

SOFTWARE PARA MODELAGEM, ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE ESTRUTURAS PARA ENGENHARIAS E ARQUITETURA

Resumo: Desenvolver um software para modelagem, análise e simulação de estruturas para engenharias e arquitetura é um desafio que está sendo superado pelo desejo de proporcionar um ensino de mecânica dos sólidos e estruturas mais ativo e visual, através de uma interface amigável e uma visualização tridimensional. No intuito de criar uma ferramenta que pudesse ser usada por discentes de nível técnico à pós-graduação, docentes e profissionais atuantes no mercado, busca-se proporcionar ao usuário um ambiente familiar e similar a outros softwares comerciais, além de resultados numéricos e gráficos da análise realizada no modelo estrutural desenvolvido. Para tal foi necessário unir dois discentes, uma de Engenharia Civil e outro de Ciência da Computação, preparando-os, com isso para trabalhar em atividades multidisciplinares e com profissionais de outras áreas em sua carreira.

Palavras-chave: Ensino de Estruturas. Modelagem. Simulação. Software.

1 INTRODUÇÃO

Os softwares de aplicação têm estado cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, sendo esses de fundamental importância ao se executar uma série de tarefas específicas em diversas áreas de atividade. Atualmente, diante de tantas ferramentas computacionais disponíveis, o professor deixa de ser um transmissor de informações e passa a mediar o acesso a essas, o que leva os alunos a terem um melhor rendimento e se desenvolverem de maneira muito mais ativa. É possível beneficiar-se de recursos computacionais para criação, comunicação, cooperação e colaboração, não somente para disseminar e recuperar dados (GUERRA, 2000).

Ao se tratar de análise estrutural, segundo a NBR 6118 (2003), essa tem por objetivo determinar os efeitos de ações em dada estrutura, com a finalidade de verificar estados limites de serviço e últimos. Etapa fundamental do processo da construção civil, a análise de estruturas compreende a escolha do tipo de avaliação, de acordo com o material e circunstâncias ambientais, e dos modelos teóricos, que devem representar adequadamente a estrutura real. Uma das etapas do processo de dimensionamento estrutural consiste na determinação dos esforços solicitantes e dos deslocamentos que a estrutura estará submetida a fim de cumprir com sua função de sustentação, utilização e segurança. Para tanto, é possível encontrar uma série de softwares comerciais que fazem a análise e o dimensionamento estrutural, porém, na maioria das vezes, para utilizá-los é preciso investir valores elevados ou se adaptar à interface e a línguas estrangeiras, o que pode vir a inviabilizar a utilização por alunos de graduação e pós-graduação. Assim, um software gratuito que faça a análise de estruturas em 3D é de grande valia tanto para os alunos dos cursos de graduação e pós-graduação das Engenharias quanto para os de Arquitetura e Urbanismo, podendo ser utilizado também a nível técnico. Segundo Juca (2006) através de novas tecnologias na educação, como o uso de softwares desse caráter, é possível obter um processo de ensino-aprendizagem mais estimulante e eficaz.

Em concordância com o Engenheiro Aluizio Fontana Margarido (REBELLO, 2000, prefácio), no ensino de estruturas há duas vertentes a serem seguidas, a fim de se adquirir experiência suficiente para concepção de uma estrutura: a da percepção e a do conhecimento

teórico de cálculo. Cabe ao professor desenvolver os conhecimentos teóricos ao mesmo tempo que desenvolve a intuição do aluno. O processo de ensino-aprendizagem de estruturas se torna muito abstrato ao se limitar a representações em linhas e símbolos em um espaço bidimensional. Para aprimorar a percepção e posterior concepção de estruturas, os docentes e discentes de engenharias e arquitetura encontram na tecnologia a atualização necessária para garantir maior eficiência e qualidade ao seu trabalho.

Para desenvolver um software especializado e de características não triviais, o projeto envolve os cursos de Ciência da Computação, responsável pela programação, desenvolvimento da parte gráfica, representação de estruturas e animações, interface para interagir com o usuário e retorno dos resultados, e Engenharia Civil, que desenvolve a parte de análise estrutural (modelagem, cálculos e resultados). Mais especificamente, o desafio é integrar três aspectos em um mesmo software: computação geométrica, interface homem máquina e métodos numéricos. Além do potencial impacto no ensino em engenharia e arquitetura, este projeto também se justifica pela formação de alunos na área de computação, qualificando-os para trabalhar em problemas de engenharia, expondo claramente o perfil interdisciplinar da atividade.

2 OBJETIVOS

O projeto tem por objetivo primário o desenvolvimento de um software completo capaz de determinar esforços internos e deslocamentos em estruturas reticuladas dispostas no espaço tridimensional, a fim de facilitar o processo de ensino-aprendizagem de estruturas.

Como objetivos secundários relacionados aos requisitos do software e aos alunos envolvidos é permitir a modelagem de estruturas através da criação de maquetes utilizando primitivas e interfaces consolidadas em softwares comerciais, cujo uso é amplamente difundido em escolas de engenharia. Tem-se como importante também a promoção ao usuário de dados precisos acerca do comportamento do modelo sobre uma determinada distribuição de forças, incluindo gráficos, além também da visualização da dinâmica de comportamento da estrutura, ou de seus subconjuntos, a fim de prover um ambiente interessante para ensino de análise estrutural. Já os alunos envolvidos no projeto se qualificam para apoiar o desenvolvimento de softwares de visualização, simulação e cálculo estrutural. Têm-se o intuito também de despertar o interesse e facilitar o processo de evolução da autoaprendizagem, aumentando também o interesse pela atuação profissional nessa área.

3 METODOLOGIA

Inicialmente, o intuito do projeto era desenvolver um modelo do Kit Mola (modelo lúdico e interativo que simula experimentalmente o comportamento de estruturas reais, é uma ferramenta para estudo e ensino do comportamento das estruturas arquitetônicas) e posteriormente simular o desempenho dinâmico de seus componentes e de suas interconexões. O primeiro desafio seria modelar numericamente as interações rígidas e deformáveis das peças de projeto, dentro de um intervalo de confiabilidade bem determinado. O segundo desafio era prover um sistema gráfico de interação que permitisse aos projetistas, sobretudo alunos, desenvolverem facilmente estruturas com virtual disponibilidade ilimitada de peças. Usou-se como base textos técnicos, principalmente a dissertação do Márcio Sequeira, criador do kit.

O desenvolvimento da interface foi realizado por um voluntário do Grupo de Computação, Gráfica, Imagem e Visão juntamente com uma integrante do PET Civil UFJF.

Os discentes averiguaram com outros alunos de graduação como melhorar, adaptar e atender satisfatoriamente às expectativas e demandas apresentadas. A visão de docentes auxiliou na percepção da melhor abordagem para desenvolver uma aprendizagem ativa, além de despertar a curiosidade e o interesse pela engenharia por parte dos alunos.

Após a finalização da modelagem e apreciação do projeto por parte do próprio Márcio decidiu-se expandir as possibilidades, a fim de se ter algo mais genérico, com variação das dimensões das barras e do material, por exemplo. Com isso, passou-se a necessitar também de demonstrar graficamente nós e barras com perfis distintos. Além disso, viu-se a necessidade de desenvolver uma interface mais profissional, baseada em soluções bem estabelecidas em softwares comerciais. Outro ponto importante é a forma de visualizar e distribuir forças pela estrutura como um todo. A exposição dos resultados estáticos e dinâmicos, com o uso de gráficos, valores numéricos, gradientes de esforços e deformações são cruciais para o objetivo de apoiar o ensino de análise de estruturas. A interface gráfica deve ser atraente e o software portátil para diversas plataformas, como Windows, Mac OS e distribuições Linux. Utiliza-se para tal uma biblioteca de código aberto para Python chamada wxPython. Com essa ferramenta é possível criar toda a parte de interação com o usuário e tratamento de eventos. Contudo, ao se levar em conta que a linguagem Python é uma linguagem interpretada, partes do software, que necessitam de maior processamento, são lentas. Optou-se então por modularizar o software utilizando a linguagem C++ e incorporar os núcleos de computação otimizados ao projeto Python.

Na primeira fase do projeto desenvolveu-se o aprendizado por parte dos alunos do ambiente de programação Python/C++ e construiu-se uma interface básica utilizando a API livre OpenGL (Open Graphics Library). Está em desenvolvimento um recurso de inserção de barras com perfis diversos, com atributos editáveis, e de nós, com seus respectivos graus de liberdade que podem ser modificados pelo usuário. Além disso, é possível inserir forças e novos elementos na parte lateral da interface. É necessário ainda implementar a análise de acordo com modelos estáticos, amplamente conhecidos na Engenharia, e com métodos numéricos comuns e validar maquetes virtuais pela comparação com dados de deformações gerados por softwares comerciais, ambos sob as mesmas condições. Segundo Soriano (2003), sistemas de análise computacional não certificam a ausência de erros tanto na sua parte lógica quanto no seu processamento, apenas o uso contínuo do programa que pode trazer a confiabilidade, logo, se faz necessário também o teste por parte de usuários diversos.

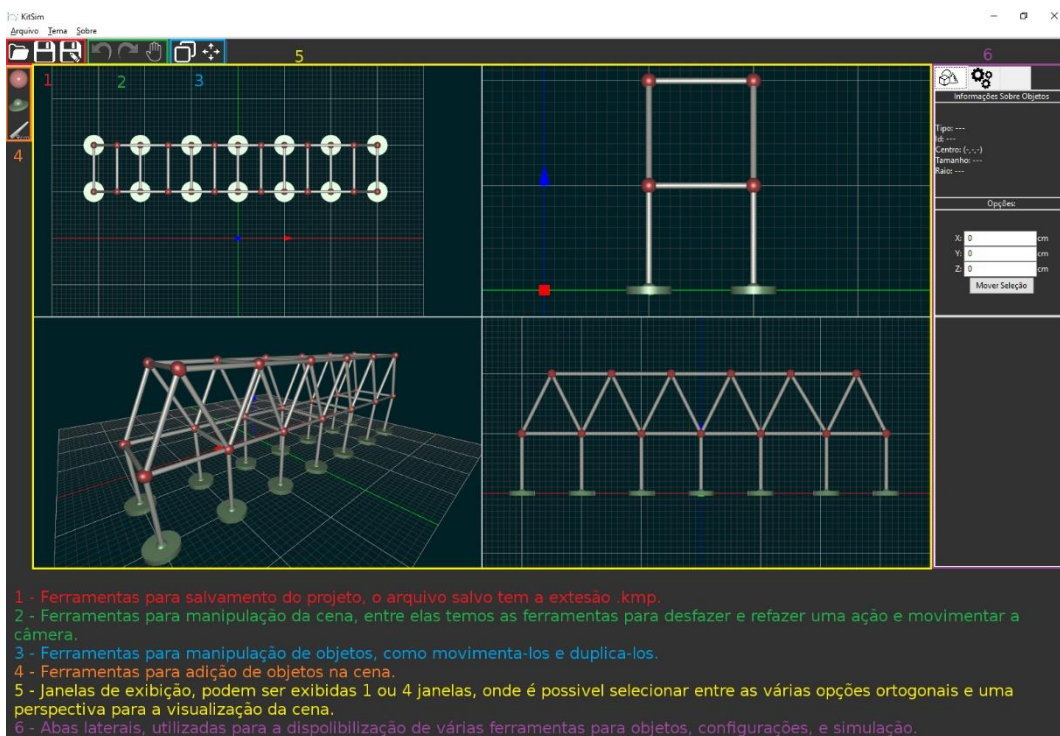
Ao ser finalizado, o projeto será um software de código aberto, ou seja, seu código fonte estará disponível e licenciado, no qual o direito autoral fornece a permissão de estudar, modificar e distribuir o software de graça para qualquer um e para qualquer finalidade. Pretende-se, com isso, disponibilizar aos discentes, docentes e demais interessados subsídios para o desenvolvimento de novos softwares, similares ou não, para elaboração de novas pesquisas e para adaptação de acordo com alguma demanda específica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se em softwares comerciais do tipo CAD – *computer aided design* ou desenho auxiliado por computador, populares em engenharia e arquitetura, foi desenvolvida uma interface familiar, com atalhos e comandos similares. Dedicou-se também um tempo ao aperfeiçoamento da parte gráfica, que proporciona uma representação realística de materiais e seções.

Na figura 1 é apresentada a interface do software com suas funções da tela principal. O programa gera arquivos “.kmp” e pode abrir qualquer arquivo com essa extensão (própria do projeto).

Figura 1 – Interface do Software.



Fonte: elaborado pela autora.

É necessário criar toda a estrutura, colocar as propriedades de seus elementos, inserir as forças nos pontos de interesse para posteriormente passar para o ambiente de simulação. A ideia, que está sendo desenvolvida, é exibir a intensidade dos esforços em forma de gradiente de cores e as deformações após a ocorrência do carregamento, podendo essas serem dinâmicas. É possível também obter os valores numéricos para análise.

Na primeira etapa, o projeto foi elaborado com todas as peças do Kit Mola 1, com o intuito inicial de apenas montar as estruturas, em que era possível saber quais peças tinham sido usadas e quantos kits seriam necessários para montá-la. Essas peças tinham dimensões fixas e pré-definidas, fiéis às do kit. Com a generalização, foram excluídos os tirantes, pois é possível modificar as dimensões e formato da seção do perfil, as ligações rígidas, porque se define os graus de liberdade de cada nó, e as lajes, por dificultarem a análise e a simulação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ser um projeto que ainda está em andamento, esse já conseguiu trazer aos alunos envolvidos um grande aprendizado em relação à programação e à análise estrutural. O software apresenta resultados significativos, sendo que em pouco mais de um ano de desenvolvimento já se tem uma interface amigável, é possível montar estruturas complexas e inserir características dos materiais.

No II Concurso Mola, desenvolvido pelo PET Civil UFJF, o software foi apresentado ao criador do kit, Márcio Sequeira, que o elogiou e deu algumas ideias de mudanças, deixando-se à disposição para ajudar no desenvolvimento e na divulgação. O programa foi utilizado nas duas últimas edições do concurso para mostrar vistas de estruturas, na fase em que os concorrentes têm que classificar as estruturas quanto a estaticidade.

Dando continuidade, é preciso terminar a parte de análise estrutural, além de aperfeiçoar a modelagem e parte gráfica. Colocou-se aberto também o projeto para o envolvimento de outros alunos e professores interessados em colaborar.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Computação Gráfica, Imagem e Visão (GCG), da Universidade Federal de Juiz de Fora, por desenvolver a pesquisa em questão e proporcionar um ambiente de incentivo aos discentes envolvidos, ao PET Civil UFJF, que se vinculou ao projeto e sempre o estimulou e à ABENGE pela oportunidade de participar do COBENGE 2018.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Revisão. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.
- CESAR SILVEIRA JUCA, Sandro. **A relevância dos softwares educativos na educação profissional**. Ciências e Cognição, v. 8. p. 22-28, 2006.
- GUERRA, J.H.L. **Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação em planejamento e controle da produção**. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos. 2000.
- OLIVEIRA, Marcio Sequeira. **Modelo estrutural qualitativo para pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas. Ouro Preto, p. 187. 2008.
- REBELLO, Yopanan C. P. **Contribuição ao ensino de estrutura nas escolas de arquitetura**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 107. 1992.
- SORIANO, Humberto Lima; LIMA, Silvio de Souza. **Método de elementos finitos em análise de estruturas**. São Paulo: EDUSP, 2003.

SOFTWARE FOR, MODELING, ANALYSIS AND SIMULATION OF STRUCTURES FOR ENGINEERING AND ARCHITECTURE

Abstract: *Developing a software to modeling, analysis and simulation of structures for engineering and architecture is a challenge that is being overcome by the desire of providing a teaching of solid and structural mechanics more activity and visual, through a friendly interface and a three-dimensional visualization. With the intention of creating a tool that could be used by technical level students until postgraduate, teachers and professionals acting in the job market, we seek to provide the user with a familiar environment and similar to other commercial softwares, beyond numerical results and graph of the performed analysis on the structural model developed. To build this project, it was necessary to join two students, one of Civil Engineering and another from Computer Science, preparing them to work on multidisciplinary activities and professionals with another areas on their career.*

Key-words: *Teaching of Structures. Modeling. Simulation. Software.*