



MALHAGEM DE SUPERFÍCIES TRIDIMENSIONAIS UTILIZANDO-SE DE NURBS E B-SPLINES

Michel Pires Lourenço

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Av. João Naves de Ávila, 2160 – Uberlândia, MG
michelpiresl@yahoo.com.br

João Carlos Mendes Carvalho

jcmendes@mecanica.ufu.br

Resumo: *Uma das etapas mais importantes da reconstrução gráfica de objetos tridimensionais consiste na obtenção da malha que será utilizada para a renderização da superfície. Neste trabalho é apresentada uma metodologia de malhagem de superfícies tridimensionais a partir de pontos “lidos” de superfície. Em uma primeira etapa, são construídas seções transversais do objeto usando NURBS, a partir de pontos representativos da forma na superfície. Em seguida são construídas seções transversais auxiliares tomando como base os pontos de controle das seções iniciais. Os pontos de controle de todas as seções transversais são então, usadas para a construção de curvas longitudinais usando NURBS. O conjunto das seções transversais e as curvas longitudinais formam a malha da superfície.*

Palavras-chave: *Malhagem, NURBS, Reconstrução Gráfica, Engenharia Reversa, CAD*

1. INTRODUÇÃO

A reconstrução de superfícies precisas a partir de uma nuvem de pontos desorganizados é um problema difícil, não completamente solucionado e muito problemático nos casos em que os dados estão incompletos, com ruídos e esparsos.

O objetivo consiste sempre em obter um modelo computacional de um objeto que se assemelhe o mais fielmente possível ao objeto real.

O uso de Splines e NURBS (Piegl, 1996) têm sido muito útil nas conversões de pontos lidos em superfícies. Apesar dos inúmeros estudos e dos grandes avanços nesta área, o problema da modelagem de superfícies não está resolvido, constituindo uma área de muitas pesquisas (Romandino, 2003).

O processo de reconstrução de superfícies consiste, em geral, de construir uma superfície poligonal a partir do conjunto de pontos lidos para um pós-processamento (suavização, texturização) e visualização do objeto tridimensional (Mencl, 2001), (Patias, 2001).

Neste trabalho são apresentadas as atividades desenvolvidas para a reconstrução gráfica de objetos tridimensionais a partir da leitura dos pontos de sua superfície. A primeira etapa consiste em “ler” e construir as seções transversais do objeto (Fonseca e Carvalho 2005). A partir das seções transversais e seus respectivos pontos de controle são construídas seções transversais auxiliares, reorganizando os pontos de controle e construídas curvas longitudinais a partir destes pontos. O conjunto das seções transversais e das curvas longitudinais constitui a malhagem da superfície do objeto. O procedimento tem sido aplicado a superfícies uniforme.

2. CRIAÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS

As técnicas para reconstrução gráfica de objetos reais são muitas, mas elas têm aplicação em uma área específica ou restrições quanto aos dados. Os problemas de ruído, sombra (falhas de leitura de detalhes ocultos), arestas e contornos sinuosos restringem cada método tornando difícil a elaboração de um método genérico e eficiente.

A reconstrução através de fatias (secções transversais), associada ao NURBS, é um método que tem despertado interesse pois reproduz com fidelidade a superfície do objeto, e os parâmetros de contornos são mais simples de serem aplicados.

A preocupação com a exatidão da reconstrução tridimensional de objetos reais e o tempo gasto para realização do processo fez com que novos métodos fossem desenvolvidos. Portanto, outros métodos estão sendo utilizados e estudados para realização de testes com a finalidade de se obter melhores resultados e um tempo de processamento menor.

2.1. Método de Redução dos Pontos 3D (MRP3D)

No processo de aquisição de dados são obtidos milhares de pontos que, ao serem usados para reconstrução da superfície sem antes serem tratados, podem resultar em superfícies deformadas. Além disso, tal quantidade de dados resultaria em um tempo computacional inviável.

Após os testes de alguns métodos já existentes, verificou-se a necessidade da elaboração de um método próprio que preserve ao máximo os contornos da secção transversal. Em uma primeira etapa, o estudo de redução de pontos foi aplicado no plano definido pelos eixos x e y . O método consiste na substituição de um conjunto de pontos existentes em uma determinada região por seu centro de massa, considerando que cada ponto possui massa unitária. Como o centro de massa é calculado em uma região definida, a distância entre dois centros de massa consecutivos é definida pela precisão requerida na reconstrução da superfície.

A região para obtenção do centro de massa é definida pelas dimensões dx e dy . Para cada região é calculado o centro de massa (G) através da equação (1), sendo “ n ” o número de pontos dentro da região. x_i e y_i são as coordenadas dos pontos.

$$x_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad y_i = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (1)$$

2.2. Método de Detecção do Contorno

O método desenvolvido consiste, basicamente, no cálculo dos dois parâmetros fundamentais e a combinação deles (parâmetro principal) para obter o novo conjunto de pontos que definirão o contorno da superfície. Inicialmente, com base em um CM de referência qualquer, é definida a região de busca onde estão localizados os CM vizinhos ao referencial. Para isso, é calculada a distância (dp) entre o CM de referência e todos os CM que compõem a vizinhança. Este, então, é multiplicado ao seu respectivo número de pontos (np), provenientes do processo de aquisição de dados, que foram utilizados para definir cada um dos centros de massa vizinhos.

A Figura 1 representa, de maneira simplificada, um conjunto de pontos adquiridos juntamente com os centros de massa (pontos reduzidos) e suas respectivas regiões, definidas por dx e dy , bem como a identificação da macro-região, considerando o CM da região 1 como referência. O CM que possui o maior valor do produto ($dp \cdot np$) passa a ser a nova referência e, a partir dele, é definida a nova macro-região, dando continuidade ao processo. Os CM da macro-região não selecionados são desprezados. O processo é encerrado quando a nova referência selecionada coincidir com o referencial inicial.

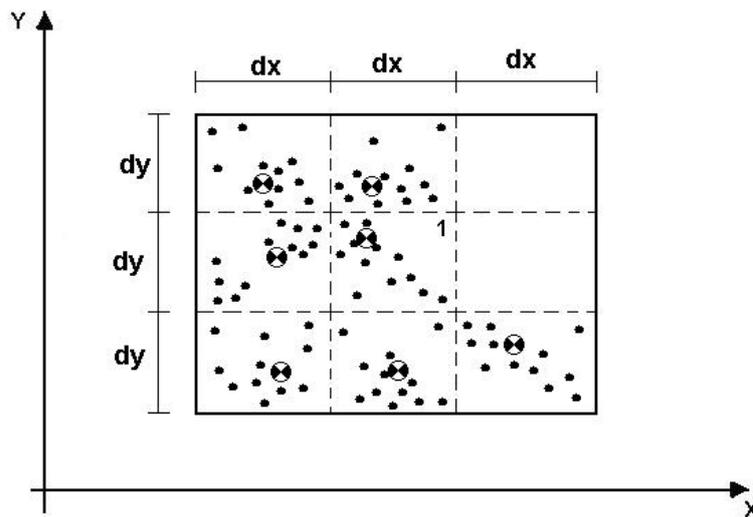


Figura 1: Definição da macro-região para o início do processo do método de detecção de contorno, a partir da região 1.

2.3. Métodos de correção de contorno

Apesar dos resultados obtidos com os algoritmos anteriores terem sido satisfatórios, em alguns casos foi necessário a aplicação de um filtro para corrigir possíveis erros de pequena grandeza.

O método consiste em verificar o desvio angular entre três CM consecutivos e compará-lo com a média obtida para todo o contorno. O CM que apresenta um desvio angular acima do limite pré-definido é eliminado do contorno. Este procedimento é interessante quando se deseja fazer um alisamento do contorno.

A partir dos pontos definidos pelo procedimento descrito, pode-se construir o perfil de cada seção transversal conforme esquematizado na Figura 2. Para isto pode-se utilizar tanto splines como NURBS. Na Figura 2, as seções transversais foram construídas com NURBS, estando representados seus Pontos de Controle.

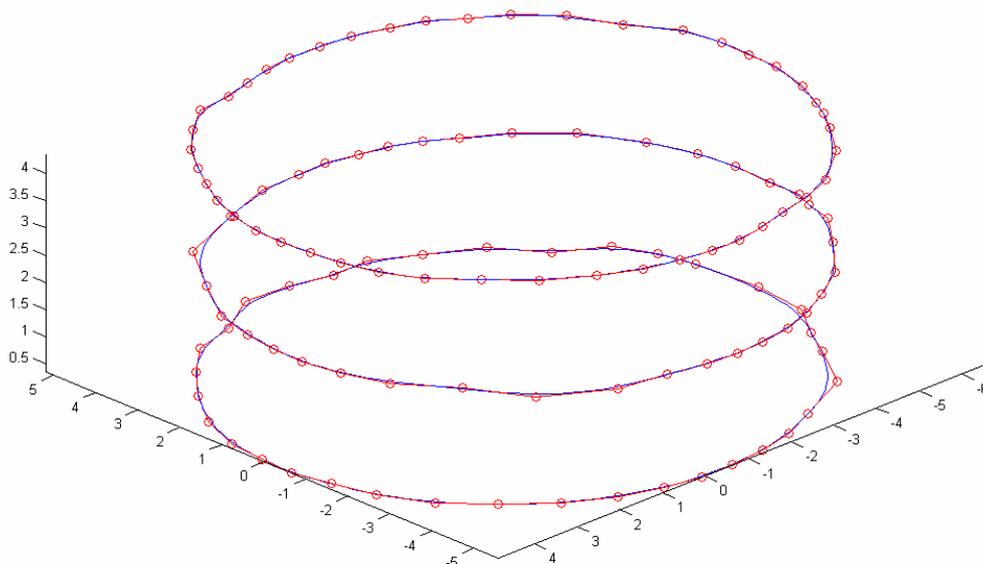


Figura 3: Curvas NURBS de três seções transversais e seus respectivos Pontos de Controle

3. CONTRUÇÃO DAS CURVAS LONGITUDINAIS

Com as seções transversais já construídas, é necessário que as curvas longitudinais não apenas interceptem os perfis, mas também os conectem através dos pontos adjacentes e assim mantenha a forma tridimensional do objeto.

Após construídas as seções transversais, o algoritmo preserva os Pontos de Controle que representam cada curva, característica essa mais importante que a própria curva plotada. Isso se deve ao fato de tais pontos definirem o comportamento da curva e possibilitarem a sua reconstrução através da utilização das funções NURBS e B-splines.

A partir dos pontos de controle, a construção das curvas longitudinais poder ser resumida na criação de seções transversais auxiliares, entre as obtidas pela leitura do objeto, para a reordenação dos pontos de controle, que permite a obtenção das curvas longitudinais.

Na construção das seções transversais do objeto, cada curva contém um número diferente de Pontos de Controle. Isso acontece devido à diferente quantidade de pontos obtidos, assim como a particularidade dos detalhes de cada uma delas.

Para estabelecer uma relação direta entre as seções transversais, e durante a próxima etapa de criação das seções intermediárias, é necessário que cada seção possua o mesmo número de Pontos de Controle. Este problema é resolvido através de um refinamento do Vetor Nó, que aloca novos Pontos de Controle, os igualando em número sem aumentar o grau das curvas.

3.1. Criação dos Perfis Intermediários

Devido ao fato das funções B-spline precisarem de um número mínimo de Pontos de Controle e visando manter ao máximo os detalhes presentes nos intervalos entre os perfis paralelos, tais intervalos entre suas respectivas seções limitantes, foram divididos em intervalos que mantivessem o comportamento da superfície. Essa divisão é feita levando em consideração a posição dos pontos de controle respectivos de cada curva.

O algoritmo detecta os pontos de controle (P_n) correspondentes a cada curva (Figura 3). Através do conhecimento desses pontos e da entrada do número de curvas intermediárias desejadas, são criados os Pontos de Controle intermediários, obedecendo a mesma sequência pré-estabelecida.

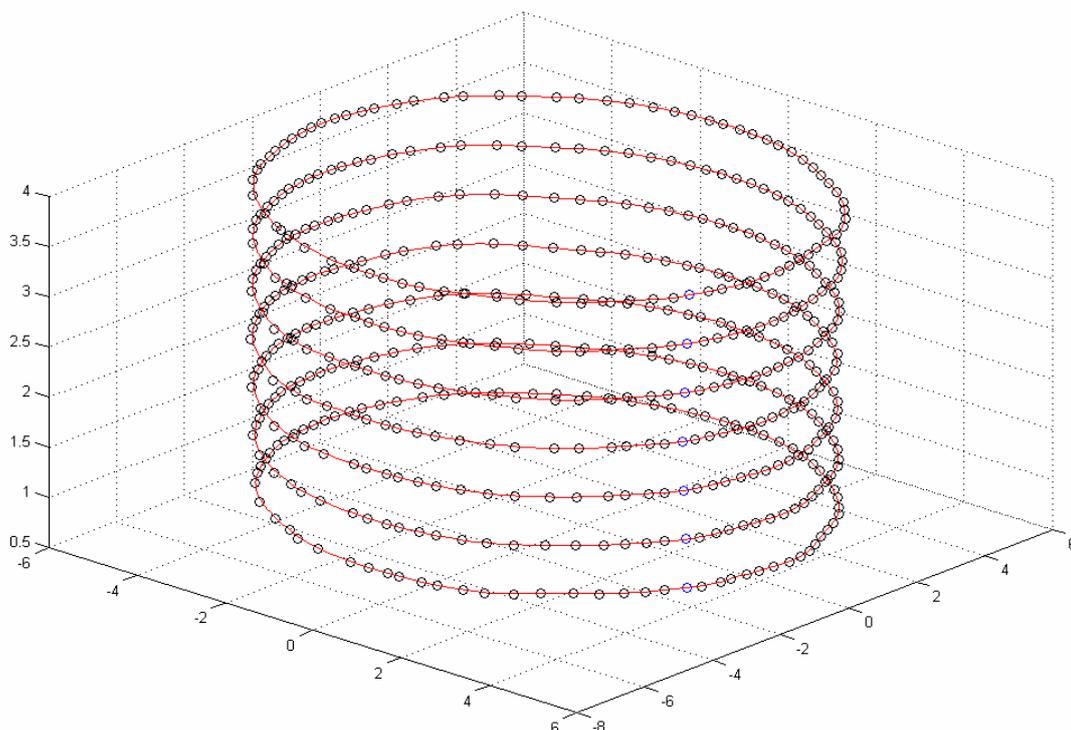


Figura 3: Seções intermediárias e Pontos de Controle (P_n) respectivos a cada curva

3.2. Tratamento dos Pontos de Controle

A partir da criação das seções transversais intermediárias, o vetor que continha os Pontos de Controle de cada seção sofre uma expansão, se tornando portanto uma matriz que contém os Pontos de Controle de todas as seções paralelas. A matriz é criada de forma a manter a seqüência e as relações entre os pontos respectivos de cada curva. A matriz dos Pontos de Controle é o que permitirá a construção das curvas longitudinais.

Pela característica da matriz de manter as relações entre os Pontos de Controle é possível reordenar esses pontos e criar uma segunda matriz, formada pelos pontos de controle que irão reger o comportamento de cada curva longitudinal. (Figura 5)

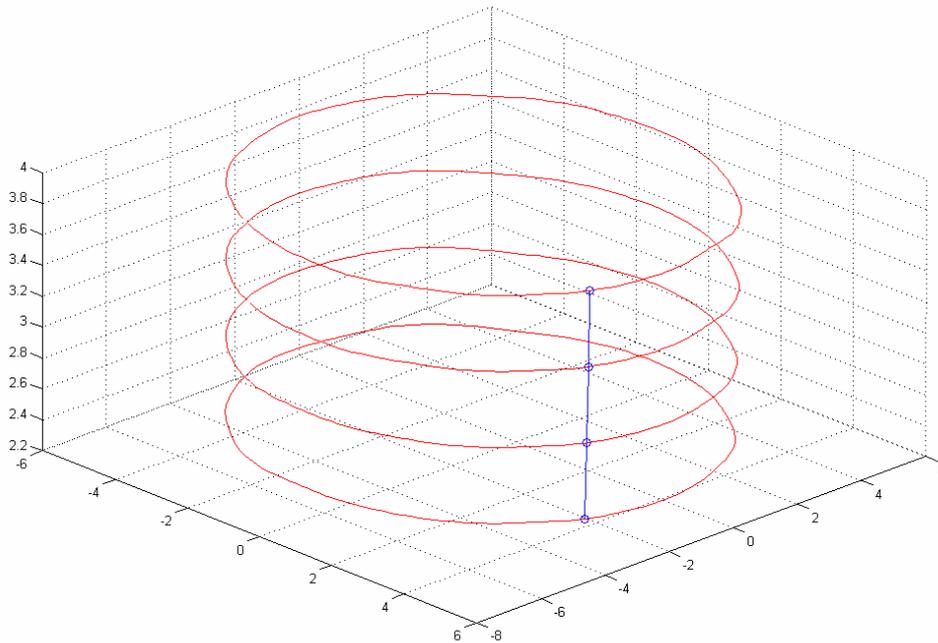


Figura 4: Reordenação dos Pontos de Controle.

3.4. Construção das Curvas Longitudinais

Após a reordenação da matriz dos Pontos de Controle, é possível construir as curvas longitudinais. Para isso, é necessária uma adaptação do algoritmo antes utilizado para construção das curvas NURBS, devido ao fato de agora se trabalhar com uma matriz de Pontos de Controle e não mais um vetor. Essa adaptação é facilitada pelo uso de softwares tais como MATLAB.

Na Figura 5 é apresentado um exemplo de várias curvas NURBS longitudinais que regem o comportamento do objeto. Neste caso, foram criadas seções intermediárias a partir de três seções iniciais (entre cada duas seções iniciais).

Finalmente, através da mesclagem das curvas longitudinais com as seções transversais, obtemos a malhagem. Através da Figura 6, fica evidente a relação íntima da posição dos Pontos de Controle e o ponto onde as curvas longitudinais se encontram com as seções transversais.

Retirando os Pontos de Controle, obtém-se as curvas NURBS pertencentes às seções transversais e às curvas longitudinais, o que fornece a malhagem final que representa o perfil tridimensional. (Figura 7)

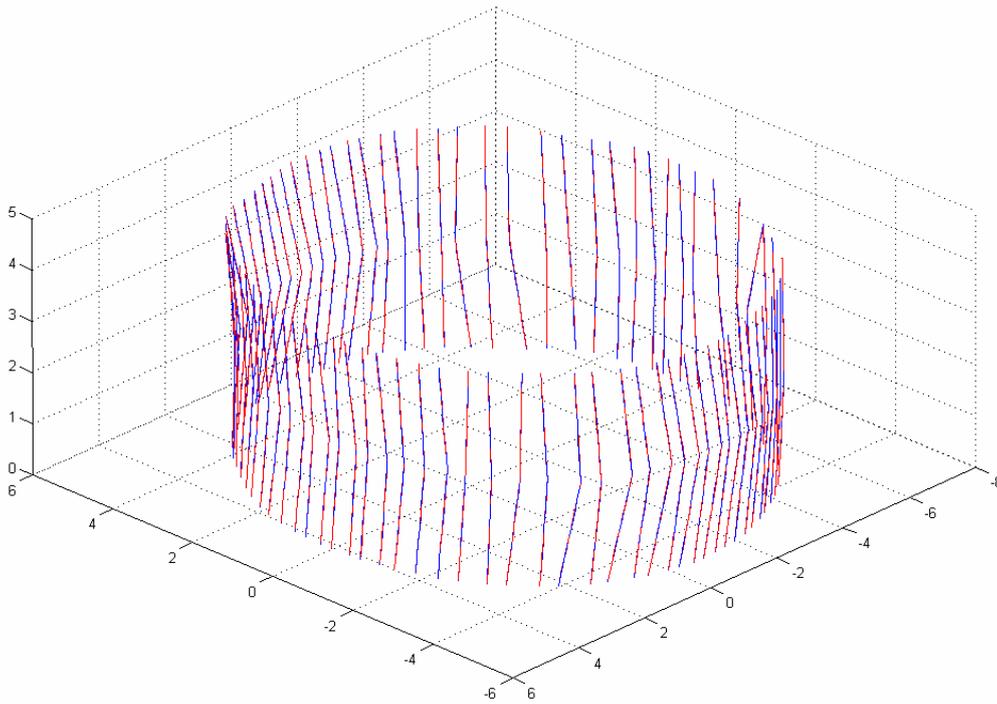


Figura 5: Curvas Longitudinais utilizando a matriz de Pontos de Controle reordenada

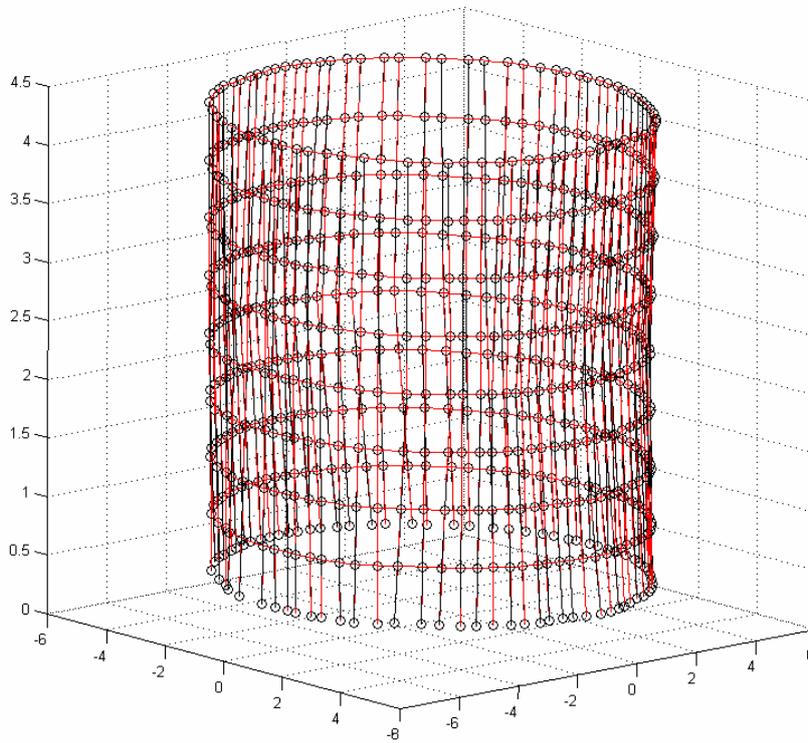


Figura 6: Curvas Longitudinais e Seções Transversais com seus Pontos de Controle

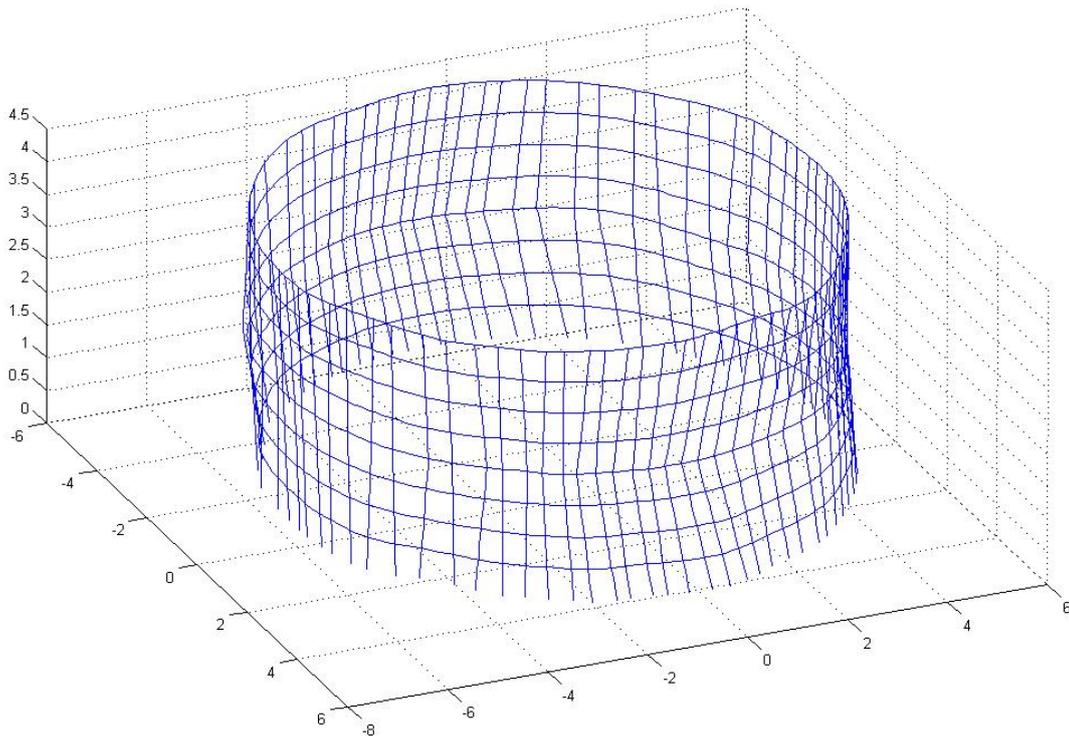


Figura 7: Malhagem utilizando-se NURBS

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise das figuras, nota-se algumas discontinuidades nas junções dos diferentes intervalos dos perfis intermediários, problema provavelmente decorrente de erro no algoritmo, e que merece um estudo mais detalhado do processo.

A soma dos métodos descritos se mostrou eficiente na criação de malhagens que representem superfícies cilíndricas e afins. Através do manuseio dos parâmetros de cada método, é possível encontrar valores ótimos para cada estilo de objeto.

A próxima etapa consiste na ampliação do algoritmo para superfícies com maior nível de complexidade. O objetivo é que os métodos também possam ser utilizados na construção de curvas, cujos pontos não seguem um padrão suave como o exemplo do cilindro.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo fomento a esta pesquisa.

Agradecimentos também ao PET- Programa de Educação Tutorial, do qual o aluno Michel Pires Lourenço faz parte.

6. REFERÊNCIAS

- Hoppe, H., 1994, “Surface reconstruction from unorganized points”. PhD Thesis, Department of Computer Science and Engineering, University of Washington, June 1994.
- J.P. Kruth *, A. Kerstens., 1997, “Reverse engineering modelling of free-form surfaces from point clouds subject to boundary conditions”, *Journal of Materials Processing Technology* 76 (1998) 120–127.
- Lima, C.B., Telles, G.N., 2003, “Engenharia Reversa e Prototipagem Rápida: Estudo de Casos”,

- Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2003.
- Mencl, R., 2001, “Reconstruction of Surfaces from Unorganized 3D Points Clouds” . PhD Thesis, Dortmund University, Germany.
- Patias, P., 2001, “Photogrammetry and Visualization. Technical Reprot, ETH Zurich, Available at: <http://www.photogrammetry.ethz.ch/research/quest.html>.
- Piegl, L.; Tiller, W. The NURBS Book. 2nd Edition, Springer, 1996. 646p.
- Romandino, F., 2003, “From Point Cloud to Surface: [The Modeling and Visualization Problem”, The Int. Workshop on Visualization and Animation of Reality-based 3D Models, 24-28 February 2003, Switzerland.
- Fonseca, J.N., Carvalho, J.C.M., 2005, “Three-dimensional Representation and Surface Definition using NURBS”, UNINDU
- Sviták, R., Skala, V., 2004, “Robust Surface Reconstruction from Orthogonal Slices”. Dpt. of Computer Science and Engineering. University of West Bohemia in Pilsen.
- Turk, G., Levoy, M., 1994, “Zippered Polygon Meshes form Range Images”, Proc. of SIGGRAPH'94, Orlando, FL, July 24-29, 1994, ACM Press, pp. 311-318.

TRIDIMENSIONAL SURFACES MESHING USING NURBS AND B-SPLINES

Michel Pires Lourenço

Mechanical Engineering School, Federal University of Uberlândia
Av. João Naves de Ávila, 2160 – Uberlândia / MG – Brazil
michelpiresl@yahoo.com.br

João Carlos Mendes Carvalho

jcmendes@mecanica.ufu.br

Abstract: *The mesh obtention is one of more important step for the graphical reconstruction of a 3D object. In this work is presented a methodology to mesh a 3D surface from the acquired points. First, cross-sections are constructed using NURBS from representative points of the surface. In the second step auxiliar cross-sections are constructed based on the control points of the initial cross-sections. Then, the set of control points, from all cross-sections, are used to obtain longitudinal curves using NURBS. The cross-sections and the longitudinal curves constitutes the surfaces mesh.*

Keywords: *Mesh, NURBS, Graphic Reconstruction, Reverse Engineering, CAD.*