

GERAÇÃO DE MALHA EM CORPOS D'ÁGUA RASOS

Anna Paula de S. P. Rodrigues

Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica
Campus Universitário Darcy Ribeiro
70910-900 – Asa Norte – Brasília – DF
anjucav@gmail.com

Antônio C. P. Brasil Júnior

brasiljr@unb.br

Resumo: Neste trabalho será apresentado um estudo sobre o pré-processamento, isto é, discretização e geração de malha de um corpo de água raso, aplicado ao Lago Paranoá-DF através dos conceitos referentes ao Método dos Elementos Finitos (MEF). Esta discretização será realizada através da decomposição do domínio do Lago Paranoá em pequenos elementos de forma simples. Espera-se que as malhas obtidas possam conduzir simulações numéricas que descrevam de forma realística a hidrodinâmica do Lago Paranoá, bem como as dispersões ocorrentes no lago. O processo de discretização do lago foi feito inicialmente através da digitalização da topologia geográfica do Lago Paranoá. Com isto, utilizou-se o programa de pré-processamento GID para importação da geometria digitalizada e geração de malha.

Palavras-chave: Método dos Elementos Finitos (MEF), discretização, geração de malha, pré-processamento.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do poder computacional e de métodos numéricos, torna-se cada vez menos complicado o processo de análise de fenômenos complexos através de simulações em computadores. Neste contexto se insere o Método de Elementos Finitos (MEF), o qual reduz a solução de um sistema de equações diferenciais descritivas do fenômeno como um todo, modelo matemático, à solução de um sistema de equações lineares, matrizes. Sendo este método aplicado a discretização de corpos d'água rasos, também conhecidos como *Shallow Water*, por elementos finitos.

As simulações computacionais dos processos físicos modelados usando a análise finita do elemento empregam frequentemente técnicas complexas de geração automática de malhas. As representações geométricas do domínio físico são requeridas geralmente para que algoritmos da geração de malha sejam confiáveis (Steven, 2005).

A geração de malha pode ser definida como um processo de quebra de um domínio físico em subdomínios menores, elementos, a fim de facilitar a solução numérica de uma equação diferencial parcial. O problema da geração de malha automática é tentar definir um conjunto de nós e elementos a fim de melhorar a descrição de um domínio genérico, observando o tamanho dos vários elementos e critérios de forma.

Assim, utilizando-se os conceitos do MEF, será estudado neste trabalho o pré-processamento referente ao Lago Paranoá (Brasília-DF), isto é, a decomposição do domínio deste em um nível geométrico e topológico.

2. MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

O desenvolvimento do Método dos Elementos Finitos (MEF) teve suas origens no final do século XVIII, quando Gauss propôs a utilização de funções de aproximação para a solução de problemas matemáticos. Durante mais de um século, diversos matemáticos desenvolveram teorias e técnicas analíticas para a solução de problemas, entretanto, pouco se evoluiu devido à dificuldade e à limitação existente no processamento de equações algébricas (Lotti et al., 2006).

O desenvolvimento prático desta análise ocorreu somente muito mais tarde em consequência dos avanços tecnológicos, por volta de 1950, com o advento da computação. Isto permitiu a elaboração e a resolução de sistemas de equações complexas (Lotti et al., 2006).

Em linhas gerais, pode-se definir o MEF como um método matemático, no qual um meio contínuo é discretizado, isto é, subdividido em elementos que mantêm as propriedades de quem os originou. Esses elementos são descritos por equações diferenciais e resolvidos por modelos matemáticos, obtendo-se assim os resultados desejados.

Através dessa discretização, o problema resolvido por equações sobre um domínio complexo com contorno irregular é substituído por vários problemas mais simples nos quais se resolvem as equações sobre domínios de uma geometria arbitrária regular conhecida.

Essa discretização do domínio é realizada através da geração de malhas, isto é, a decomposição desse domínio em pequenos elementos de formas simples, tornando viável sua simulação computacional.

3. DISCRETIZAÇÃO DO DOMÍNIO E GERAÇÃO DA MALHA

A discretização do domínio se deu a partir da digitalização da imagem de satélite do Lago Paranoá, observada na figura 1.

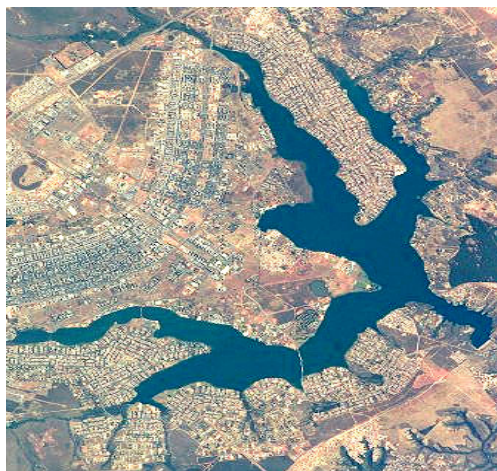


Figura 1. Lago Paranoá.

A partir desta imagem, aplicou-se uma sequência de tratamento numérico, visando a determinação do contorno deste corpo d'água raso. Isso foi efetuado seguindo os seguintes passos:

1. Realce da imagem, isto é, modificação dos seus limites de limiar em nível de cinza de modo que a imagem resultante seja mais apropriada para a aplicação. A área do lago então assume uma tonalidade mais escura, como observado na figura 2.



Figura 2. Lago Paranoá com imagem realçada.

2. Determinação do contorno do Lago Paranoá através do algoritmo de erosão e expansão do nível preto na imagem, utilizando o comando do *Matlab 7.0*, *EDGE*, para extração de borda do *toolbox* de processamento de imagem.

O comando *EDGE* examina a imagem binária de entrada para identificar a transição da intensidade na mesma e retorna uma imagem binária do mesmo tamanho que a original, com valor de *pixel* igual a 1 (um) onde a função detectar esta transição e 0 (zero) no restante. Esse comando apresenta a seguinte sintaxe:

$$BW=EDGE(I, M) \quad (1)$$

Onde *I* representa a imagem a qual se deseja detectar a borda e *M* referindo-se aos métodos de detecção disponíveis, como: *sobel*, *roberts*, *prewitt*, *log*, *zerocross* e *canny*, sendo *sobel* seu método padrão.

Neste trabalho foi utilizado o método *canny*, o qual através do gradiente da imagem suprime os *pixels* que não estiverem com gradiente no máximo.

Após aplicar o algoritmo de detecção de borda na figura 2 e tratar a imagem resultante para que apenas o contorno seja apresentado, foi obtido o resultado referente à figura 3.

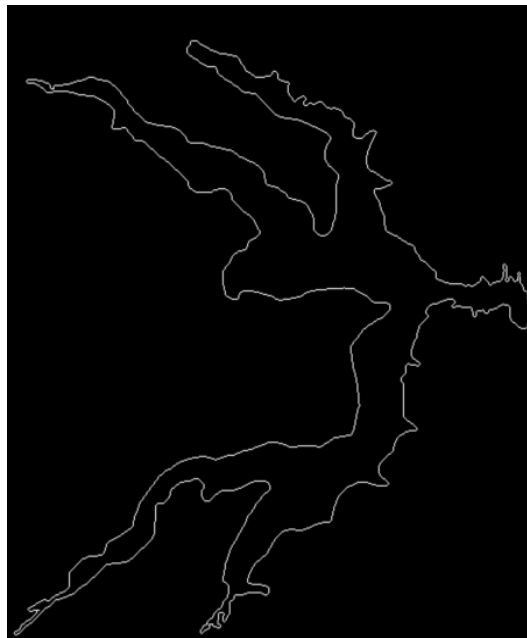


Figura 3. Borda do Lago Paranoá.

Com a imagem da borda obtida em coordenadas de tela, essa foi transformada para coordenadas geográficas, isto é, de *pixel* (*x*, *y*) para (latitude, longitude), segundo o sistema UTM (*Universal Transverso de Mercator*), através da técnica de registro de imagem, como apresenta a figura 4.

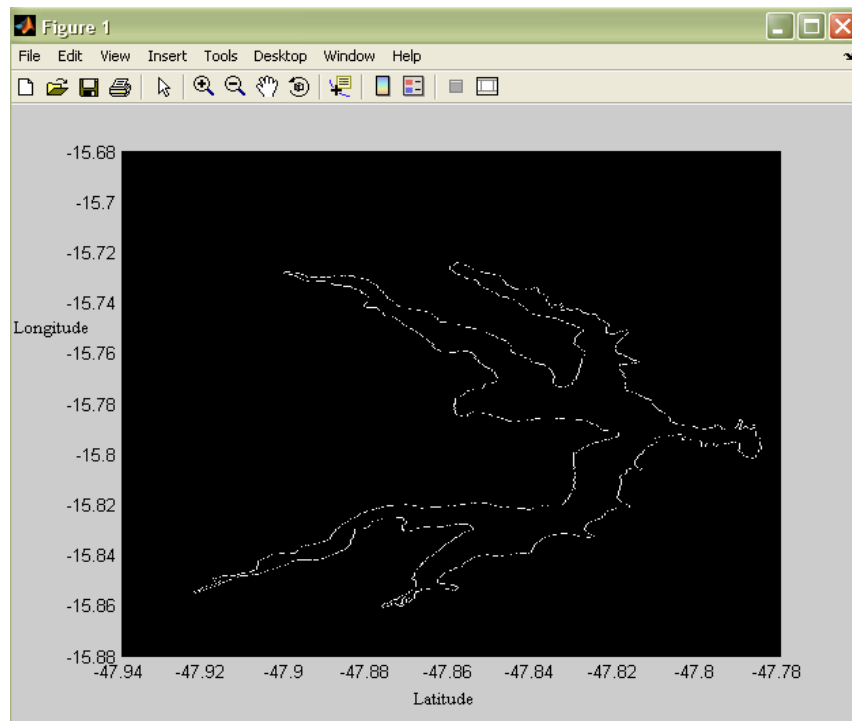


Figura 4. Lago Paranoá referenciado em coordenadas geográficas.

O registro de imagem é uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas da imagem, linha e coluna, com as coordenadas geográficas, latitude e longitude, de um mapa. Essa transformação elimina distorções existentes na imagem, causadas no processo de formação da mesma, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma, aeronave ou satélite (Dal Santos e Silva, 2005).

3.1 Coordenadas UTM (Universal Transverso de Mercator)

O sistema UTM foi criado em 1569 pelo belga Gerard Kremer Mercator, a partir de modificações efetuadas na projeção de Gauss. Foram usados como superfície de projeção 60 cilindros transversos e secantes à superfície de referência, elipsóide, cada um com amplitude de 6° em longitude. Seu uso é limitado entre os paralelos 80° S e 80° N. Os cilindros são distribuídos na superfície de referência, de modo a abranger fusos de 6° amplitude (Johansson, 2006).

Cada um dos fusos, chamados de fusos UTM, tem origem na intersecção do seu meridiano central com a linha do Equador.

Uma das principais vantagens das coordenadas UTM se encontra na sua facilidade de uso, uma vez que em lugar de projetar-se uma grade imaginária de linhas que se cruza sobre o globo, UTM projeta seções do globo sobre uma superfície plana. Cada uma destas seções é chamada de zona. Há 60 zonas para cobrir a representação inteira da terra entre 84° N e 80° S. As áreas polares não são descritas por UTM. Cada zona tem uma largura de 6° conforme projetado do centro da terra. A zona utilizada para o Lago Paranoá foi a 23 (Johansson, 2006).

Com a imagem da figura 4 registrada e em formato onde cada *pixel* assume o valor 1 (um) quando pertencer a borda e 0 (zero) quando não pertencer, foi possível implementar um algoritmo, segundo o método do vizinho mais próximo, para se obter as coordenadas de cada ponto pertencente a borda, determinando-se assim, a geometria referente ao Lago Paranoá.

Essas coordenadas obtidas foram armazenadas em um arquivo batch (.bhc) e submetidas ao software GID na versão 7.2, para que a malha do Lago Paranoá pudesse ser gerada.

3.2 GiD (The personal pre and postprocessor)

O GiD é uma interface gráfica interativa usada para a definição, preparação e visualização de todos os dados relacionados a uma simulação numérica. Estes dados incluem a definição da geometria, de materiais, de circunstâncias, de informação da solução e de outros parâmetros. O programa é capaz de gerar malhas para elementos finitos, volume finito ou diferenças finitas, disponibilizando informações para uma simulação numérica do programa e análise dos resultados (manual de referências do Gid, 2006).

O programa trabalha, ao definir a geometria, similar a um sistema CAD (manual de referências do Gid, 2006).

No geral, o processo completo da solução pode ser definido como:

1. Definição da geometria - pontos, linhas, superfícies, volumes.
 - Usar outras facilidades.
 - Importar a geometria do CAD.
2. Definição de atributos e circunstâncias.
3. Geração de malha
4. Realização de simulação.
5. Visualização de resultados.

A definição da geometria do Lago Paranoá no GiD foi realizada através da importação do arquivo batch usando o comando *Import Batch File*. Esta operação permite inserir no GiD uma geometria previamente definida, para uma posterior geração de malha desta.

A geração da malha é o processo onde um elemento finito de malha é calculado através da definição da geometria.

Através do comando *Generate*, e definido em 10 o tamanho dos elementos a serem gerados, obteve-se a informação referente ao número de elementos triangulares (1806) e o número de nós (1229).

Assim, após todos os processos descritos anteriormente, a malha do Lago Paranoá foi constituída, como mostra a figura 5.

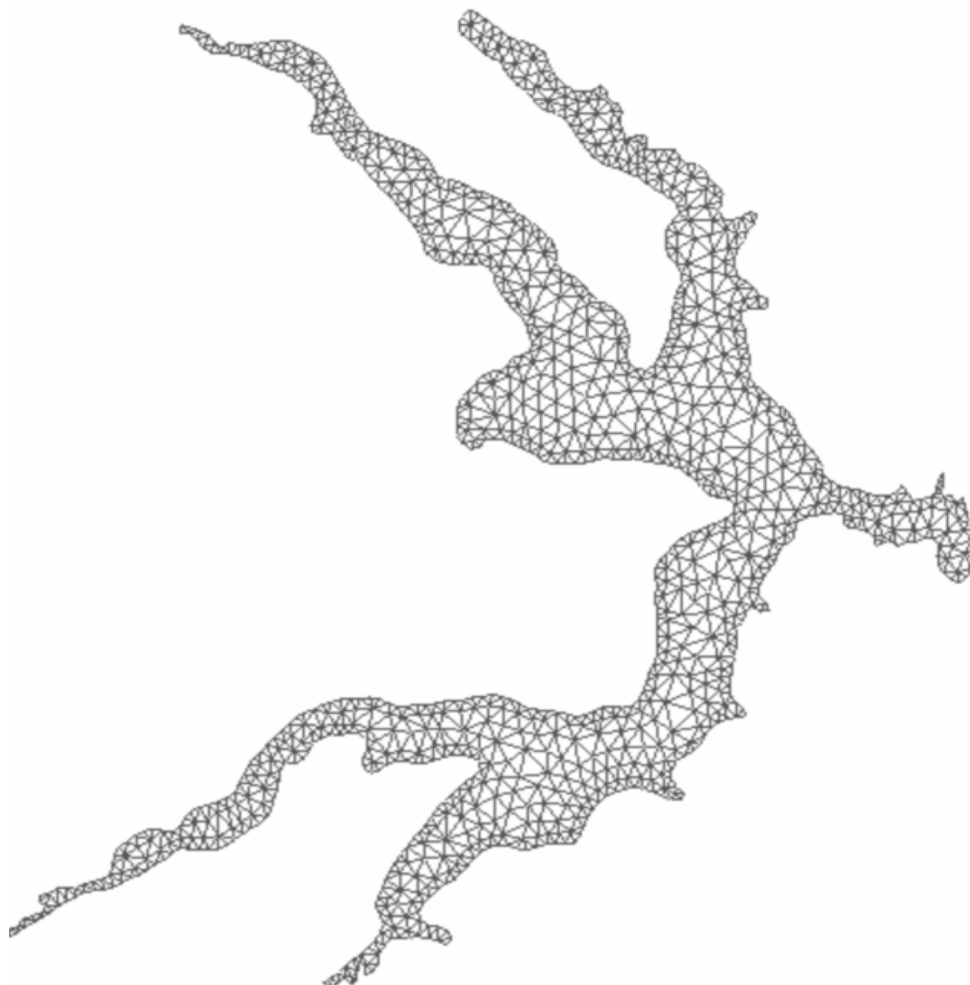


Figura 5. Malha do Lago Paranoá.

Pode-se observar nesta malha a presença de elementos com uma boa formação, localizados principalmente na sua borda onde um refinamento dos elementos será desejado.

Uma melhora na qualidade dos elementos será realizada posteriormente através de métodos de suavização, isto é, alteração das posições de nós interiores, de forma a obter elementos de geometria otimizada.

Esta malha será utilizada para simulações no escoamento do Lago Paranoá, visando à validação desse código computacional.

4. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um estudo sobre o processo de geração de malha para o Lago Paranoá através da decomposição do domínio, referente ao Lago, em pequenos elementos de formas simples, tornando viável uma posterior simulação computacional deste.

Para trabalhos futuros é proposta a definição de pontos de profundidade nesta malha através de cartas de perfis, simulação de escoamentos, análises e aplicações desses resultados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dal Santos M. A., Silva M., 2005, “Influência da Ocupação Urbana no Meio Ambiente da Planície Costeira do Campeche-SC, com o uso do Geoprocessamento”, Florianópolis.

Johansson A.- Metodologia de Implantação de um Sistema de Informações Geográficas na Telecomunicação do Parná- Disponível em :
<<http://www.cartografia.eng.br/cartografia/academico/apend6.php>>. Acessado em: 28 de julho de 2006.

Lotti. R. S., Machado A. W., Mazzeiro E. T., Júnior J. L., 2006, “Aplicabilidade Científica do Método dos Elementos Finitos”, V. 11, n. 2, Maringá, pp 35-43.

Manual de Referência do GiD. Disponível em:<
http://gid.cimne.upc.es/support/gid_toc.subst>. Acessado em: 22 de julho de 2006.

Steven J. O. – Mesh Generation: A Quick Introduction – Disponível em:
<<http://www.andrew.cmu.edu/user/sowen/mintro.html> >. Acessado em: 26 de julho de 2006.

GRID GENERATION IN SHALLOW WATER BODIES

Anna Paula de S. P. Rodrigues

Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica
Campus Universitário Darcy Ribeiro
70910-900 – Asa Norte – Brasília – DF
anjudav@gmail.com

Antônio C. P. Brasil Júnior

brasiljr@unb.br

Abstract: *This work presents a study about grid generation and preprocessing procedures of a shallow water body applied to Paranoá lake. The used discretization method is the Finite Elements Method (FEM). This discretization will be carried throughout the decomposition of the Paranoá lake domain in small elements of simple form. The generated grids aims to conduct realistic numerical simulation of the hydrodynamics of the Paranoá lake, as well as the current dispersion of the lake. The discretization process was initially made by the digitalization of the geographic topology of the Paranoá lake. After the digitalization, the GID pre-processing program was used for domain importing and grid generation.*

Keywords: *Finite Elements Method (FEM), discretization, grid generation, pre-processing.*