

DIGITALIZADOR 3D A LASER PARA CONSTRUÇÃO DE MALHAS POLIGONAIS

Deimar da Silva Ribeiro¹, Rogério Eduardo da Silva²

Resumo - Com a grande utilização da computação gráfica para modelagem de objetos cada vez mais realísticos, este trabalho propõe o projeto de um dispositivo para a digitalização e a modelagem de objetos poligonais por b-rep através da técnica de rastreamento a laser. Uma técnica simples, na tarefa de modelar objeto, é representá-los através de aproximação poligonal (malha de polígonos) denominada representação por fronteira (Boundary Representation ou simplesmente B-Rep). Este trabalho propõe um projeto para desenvolvimento de um sistema eletrônico e um programa de computador que interagem entre si para captura das formas de um objeto real para, através de representação gráfica, modelá-lo em um sistema computacional. De maneira geral, consiste em digitalizar um objeto, ou seja, capturar as coordenadas cartesianas em sua superfície. O projeto desta ferramenta será constituído por três sistemas principais: Sistema mecânico, sistema eletrônico, sistema computacional.

Palavras-chave: Computação gráfica, Rastreamento a laser, Modelagem de objeto

INTRODUÇÃO

Atualmente diversas áreas do conhecimento como engenharia, medicina, entretenimento e outras, fazem uso de técnicas de computação gráfica para realizar simulações computacionais a fim de permitir uma melhor visualização de uma situação do mundo real. Exige-se cada vez mais, modelos com alto grau de realismo, fazendo com que alcance resultados mais eficazes na simulação de tais situações reais. Hoje, na medicina, já se é capaz de estudar o corpo humano através de modelos tridimensionais virtuais, que permitem estudar detalhes de cada órgão em separado, ou ainda, estudar o corpo humano como um todo; com um simples toque ao mouse separar partes de interesse da anatomia. Na engenharia consegue-se simular desgaste de partes mecânicas e assim propor soluções até mesmo antes do projeto ser colocado em funcionamento, isso evita custo desnecessário com correções em milhares de peças, acidentes, etc [1].

Diversos programas permitem a construção de modelos tridimensionais de objetos reais a partir de malhas poligonais (*Boundary Representation*) que podem, posteriormente,

serem manipulados em simulações numéricas computacionais [2].

Mesmo com a evolução dos softwares manipuladores de imagens e novas tecnologias de processamento, a criação de modelos computacionais tridimensionais ainda demanda muito tempo de trabalho, elevando assim custos de projetos e cada vez mais investimentos em equipamentos velozes. Porém, alguns modelos são tão complexos que requerem outro método de modelagem, como o proposto neste projeto.

Com o propósito de diminuir o tempo gasto para geração de modelos tridimensionais, este trabalho propõe um projeto de uma ferramenta para modelagem de objetos poligonais utilizando processo de rastreamento a laser, com isso além do tempo objetiva-se também conseguir um maior grau de precisão nos detalhes, além de poder contribuir com a comunidade acadêmica em um projeto para uso didático como ferramenta de pesquisa prática para discentes da área de computação gráfica. Assim o projeto para um protótipo apresentado neste trabalho baseia-se na utilização de recursos e materiais de uso comum, tornando desta forma um projeto de baixo custo financeiro, com a finalidade de alcançar bons índices de precisão na digitalização de objetos.

MODELAGEM DE OBJETOS

Para se visualizar um objeto, faz-se necessário criar uma descrição deste através de um processo conhecido na computação gráfica como **modelagem** [1]. A finalidade de se criar um modelo, é a de se representar um objeto real da maneira mais realística possível. A finalidade de uso deste modelo determinará se o mesmo terá informações detalhadas das faces ou apenas dados referentes as suas propriedades geométricas e de massa.

A representação de objetos através de malha poligonal, chamada de representação por fronteira ou *boundary representation* (ou simplesmente B-REP), é uma forma bastante difundida de se representar superfícies no contexto da síntese de imagens por computador. Esta representação é ideal para a representação de superfícies planas, típicas de elementos facetados como, por exemplo, pirâmides e paralelepípedos. Entretanto, a representação de superfícies curvas como, por exemplo, uma calota esférica, só é possível de forma aproximada [1]. A figura 1 mostra a representação

¹ Deimar da Silva Ribeiro, Faculdades Integradas de Rondonópolis FAIR -UNIR, Rua Floriano Peixoto, 597, Centro, 78700-040, Rondonópolis, MT. deimar@terra.com.br

² Rogério Eduardo da Silva, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) – Campus Universitário “Prof. Avelino Marcante” s/n, Bom Retiro, Joinville, SC, 89223-100. rsilva@joinville.udesc.br

de uma esfera com diferentes níveis de discretização de polígonos.

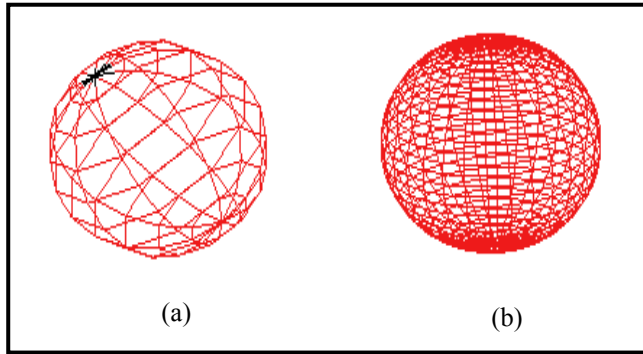


FIGURA. 1

REPRESENTAÇÃO DE UMA ESFERA MODELADA ATRAVÉS DE B-REP COM DIFERENTES NÍVEIS DE DISCRETIZAÇÃO DE POLÍGONOS.

PROJETO DO DIGITALIZADOR A LASER

Um dos primeiros requisitos para modelagem em ambientes virtuais é a captura das coordenadas de um ponto no espaço. Existem inúmeros dispositivos para este fim, que são divididos em cinco grandes grupos: acústicos, inerciais, magnéticos, mecânicos, e ópticos.

Este projeto propõe um modelo de dispositivo que utiliza um sistema óptico para fazer o rastreamento e a digitalização do objeto para ambientes computacionais. O projeto desta ferramenta será constituído por três sistemas principais:

- **Sistema mecânico** - Responsável pelo posicionamento do objeto e dos emissores de luz, composto por uma base giratória, capaz também de deslocar o objeto verticalmente, um sistema para deslocamento dos emissores laser, constituído de um eixo horizontal por onde se deslocarão os emissores impulsionados por um motor de passo e duas lentes biconvexas em série [3], para concentrar o feixe de luz em um sensor;
- **Sistema eletrônico** - Responsável pela conversão dos pontos obtidos por um foto sensor em sinais elétricos que serão mandados para o computador e também pelos acionamentos dos motores da base e motor que faz posicionamento dos emissores laser;
- **Sistema Computacional** - Responsável em executar o software para conversão dos sinais obtidos em coordenadas cartesianas e sua representação através de um modelo poligonal *b-rep* [4]. A parte computacional também será responsável pelos controles do servo mecanismo e acionamento dos emissores laser através da porta paralela.

Para se representar um objeto real em um ambiente computacional é necessário uma quantidade suficiente de pontos da superfície deste objeto. Para se obter as coordenadas destes pontos, este trabalho propõe um

dispositivo capaz de se obter estes dados e representá-los em coordenadas cartesianas (x,y,z) conforme figura 2.

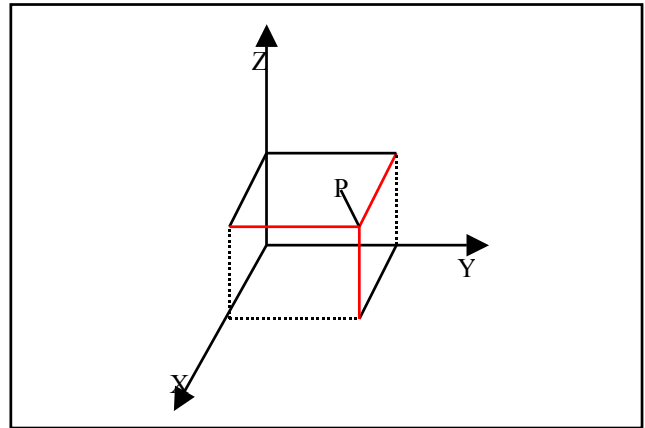


FIGURA. 2.

SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS.

A posição de um ponto é determinada por suas coordenadas no espaço que são as distâncias do ponto em relação aos planos, desta forma as coordenadas (x,y,z) do ponto (P) mostrado na figura 2 representam respectivamente: abscissa, ordenada e cota.

Para se determinar os pontos da superfície do objeto, o projeto proposto contém um dispositivo eletro-mecânico que por meio de um sensor de distância, determina as coordenadas (x,y,z) do objeto.

O sensor de distância localizado a frente do objeto, fornece a distância (w) que é a distância da superfície do objeto até o centro da base e necessária para os cálculos das coordenadas (x,y) , a coordenada (z) é calculada pela altura do sensor em relação ao ponto inicial. A figura 3 (adaptada de [5]) mostra uma representação do sistema eletro-mecânico.

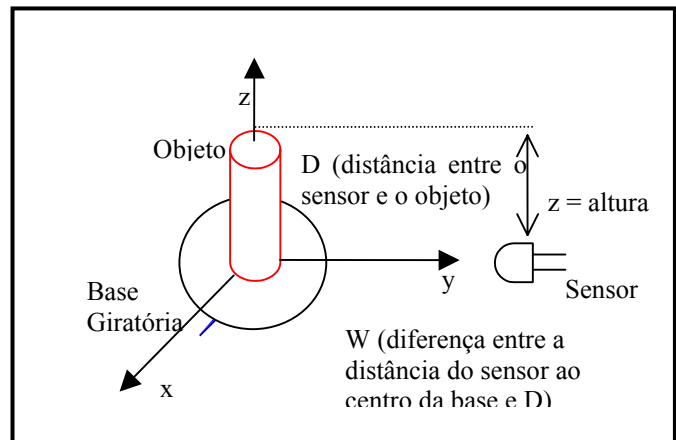


FIGURA. 3.

DIAGRAMA DO SISTEMA ELETRO-MECÂNICO.

Assim as coordenadas dos pontos do objeto são calculados pela equação (1):

$$x = \cos \theta \times W$$

$$(1) \quad y = \sin \theta \times W$$

$$z = \text{elevação do sensor óptico em relação à base.}$$

Sistema Mecânico

O sistema mecânico deste dispositivo é responsável pela captura dos pontos da superfície do objeto, para este fim ele é dividido em três módulos: base mecânica para movimentação dos emissores laser, lentes e sensor; base responsável em girar o objeto; módulo detector de distância composto por um par de emissores laser, um par de lentes convexas e um sensor de luz.

Para movimentação dos emissores laser é utilizado um motor de passo acoplado a um conjunto de trilhos metálicos, onde através de uma correia faz-se o movimento no eixo horizontal dos emissores laser, este deslocamento dos emissores laser no eixo horizontal é utilizado para cálculos da distância (D), que é a distância entre o sensor e a superfície do objeto. Esta base também possui duas hastas laterais acopladas a um motor para que seja feito o deslocamento dos emissores laser juntamente com o sensor de distância no eixo vertical, esta parte é detalhada na seção que descreve o módulo sensor de distância. A figura 4 (adaptada de [5]) mostra em destaque o mecanismo responsável pelo deslocamento dos emissores laser no eixo horizontal e do sensor óptico no eixo vertical.

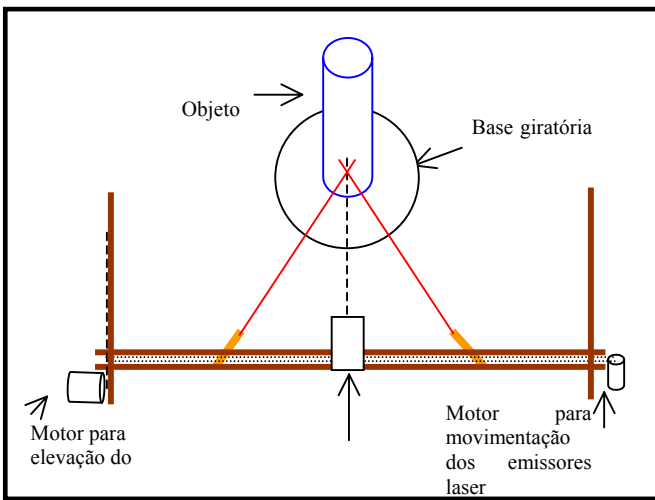


FIGURA. 4.

BASE PARA MOVIMENTAÇÃO DOS EMISSORES LASER E DO SENSOR ÓPTICO.

A base giratória do dispositivo é acoplada a um motor de passo para o seu movimento, que será feito em passos de 2 graus até um total de 360°, totalizando assim toda a circunferência da base; este ângulo será utilizado para cálculos das coordenadas x e y possibilitando a varredura de

todas as faces do objeto. A figura 5 (adaptada de [5]) mostra o desenho da base.

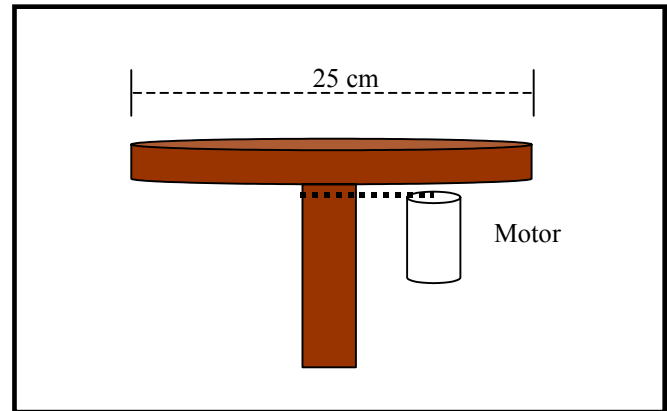


FIGURA. 5.

BASE PARA MOVIMENTAÇÃO DOS EMISSORES LASER E DO SENSOR ÓPTICO.

O módulo detector de distância é composto por dois emissores de luz laser, os emissores de luz escolhidos para este projeto foram do tipo conhecido comercialmente por *laserpoint*, por ser de baixo custo e ter potência suficiente para o propósito do projeto; duas lentes biconvexas, responsáveis em amplificar e concentrar a luz refletida da superfície do objeto e um sensor óptico. A figura 6 ilustra o diagrama do módulo detector de distância.

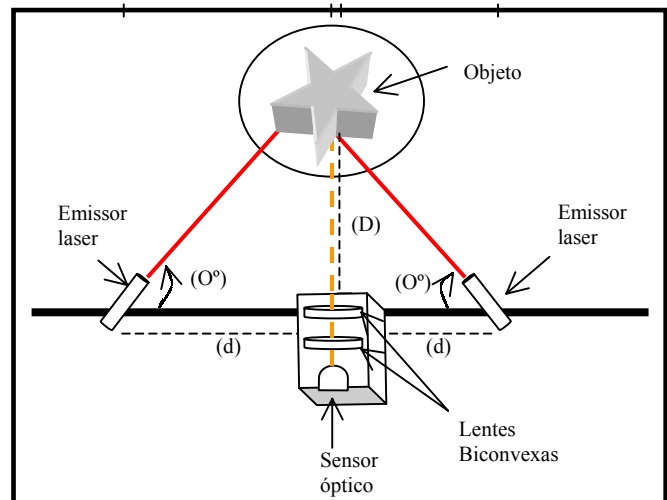


FIGURA. 6.

ILUSTRAÇÃO DO MÓDULO DETECTOR DE DISTÂNCIA.

A técnica de triangulação será utilizada para se encontrar a distância (D), entre a superfície do objeto até o sensor óptico, assim os emissores laser se deslocam no eixo horizontal aproximando ou se distanciando do sensor óptico, esta distância entre o sensor e o emissor é denominada (d) e será utilizada para calcular a distância (D), os emissores são colocados de maneira a formar um ângulo (0°) fixo como é mostrado na figura 6. Partindo de uma distância (d) inicial, o

emissor se deslocará em passos predeterminado o que tornará sempre conhecida esta distância, a cada deslocamento os emissores são acionados, se o sensor detectar reflexão de luz é feito então o cálculo da distância (D) através da equação (2):

$$(2) \quad D = \tan O^\circ (d).$$

Para que se consiga fazer a digitalização dos pontos do objeto é necessário que se siga alguns passos:

1. A base giratória é montada de maneira que o seu centro fique perpendicular ao sensor óptico e sua distância entre o centro e este também seja conhecida. Como seu deslocamento se dará em um total de 360° , a passos de 2° , o ângulo inicial para referência será o ângulo 0° .
2. Desloca-se a base do sensor óptico e dos emissores laser para a parte inferior, este ponto inicial nos fornece a coordenada $z = 0$, e a cada passo de elevação da base a nova coordenada do eixo z será $z = z + 1$.
3. As coordenadas x e y no estado inicial, são obtidas pelas equações: $x = \cos \theta \times (W)$ e $y = \sin \theta \times (W)$, onde W é a diferença entre o centro da base e a distância (D).
4. Incrementa-se um passo no motor de controle da base giratória, onde o seu novo (θ) será: $\theta = \theta + 2$ e executa os cálculos das novas coordenadas x e y . Enquanto $\theta < 360^\circ$ a coordenada z será igual ao número de elevações da base do sensor óptico, se $\theta = 360^\circ$, atualiza-se o θ para $\theta = 0$ e eleva-se a base do sensor óptico calculando-se o novo valor do eixo z para $z = z + 1$.

Sistema Eletrônico

O sistema eletrônico é a interface responsável pela conversão dos sinais vindo do computador em sinais de controle do sistema mecânico e também pela conversão dos sinais gerados pelo sensor óptico em sinais digitais para o computador.

O acoplamento entre o computador e o sistema eletrônico é feito através da porta paralela. A parte responsável em controlar o motor para o deslocamento dos emissores laser e motores de elevação da base do sensor e base giratória, é projetada para se utilizar uma interface encontrada comercialmente já preparada para acoplamento e controle de até seis motores de passos, assim como também recebe os sinais provindos do sensor óptico e os envia para o computador.

Para este trabalho foi avaliada a placa XYZ produzida no Brasil e utilizadas para aplicações didáticas, pela empresa I/O Robotics, é fornecida pelo site www.irobotics.com. A placa XYZ de múltiplas aplicações realiza muitos experimentos de automação e robótica em nível didático no

controle de cargas e leitura de sensores diretamente pela porta paralela. Também faz a leitura de sensores do tipo chave liga/desliga diretamente em seus terminais [6].

SISTEMA COMPUTACIONAL

O sistema computacional é composto pelos algoritmos que controlarão os componentes mecânicos como também receberão os dados do dispositivo e os converterá em coordenadas para modelagem do objeto. Para implementação destes algoritmos poderá ser utilizada a linguagem de programação C++ por suportar maior controle ao nível de hardware.

Para controle do servo mecanismo, serão implementados algoritmos responsáveis pelo controle, em separado, de cada motor que compõe o dispositivo, sendo eles: motor de elevação do sensor, motor de deslocamento dos emissores laser e motor de movimentação da base. Além do algoritmo responsável pelo acionamento dos emissores laser num momento predeterminado. Os algoritmos implementados atuarão diretamente na porta paralela para envio dos dados.

Para tratamento dos dados recebidos através da porta paralela vindo da interface do dispositivo, deve ser implementado um algoritmo para tratamento destes e a sua conversão em coordenadas cartesianas, que serão armazenadas em uma estrutura de dados, a princípio do tipo *Half-Edge* [4], e utilizadas por uma biblioteca de modelagem para visualização do objeto num ambiente computacional. Alguns dados de entrada serão captados por sensores e utilizados para a sinalização de início ou fim de percurso dos motores, e serão tratados pelos algoritmos de controle do servo mecanismo.

LIMITAÇÕES DO PROJETO

Neste projeto devem ser levadas em consideração algumas restrições em relação aos objetos a serem digitalizados:

- **Textura** – Necessariamente os objetos a serem digitalizados devem ter uma textura clara e não transparente para que possa refletir a luz do laser.
- **Altura** - A altura do objeto não deve ultrapassar ao total da altura de elevação dos emissores e do sensor em relação ao eixo z .
- **Peso** – Um fator também crítico é em relação ao peso do objeto, uma vez que a potência do motor de deslocamento da base é baixa o que restringe bastante a carga que pode ser atribuída a este.

CONCLUSÕES

Uma das principais dificuldades percebidas ao se trabalhar com computação gráfica, é a etapa de modelagem de objetos. Entende-se por modelagem de objetos, como o processo de se representar sua superfície através de algum

modelo matemático para posterior uso computacional específico, desde simples renderização até simulações numéricas complexas.

Uma técnica simples, porém bastante flexível, na tarefa de modelar objeto, é representá-los através de aproximação poligonal (malha de polígonos) denominada representação por fronteira (*Boundary Representation* ou *B-Rep*) [4].

Este trabalho espera desenvolver o projeto de um sistema eletro-óptico-mecânico capaz de efetuar a leitura de geometrias (conjunto de pontos) de objetos reais simples, através de rastreamento a laser de sua superfície, gerando-se automaticamente a malha poligonal.

Atualmente o trabalho cumpriu a fase de levantamento bibliográfico, bem como uma análise de dispositivos similares existentes para que, a partir desses dados, fosse possível o desenvolvimento do projeto de construção de um digitalizador 3D.

Como trabalho futuro espera-se construir um protótipo para validação da viabilidade do projeto, bem como um teste de usabilidade da ferramenta em aplicações gráficas convencionais como opengl, vrml, vtk, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Foley, James D. et al. "Computer Graphics" – Principles and Practice. 2.ed. in C. Ed. Addison Wesley, New York, USA, July 1990, 1974p.
- [2] Ribeiro, Deimar da Silva; Silva, Rogério E. "Digitalizador 3D para Modelagem de Objetos Poligonais Utilizando Processo de Rastreamento a Laser" Anais da VI Escola Regional de informática da SBC – Região Centro Oeste – IT Conference, Sucesu-MT 2003, Cuiabá – MT, 2003
- [3] Grupo de reelaboração do ensino de física."Física 2": Física térmica/ Óptica/ GREF. 5.ed. 1 reimpr. Ed. Edusp, São Paulo, 2002, 368p.
- [4] Mantyla, Martti. "An introduction to solid modeling". 2.ed. Ed. Computer science Press, Rockville, Maryland – USA, 1988, 401p.
- [5] Castilho, Hilario Ortega; Luis, Galván B. José. "SDO – Sistema Digitalizador de Objetos". MX.Geocities. Cidade do México. 2000. Disponível em: <<http://mx.geocities.com/hortegac2000/inicio.html>> acesso em: 29 set de 2002.
- [6] Depadua, Antonio. "I/O Robotics" – Instalação e uso da placa XYZ, Brasília, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.irobotics.com>>. acesso em: 26 out. de 2003.
- [7] Hearn, Donald; BAKER, M. Pauline. "Computer Graphics" – C version. 2.ed. Ed. Prentice Hall, New Jersey, USA, 1997, 652p.
- [8] Braga, Newton C. Sensores II. In: _____. "Mecatrônica Fácil". Ed. Saber: São Paulo, ed. 9 abril 2003. P.57-63.