

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS PARA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE DUTOS COM DEFEITOS CAUSADOS POR CORROSÃO

Larissa de Fátima Chaves Pereira¹; Silvana Maria Bastos Afonso da Silva²

¹Estudante do Curso de Engenharia Mecânica - CTG – UFPE; E-mail: larissa.fatima@ufpe.br,

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Civil – CTG – UFPE. E-mail: smb@ufpe.br.

Sumário: Este trabalho de iniciação científica consiste em uma extensão das pesquisas conduzidas pelo grupo de Processamento de Alto Desempenho em Mecânica Computacional (PADMEC) da UFPE. Sua motivação é a necessidade de garantir maior segurança, economia e evitar impactos ambientais no transporte de petróleo e gás por meio de dutos. Uma das formas mais eficientes de atender à necessidade descrita é realizar avaliações da integridade estrutural de dutos em operação através de simulação pelo método numérico conhecido como Método dos Elementos Finitos (MEF). No entanto, a geração manual de malhas apropriadas para a simulação via MEF é bastante demorada, repetitiva e conseqüentemente propensa a erros. Visando reduzir esses problemas, o grupo PADMEC desenvolveu o PIPEFLAW, conjunto de ferramentas computacionais que produzem automaticamente modelos de dutos com defeitos, prontos para serem analisados em programas comerciais que implementam o MEF. A utilização do PIPEFLAW traz diversos benefícios. Contudo, alguns cuidados devem ser tomados na geração automática da malha, como a utilização de filtros para os dados de espessura do duto obtidos em inspeção em campo. Sem filtros, as malhas geradas podem ficar muito refinadas, ou com elementos bastante distorcidos e de baixa qualidade, o que inviabiliza a análise via MEF. O presente trabalho teve como foco principal a conversão dos filtros já existentes no PIPEFLAW da linguagem PCL, própria de programação do software de pré e pós-processamento PATRAN, para a linguagem Python. Isso permitiu tornar os filtros independentes do software PATRAN, mais portáteis e fáceis de trabalhar. Além disso, interface gráfica amigável foi desenvolvida, com a modelagem da malha através do framework Open Cascade na linguagem Python, para tornar o processo de comparação e escolha do filtro a ser aplicado mais simples e prático.

Palavras-chave: defeitos; dutos; elementos finitos; filtros; Open Cascade;

INTRODUÇÃO

Dutos são amplamente utilizados para o transporte de petróleo e gás. Para que o transporte ocorra de forma econômica, segura e sem agredir o meio ambiente, as companhias de petróleo precisam avaliar continuamente a integridade estrutural de seus dutos, de forma que seja possível prever e evitar acidentes causados por variados tipos de defeitos.

Existem, atualmente, diversos métodos matemáticos que podem ser empregados nessa avaliação. Em casos de dutos com defeitos de corrosão, podemos destacar os métodos numéricos, os experimentais e os semiempíricos. Embora os últimos sejam os mais utilizados, o método numérico conhecido como Método dos Elementos Finitos (MEF) tem se apresentado como o mais eficiente, pois permite uma representação muito mais fiel dos defeitos de corrosão. Além disso, por considerar diretamente os fenômenos físicos envolvidos no processo de falha do duto, produz resultados mais precisos que os encontrados por meio de métodos semiempíricos, e bem mais rápidos e econômicos que os obtidos através de experimentos em laboratório.

A análise via MEF, no entanto, requer grande especialização e treinamentos que não são característicos de todos os engenheiros de tubulações, além de demandar uma interação manual constante do engenheiro, sendo demorado, repetitivo e muito propenso a erros.

Buscando eliminar esses problemas, o grupo de pesquisas de Processamento de Alto Desempenho em Mecânica Computacional (PADMEC) da UFPE desenvolveu o PIPEFLAW (CABRAL, 2007), sistema que produz automaticamente modelos de dutos com defeitos de corrosão, prontos para serem analisados em programas comerciais que implementam o MEF. Os benefícios obtidos com a automatização do processo de modelagem são evidentes: redução no tempo de criação do modelo, redução de erros de modelagem, uso eficiente de mão de obra especializada, economia e segurança.

Na modelagem automática de defeitos reais de corrosão, alguns problemas podem ser encontrados. Um dos mais alarmantes está associado à vasta extensão das zonas corroídas encontradas nos dutos inspecionados. Como estas são muito grandes, uma discretização bastante refinada pode ocorrer, levando a tempos de processamento extremamente elevados numa análise tridimensional não-linear. Outro problema é que as medições vindas de campo podem possuir muitos ruídos ou então a zona corroída pode ter uma forma muito irregular, gerando modelos com elementos muito refinados para a captura completa da geometria corroída ou com elementos bastante distorcidos e de baixa qualidade, inviabilizando a análise via MEF.

Para solucionar essas questões, o grupo PADMEC implementou um conjunto de filtros que diminui drasticamente a quantidade de nós e elementos do modelo. Esse filtro preserva apenas as máximas e mínimas espessuras de determinadas sub-regiões da malha de corrosão obtida por inspeção em campo, e faz uma interpolação, através de médias, dos demais pontos. Com isso, é possível reduzir o ruído dos dados de espessura do duto e, conseqüentemente, o tempo de processamento computacional.

Esse filtro de dados foi inicialmente implementado na linguagem PCL, linguagem própria de programação do software comercial de pré e pós-processamento PATRAN. O grupo PADMEC, no entanto, decidiu recentemente reescrever o conjunto de filtros na linguagem Python, que é uma linguagem de alto nível, orientada a objeto, com o objetivo de torná-lo um código independente e externo ao PATRAN, portátil e fácil de manter, além de viabilizar projetos futuros. Isto se apresenta como a motivação principal para o desenvolvimento do presente trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho da presente bolsista foi realizado segundo a seguinte ordem:

- 1) *Estudo do problema de dutos com defeitos causados por corrosão e das funções do PIPEFLAW*: Tal estudo foi realizado através da leitura de relatórios e dissertações de membros do grupo PADMEC, e permitiu uma melhor compreensão da relevância do projeto.
- 2) *Estudo do Método dos Elementos Finitos*: O MEF (FISH; BELYTSCHKO, 2009) é um método numérico com o qual equações diferenciais parciais (EDPs) difíceis de resolver analiticamente podem ser resolvidas de modo aproximado por computadores. Como a análise de tensões em dutos é realizada através da solução de EDPs, a utilização desse método é de grande importância.
- 3) *Estudo do PATRAN e da linguagem PCL*: O PIPEFLAW é baseado no programa comercial de pré e pós-processamento para análise de elementos finitos, MSC.PATRAN (PATRAN, 2014), e foi produzido por meio da linguagem de programação PCL (Patran Command Language), que é uma linguagem de alto nível estruturada por blocos.

- 4) *Conversão do código de filtro do PIPEFLAW, da linguagem PCL para Python:* Os códigos em PCL foram reescritos em Python e simplificados, para a obtenção dos mesmos resultados. Isso foi possibilitado pela liberdade de programação inerente à essa linguagem e pela utilização da biblioteca de operações matemáticas Numpy.
- 5) *Utilização da biblioteca Open Cascade para a visualização de malhas de Defeitos:* O Open Cascade (OPEN CASCADE, 2014) é um Kit de Desenvolvimento de Software (SDK) destinado ao desenvolvimento de aplicações que lidam com dados de CAD 3D, disponível como código aberto. Ele inclui um conjunto de bibliotecas de classes C++, que oferecem recursos para modelagem e visualização de sólidos e superfícies 3D. O novo software do PIPEFLAW para a visualização das malhas de defeitos foi escrito na linguagem Python, utilizando o PythonOCC, “empacotador” dessa linguagem para o Open Cascade.
- 6) *Desenvolvimento de interface gráfica do usuário:* Para isso, foram utilizados o Qt, framework multiplataforma para construção de interfaces gráficas na linguagem C++; o PyQt, “empacotador” da linguagem Python para o Qt; e o QtDesigner, ferramenta para desenho de interfaces gráficas com componentes Qt.

RESULTADOS

A conversão do código do filtro do PIPEFLAW, da linguagem PCL para a linguagem Python, foi concluída com sucesso. Um programa foi utilizado para comparar automaticamente as saídas relativas aos códigos em ambas as linguagens e verificou-se que as saídas são iguais.

Para avaliar visualmente a qualidade dos pontos filtrados com o código em Python, o grupo PADMEC optou por trabalhar com a framework Open Cascade. Tentou-se gerar a malha de corrosão através de uma estrutura do Open Cascade voltada para a triangularização de superfícies. Ao testar essa estrutura, malhas de corrosão foram obtidas com eficiência, em termos de uso de recursos computacionais como a quantidade de memória e tempo de processamento. Dessa forma, superfícies de corrosão com densidades elevadas de pontos puderam ser geradas.

Uma vez que a geração de malhas de corrosão ocorreu como desejado, desenvolveu-se uma interface gráfica que possibilitasse comparar, de forma prática, o resultado da aplicação de filtros diferentes em uma malha. Para isso, a interface (Fig. 1) apresenta o recurso de exibir ao mesmo tempo malhas com filtros diferentes, e conta com botões, menus e caixas de diálogo, que capturam dados do usuário.

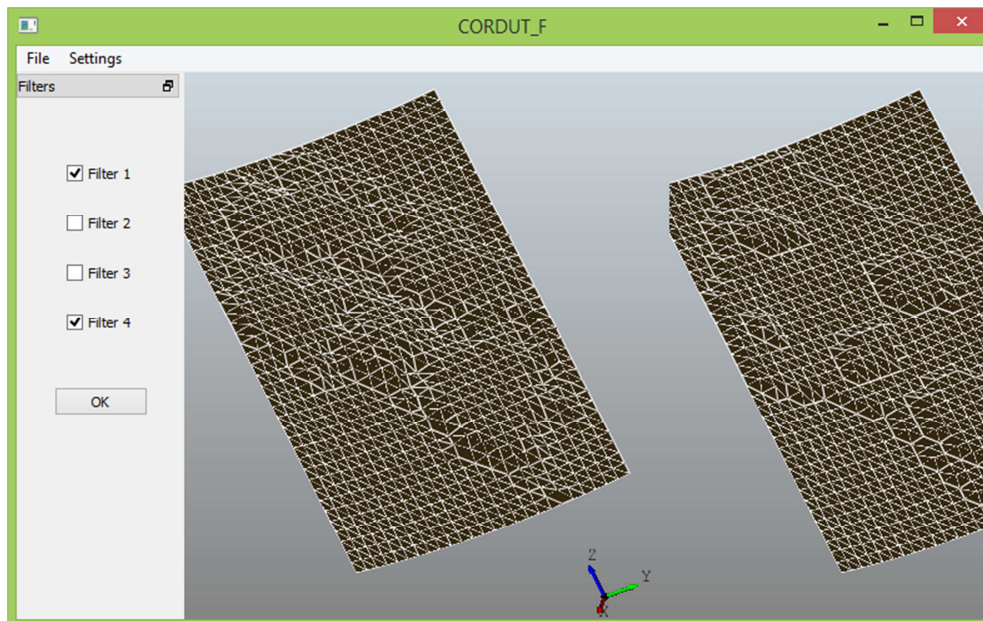


Figura 1. Interface gráfica com menus para visualização e comparação de filtros.

DISCUSSÃO

O software de filtro desenvolvido no presente trabalho representa um avanço na geração das malhas, já que as mesmas poderão ser filtradas de forma mais rápida e com maior portabilidade.

A estrutura de triangularização do Open Cascade possibilita a visualização de malhas de defeitos reais, pois é capaz de gerar malhas com grande densidade de pontos sem muito esforço computacional. Além disso, a interface gráfica desenvolvida possibilita a comparação das malhas reais filtradas, a partir de dados fornecidos pelo usuário.

Dessa forma, o software implementado nesse projeto será de grande utilidade para a seleção do filtro a ser aplicado à malha enviada ao PIPEFLAW, para posterior simulação via MEF.

CONCLUSÕES

O presente trabalho foi bem-sucedido na migração do filtro do PIPEFLAW da linguagem PCL para a linguagem Python. A interface gráfica do usuário desenvolvida pela aluna encontra-se funcional e atende ao objetivo principal com o qual ela foi criada: possibilitar a visualização e a comparação das malhas de corrosão geradas com a aplicação de filtros diferentes.

Embora funcional, novos recursos são propostos para o aperfeiçoamento da interface, como: configuração da imagem exportada e da aparência da malha (cor, material, visibilidade das linhas) pelo usuário, comparação do defeito original com o defeito filtrado, exibição do duto completo, geração de defeitos internos ou ambos internos e externos, entre outros.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Silvana Maria Bastos Afonso da Silva e ao professor Ramiro Willmersdorf, por me aceitarem no projeto e me guiarem no desenvolvimento da pesquisa. Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que foi o órgão financiador da minha bolsa.

REFERÊNCIAS

CABRAL, H.L.D., “*Desenvolvimento de ferramentas computacionais para modelagem e análise automática de defeitos de corrosão em dutos*”, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFPE, Recife, Dissertação de Mestrado, 140p, 2007.

FISH, J.; BELYTSCHKO, T., Um Primeiro Curso em Elementos Finitos, LTC, 256p, 2009.

OPEN CASCADE, 2014. "Open CASCADE Technology, 3D modeling & numerical simulation".<http://www.opencascade.org/>

OPEN CASCADE, 2014. "GeomAPI_PointsToBSplineSurface Class Reference".
http://dev.opencascade.org/doc/refman/html/class_geom_a_p_i___points_to_b_spline_surface.html

PATRAN, 2013. Help system: *User's Guide, Reference Manual, PCL Manuals, PCL Reference*. http://www.mscsoftware.com/products/patran_support.cfm?Q=396&Z=402.

PYTHON, 2014. “Python Documentation Release 2.7: Tutorial and Library Reference Manual”. <http://www.python.org/doc/>.

PYTHONOCC, 2014. "3D CAD/CAE/PLM Development Framework For the Python Programming Language".<http://www.pythonocc.org/>.