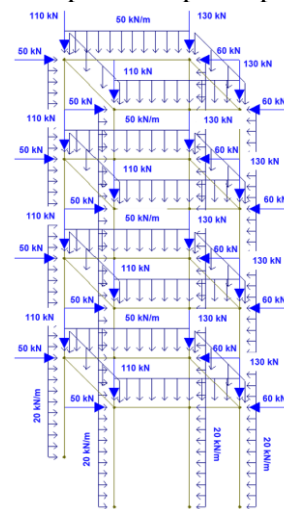


Figura 5. Análise pelo método estrutural do pórtico espacial pelo software SAP2000



RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas abaixo apresentam os esforços máximos – de esforço cortante e momento fletor, que foram obtidos para cada um dos quatro pavimentos analisados por meio das simulações realizadas tanto no Ftool quanto no SAP2000.

Tabela 1. Comparação entre os esforços cortantes máximos obtidos para cada um dos 4 pavimentos pelo Ftool e pelo SAP2000

Pavimento	Esforço Cortante Máximo (Q) (kN)	
	Ftool	SAP2000
1	139,27	143,94
2	138,43	140,87
3	134,07	135,33
4	129,88	130,12

Tabela 2. Comparação entre os momentos fletores máximos obtidos para cada um dos 4 pavimentos pelo Ftool e pelo SAP2000

Momento Fletor Máximo (M) (kN.m)		
Pavimento	Ftool	SAP2000
1	131,8	129,11
2	131,73	125,39
3	122,07	113,35
4	104,07	88,34

Observa-se que o modelo de pórticos espaciais apresentou uma maior correspondência aos pórticos planos em relação aos esforços cortantes, denotando, em todos os casos, valores maiores que os averiguados pela análise realizada pelo Ftool. Em contrapartida, os momentos fletores provenientes da simulação realizada pelo SAP2000 apresentaram resultados que, apesar de menores que os obtidos pelo Ftool, demonstram-se ainda bastante correspondentes. Tal diferença observada entre os esforços, deve-se ao fato de que o pórtico espacial analisa o comportamento do edifício em todas direções e sentidos. Enquanto que, o pórtico plano possibilita a obtenção dos esforços atuantes apenas nas peças estruturais em análise, desconsiderando, dessa forma, a influência dos elementos no que diz respeito a distribuição de esforços nas demais direções.

CONCLUSÃO

Em função da estrutura analisada ter uma configuração de pequena complexidade, a utilização dos modelos planificados apresentou resultados satisfatórios. Visto que os esforços obtidos utilizando o Ftool não apresentaram uma significativa distorção em comparação aos apontados pelo SAP2000, tanto no que diz respeito aos esforços cortantes, quanto aos momentos fletores.

Dessa forma, torna-se evidente que para estruturas mais simples é possível a utilização de modelos planos disponíveis em programas 2D, permitindo uma eficiente simulação a partir de uma ferramenta gratuita – como o Ftool, que também dispõe de um método mais simples de análise.

Todavia, apesar dos modelos mais simples serem aceitos e apresentarem bom desempenho na obtenção de esforços de estruturas simples, é preciso verificar se o emprego do modelo de pórticos espaciais acarretaria em um projeto estrutural com resultados mais próximos da realidade em estruturas mais complexas e esbeltas. Nessa perspectiva, sugere-se para a continuação do estudo a análise de tais estruturas.

REFERÊNCIAS

- ABNT, NBR. 6118: Projeto de estruturas de concreto–Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ANDREATA-DA-COSTA, Luciano; DA SILVA RAMIRO, Fabiano. O estudo de estruturas hiperestáticas à luz da teoria da Aprendizagem Significativa. Revista Liberato, v. 18, n. 29, 2017.
- CSI. COMPUTERS AND STRUCTURES INC. SAP2000. 2021. Disponível em: <https://www.csiamerica.com/products/sap2000>. Acesso em: 26 de julho de 2021.
- KIMURA, Alio. Informática aplicada a estruturas de concreto armado. Oficina de Textos, 2018.
- MARTHA, Luiz Fernando. FTOOL–Um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento de estruturas. Versão educacional, v. 2, p. 33, 2002.
- RAMIRO, F. S.; COSTA, L. A.; BERNADES, J. A. Softwares Educacionais–Seu Uso e Importância no Ensino–Aprendizagem dos Alunos de Engenharia Civil. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), Juiz de Fora. 2014.
- SILVA, Maria Flavia DS; MENEZES, Ivan FM; MARTHA, Luiz Fernando. Um método simplificado para análise não-linear geométrica no Ftool. Revista Interdisciplinar De Pesquisa Em Engenharia, v. 2, n. 24, p. 286-306, 2017.
- VASCONCELOS, A. C., O Engenheiro de estruturas se beneficia com o computador?, TQSNews nQ 18, São Paulo, 2003.