

Manipulador de Modelos Tridimensionais para Algoritmos de Visualização Espacial

Luiz Gustavo Basílio de Alvarenga¹, Roberto Scalco²

Abstract — *This work presents the development of a computational tool for graphics applications allowing the visualization and rotation of three-dimensional models. The developed class allows the programmer to associate a tool for rotation of the drawn models in its application, independently of the graphical library used. From some information proceeding from the model, characteristics of the virtual camera and position of the cursor of mouse, the class can determine the coordinates of a point on a not visible sphere that involves the model. This point is used as origin of a bidimensional coordinates system, represented graphically under the form of two projected arrows in the not visible sphere. The arrows represent the directions horizontal and vertical of the movement of mouse. In this way, the user can better have control of the movement that will make with mouse to get the results desired during the rotation of the model.*

Index Terms — *Dragger, Graphic tool, Rotation, Visualization.*

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dos módulos fundamentais do projeto “Aplicação de Realidade Virtual para desenvolvimento da visualização espacial”. Este módulo mostra a elaboração e implementação de uma ferramenta para a manipulação de objetos tridimensionais. O projeto como um todo está ligado ao auxílio do desenvolvimento da habilidade de visualização espacial para as disciplina EFB301 Desenho da primeira série do curso de Engenharia, da Escola de Engenharia Mauá.

Para a realização do projeto, torna-se necessário fazer o uso de bibliotecas gráficas, como a OpenGL, para gerar as imagens tridimensionais no aplicativo final. Além da visualização, o aplicativo deve possuir ferramentas básicas de construções geométricas e por meio delas pode-se realizar a criação de representações gráficas bidimensionais. A apresentação do enunciado utiliza a ferramenta proposta por este trabalho para permitir que o usuário possa rotacionar o objeto utilizando o mouse, como se estivesse segurando-o.

Desta forma, pode-se utilizar o computador como ferramenta de auxílio na construção mental do objeto e exercitar o uso de técnicas de construção geométrica semelhantes às desenvolvidas pelos alunos durante as aulas do curso.

TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção mostra alguns dos projetos e aplicações que levaram ao desenvolvimento desta ferramenta de manipulação e visualização espacial.

Cursor 3D

O MTK (*The Manipulation ToolKit*) [1] é uma biblioteca que engloba recursos de visualização e interação que permite a construção de uma interface de manipulação tridimensional. Em seu desenvolvimento, foi utilizada a biblioteca gráfica OpenGL [2].

O cursor 3D é uma ferramenta integrada ao MTK que permite a livre movimentação do cursor do mouse pelo espaço tridimensional.

Os principais resultados do cursor 3D são apresentados por [3], desde a modelagem dos elementos gráficos do cursor 3D até as suas características gráficas (cor, textura, etc.). Além disso, também estão presentes as transformações de visualização (projeções e perspectivas), seleção de objetos existentes em cenários, mapeamento de funções de $\mathcal{R}^2 \rightarrow \mathcal{R}^3$, realimentação visual das ações realizadas pelos usuários ao utilizar os manipuladores e os movimentos do mouse 3D.

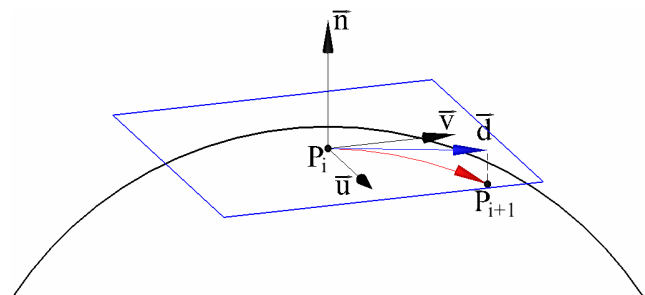


FIGURA. 1
MODELO DE MOVIMENTO RESTRITO À SUPERFÍCIE.

A figura 1 mostra como o cursor 3D pode se movimentar sobre uma superfície qualquer, restringindo a movimentação do cursor. Desta maneira, a ferramenta oferece uma maior interatividade dos usuários com a cena tridimensional.

¹ Luiz Gustavo Basílio de Alvarenga, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, 09.580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, luiz.gbalvarenga@ceun.maua.br

² Roberto Scalco, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1, sala G-02, 09.580-900, São Caetano do Sul, SP, Brasil, roberto.scalco@maua.br

Além disso, a ferramenta ainda oferece manipuladores específicos para o uso em transformações geométricas, como: translações, rotações e mudanças de escalas. Associando as ferramentas de restrição e manipulação é possível realizar a entrada dos parâmetros que serão alterados por meio da movimentação do mouse.

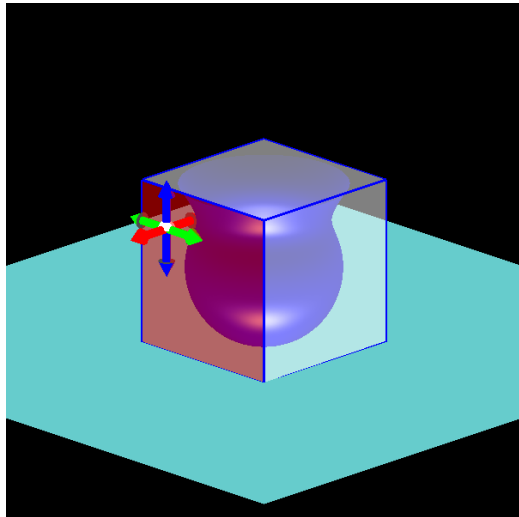


FIGURA. 2
MODELO DE TRANSLAÇÃO DO OBJETO.

Cada caso utiliza um tipo de restrição. Na translação, ao clicar sobre uma face de um paralelepípedo envolvente, o movimento do objeto estará restrito ao plano destacado. O exemplo da figura 2 mostra que, ao movimentar o cursor do mouse, a figura e o manipulador podem se mover apenas no plano YZ.

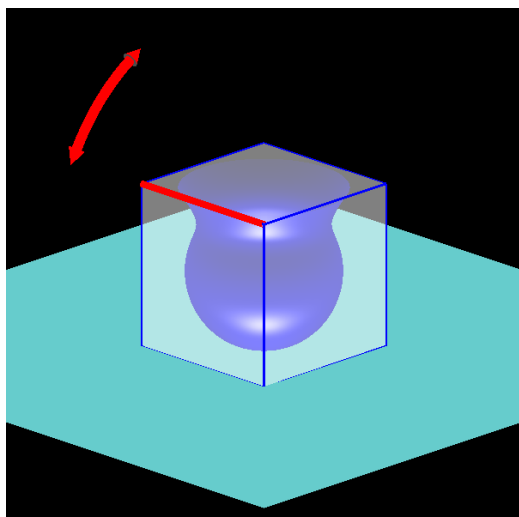


FIGURA. 3
MODELO DE ROTAÇÃO DO OBJETO.

Quando uma aresta do manipulador é selecionada, o usuário pode rotacionar o objeto, a partir do centro do paralelepípedo, apenas movendo o cursor do mouse, como mostra a seta da figura 3.

Para modificar as dimensões do objeto, a restrição do cursor 3D será um dos vértices do paralelepípedo. A seta indica que ao aproximar ou afastar o vértice do centro do bloco, as dimensões do objeto selecionado serão alteradas homoteticamente.

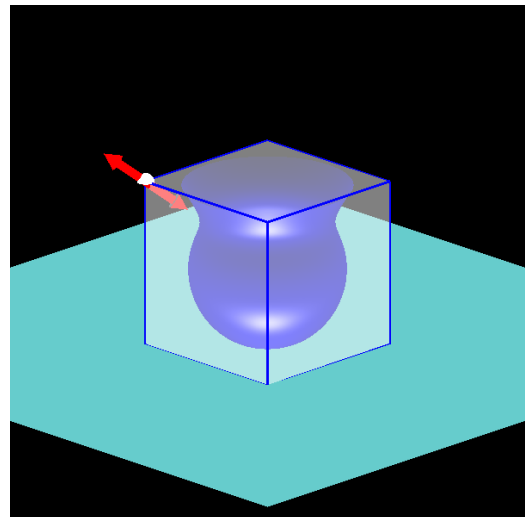


FIGURA. 4
MODELO DE MUDANÇA DE ESCALA DO OBJETO.

Manipulações diretas em geometria 3D

Foi verificado por [4] que as técnicas de manipulação direta para interações 3D propostas por [5] utilizavam apenas um dispositivo de localização 2D e uma visão ortográfica ou perspectiva para descrever técnicas para especificação de pontos no espaço tridimensional, bem como as transformações de translação, rotação sobre um eixo qualquer e mudança de escala. Por exemplo, para a especificação de um ponto 3D utiliza-se de uma “triáde”, equivalente a um cursor 3D, que representa uma base ortogonal, com cores diferentes para permitir uma melhor distinção das direções.

Os trabalhos apresentados em [6,7] sugerem que a triáde pode ser manipulada por meio de um vetor diretor calculado pela mudança da posição dos pontos existentes no objeto desde a sua última posição, todas as transformações de translação, rotação e mudança de escala são realizadas com uma ou mais dimensões fixas, restringindo o movimento a uma aresta ou uma face.

Embora essas técnicas permitam a manipulação direta de objetos 3D, ainda são encontradas limitações, em especial a questão de projetar a triáde na tela do dispositivo gráfico por ser um espaço bidimensional. Contudo, sempre haverá uma distorção em algum dos eixos, por essa questão de distorção, o método descrito se faz especialmente útil em

projeções ortográficas, uma vez que a distorção não varia em todas as faces.

ELEMENTOS BÁSICOS DO PROJETO

A principal diferença entre os manipuladores desenvolvidos para a ferramenta MTK e este projeto está relacionado à finalidade do aplicativo em que serão utilizados. O manipulador do MTK tem seu potencial explorado ao máximo em aplicativos de modelagem, permitindo ao usuário modificar parâmetros extrínsecos ao modelo selecionados.

Visando o desenvolvimento de um aplicativo para visualização de objetos tridimensionais, principalmente quanto ao uso de rotações, o elemento manipulador aqui apresentado torna-se uma ferramenta de uso simples por usuários de quaisquer níveis de conhecimento e familiaridade com a informática.

O desenvolvimento do projeto contou com contribuições de soluções propostas anteriormente por outros membros deste grupo de estudo. Estas soluções estão encapsuladas sob a forma de bibliotecas DLL (*dynamic linked library*), tornando-se assim partes integrantes da ferramenta desenvolvida.

Como informação inicial para a ferramenta de manipulação, são necessários dois vértices, diagonalmente opostos em um paralelepípedo envolvente no modelo desejado. Este paralelepípedo que deve conter todos os pontos do modelo é denominado *boundary box*.

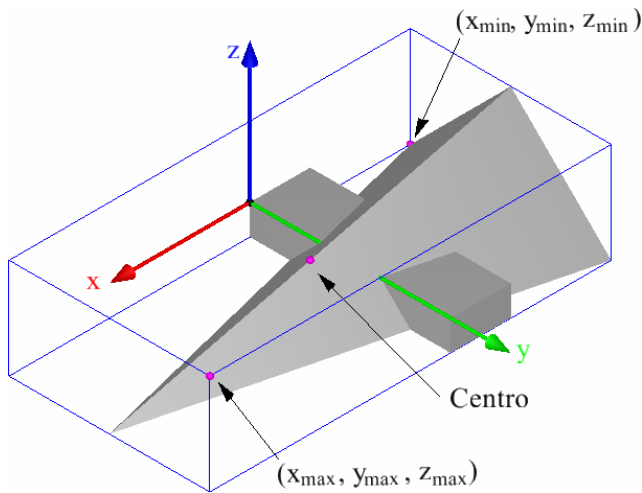


FIGURA. 5
PONTOS MÁXIMO E MÍNIMO DO *BOUNDARY BOX*.

As coordenadas dos pontos máximo e mínimo podem ser obtidas a partir de um sistema de coordenadas qualquer, desde que seja utilizado em toda a extensão do aplicativo. Uma vez determinados os pontos extremos, pode-se determinar o seu centro utilizando (1):

$$C = \frac{P_{max} + P_{min}}{2} \quad (1)$$

A partir deste ponto médio, determina-se uma esfera de raio r e cujo centro C coincide com o centro do *boundary box*. Para tal, utiliza-se (2):

$$r = |P_{max} - C| = \sqrt{(x_{max} - C_x)^2 + (y_{max} - C_y)^2 + (z_{max} - C_z)^2} \quad (2)$$

Esta esfera que envolve todo o modelo atua como a base para a criação do objeto manipulador. Embora importante para a determinação das características do objeto manipulador, não será representada graficamente como as ferramentas apresentadas no pacote MTK.

Esta esfera é criada por um conjunto de triângulos. Quanto mais triângulos forem utilizados em sua construção, menor será o tamanho destes elementos. Desta forma, esta resolução está associada diretamente ao grau de precisão que o usuário terá ao utilizar o manipulador.

Embora a esfera não esteja visível ao usuário, é sensível às ações do usuário que, ao clicar sobre o objeto modelado, conseqüentemente clica sobre uma das faces triangulares que compõem a esfera.

Ao realizar um clique sobre um determinado ponto da tela, uma reta perpendicular ao plano de projeção é criada, até que encontre um dos triângulos que compõem a esfera. A detecção é realizada por uma biblioteca que retorna o vértice do triângulo i que foi interceptado pela reta projetada.

A partir da identificação do triângulo, o ponto médio é calculado a partir dos vértices desta figura:

$$M = \frac{V_{i,1} + V_{i,2} + V_{i,3}}{3} \quad (3)$$

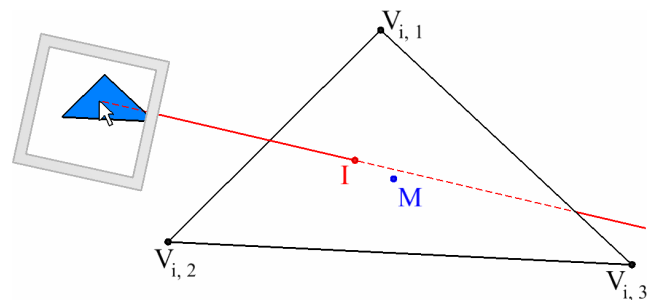


FIGURA. 6
IDENTIFICAÇÃO DA FACE PELA PROJEÇÃO DO CURSOR DO MOUSE.

Como o número de triângulos é relativamente alto, as coordenadas dos vértices $V_{i,1}$, $V_{i,2}$ e $V_{i,3}$ são muito próximas. Conseqüentemente, a distância existente entre o

ponto de intersecção I e o ponto M é pequena. Por esta razão, é possível utilizar as coordenadas do ponto M como o ponto em que houve a seleção por parte do usuário.

Caso o usuário clique sobre alguma região que não permita a intersecção da projeção do cursor com a esfera, o manipulador não será exibido e, conseqüentemente, nenhum movimento do cursor irá gerar resultados visuais.

A partir do ponto selecionado pelo cursor do mouse é definido um sistema de coordenadas cartesiano bidimensional que é projetado sobre a esfera não visível. Este sistema é representado por duas setas de cores distintas. Desta forma, o usuário pode associar a movimentação na direção transversal do mouse ao eixo vermelho, enquanto que, ao movimentar o mouse na direção longitudinal, o objeto será rotacionado seguindo a orientação do eixo verde.

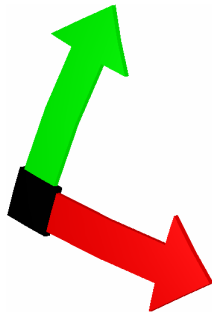


FIGURA. 7
MANIPULADOR PARA A ROTAÇÃO DOS ELEMENTOS.

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA

Foi desenvolvido um aplicativo para o teste da ferramenta que faz uso de outra biblioteca para importar modelos originalmente armazenados no padrão VRML.

Uma vez que existe um modelo para ser observado, os passos descritos no item anterior são executados e pode-se observar o seguinte resultado.

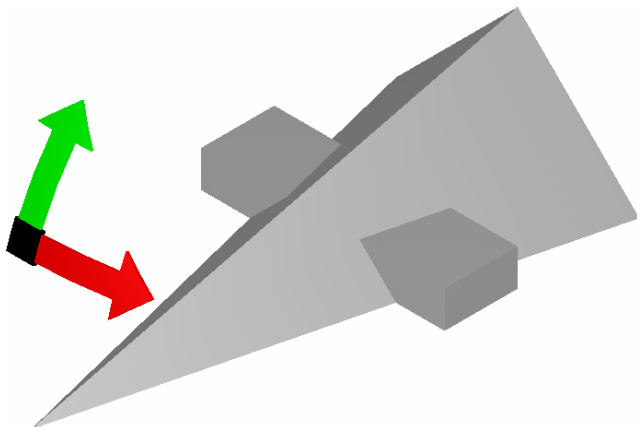


FIGURA. 8
UTILIZAÇÃO DO MANIPULADOR SOBRE UM OBJETO.

Enquanto o usuário estiver pressionando o botão do mouse, o centro do sistema de coordenadas irá acompanhar a projeção do cursor bidimensional sobre as faces triangulares da esfera. Ao movimentar o mouse em alguma direção, o sistema de coordenadas será movimentado sobre a esfera seguindo a direção da projeção do vetor de deslocamento bidimensional.

O elemento manipulador é removido da cena quando o usuário soltar o botão do mouse, desabilitando a seleção da face triangular. Se o usuário clicar sobre outro ponto da esfera, o sistema de coordenadas do manipulador será posicionado sobre este novo ponto, pronto para fazer uma nova rotação.

RESULTADOS

Ao longo do desenvolvimento, foi dada prioridade para o desempenho das ferramentas e dos aplicativos como um todo, uma vez que estes podem vir a ser executados em computadores com configurações diferentes.

A configuração mínima em que o programa foi testado é um processador Intel Pentium 3 500 MHz com 192 MB RAM DDR e uma placa de vídeo S3 Savage 4 com 8 MB.

TRABALHOS FUTUROS

A ferramenta está em constante desenvolvimento, sendo ainda possível desassociá-la das demais bibliotecas utilizadas. Com isso, pretende-se modularizar melhor os aplicativos que não necessitam de tantos recursos, como a importação de modelos ou a detecção das coordenadas do cursor do mouse no sistema de coordenadas do ambiente tridimensional.

Além disso, a ferramenta faz parte de um sistema maior, pré-disposto à auxiliar aos alunos que possuam dificuldade em visualizar e construir objetos mentalmente.

CONCLUSÃO

Foi apresentada uma ferramenta de interface homem-máquina que permite ao usuário rotacionar, de forma consciente, objetos tridimensionais.

Embora existam diversos tipos de elementos manipuladores, a ferramenta apresentada destaca-se em aplicações de visualização de modelos, como aplicativos educacionais para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial.

Além disso, permite ao usuário prever como será o movimento do objeto, associando as cores do sistema de coordenadas do manipulador aos movimentos transversal e longitudinal do mouse.

AGRADECIMENTO

Os integrantes do projeto agradecem ao Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] MTK – The Manipulation ToolKit. Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/~ra003168/mtk/>>. Acesso em: 14 set. 2006
- [2] OpenGL – The Industry Standard for High Performance Graphics, Disponível em: <<http://www.opengl.org/>>. Acesso em: 01 ago. 2006.
- [3] TOST, D. "Extensão das Funções de Emulação do Cursor 3D no MTK". Relatório Parcial de Projeto de Pesquisa (Iniciação Científica) FAPESP – UNICAMP. São Paulo. Novembro 2002.
- [4] BATAGELO, H. C., CONCEIÇÃO NETO, A. D. "Manipulações diretas em geometria 3D". In: Seminários da disciplina IA369J – UNICAMP, Campinas, 2000.
- [5] NIELSON, G. M., OLSEN, D. R. "Direct manipulation techniques for 3D objects using 2D locator devices", In: Proceedings of the 1986 workshop on Interactive 3D graphics. Chapel Hill. North Carolina, 1986, pp. 175-182.
- [6] BIER, E. A. "Skitters and jacks: interactive 3D positioning tools", In: Proceedings of the 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics. ACM Press, New York, 1986, pp. 183-196.
- [7] BIER, E. A. "Snap-Dragging in Three Dimensions", In: Proceedings of the 1990 Symposium on interactive 3D Graphics. ACM Press, New York, 1990, pp. 193-204.
- [8] BALAKRISHNAN, R., *et al.* "The Rockin' Mouse: Integral 3D Manipulation on a Plane". Disponível em: <http://reality.sgi.com/gordo_tor/papers/rockmouse/rb1.htm>. Acesso em: 30 jun. 2006.
- [9] KETTNER L. "Theoretical Foundations of 3D-Metaphors". Disponível em: <<http://www.inf.ethz.ch/personal/kettner/pub/3d-metaphors.workshop.html>>. Acesso em: 30 jun. 2006.