



**Edison Pratini**  
pratini@unb.br / pratini@psu.edu  
www.usp.br/nutau/pratini.htm  
Arquiteto, Professor Adjunto da  
Universidade de Brasília



#### “EXPLICAÇÃO NECESSÁRIA

Às vezes um projeto custa a se definir. Outras, ele surge de repente como se, antes, nele nos tivéssemos detido cuidadosamente. E isso aconteceu com este projeto.

O terreno era estreito, cercado pelo mar e a solução aconteceu naturalmente, tendo como ponto de partida o apoio central inevitável.

Dele, a arquitetura decorreu espontânea como uma flor.

A vista para o mar era belíssima e cabia aproveitá-la. E suspendi o edifício e sob ele o panorama se estendeu mais rico ainda.

Defini então o perfil do museu. Uma linha que nasce do chão e sem interrupção cresce e se desdobra, sensual, até a cobertura.

A forma do prédio, que sempre imaginei circular, se fixou e, no seu interior, me detive apaixonado.”

**Oscar Niemeyer** - sobre o projeto do Museu de Arte Contemporânea de Niterói

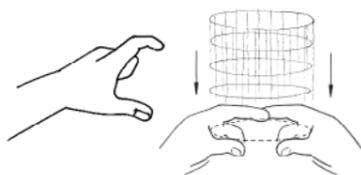


Figura 2 – Gestos icônicos são frequentemente usados para auxiliar a linguagem falada na descrição da forma, volume ou dimensões de objetos

## Dos Esboços no Papel para o Esboçar no Espaço: a Concepção de um Sistema Gestual para Modelagem 3D

### Resumo

Este trabalho descreve as bases conceituais que nortearam a pesquisa de um instrumento simples e intuitivo para a modelagem 3D em computador a ser usado nas primeiras fases do projeto arquitetônico ou de objetos. O sistema proposto, chamado 3D SketchMaker, é um instrumento para geração de esboços 3D por meio de gestos e movimentos da mão. Os resultados de dois protótipos já desenvolvidos dão indicação do acerto do caminho.

### Abstract

*This paper describes the conceptual basis of a research on a simple and intuitive 3D modeling tool to be used from the very beginning of architectural or object design. The proposed system - the 3D SketchMaker - is a gestural 3D-sketching instrument. The results of two simple and different developed prototypes show this is a feasible way.*

### A linguagem verbal, escrita e gestual

Objetos, arquitetônicos ou não, podem ser descritos de muitas formas no intento da expressão e comunicação humana. Pode-se descrever, como Niemeyer, com palavras, escritas ou faladas, com desenhos ou com gestos.

Em arquitetura - e em outros ofícios que envolvem a concepção de objetos - o ponto de partida da descrição e conseqüente representação costuma ser o esboço feito à mão livre. Os esboços nascem de gestos que, desenvolvidos com o lápis sobre o papel, vão traçando as linhas da representação daquilo que antes é apenas uma imagem mental. Os gestos acompanham a forma no traçado das linhas sobre o papel: o gesto macio e alongado de uma curva, ou reto, anguloso do desenho de uma peça mecânica.

### O gestual cotidiano

Gestos ou movimentos com as mãos são usados de diversas formas em associação com a linguagem falada para enfatizar o discurso, demonstrar emoções, auxiliar e reforçar a comunicação, etc. (Efron, 1941) (McNeill, 1992) (Krauss, 1991) (Sparrel, 1993) (Cassel, 1998).

Do ponto de vista dos gestos como auxiliares da descrição de objetos, interessa referir aos classificados como icônicos que, segundo **McNeill** (1992), são gestos miméticos, representacionais, que dizem respeito a um objeto concreto e mantêm uma relação formal com aquilo que está sendo dito.

Gestos icônicos podem ser encontrados na descrição de como uma ação deve ser efetivada, nas características de uma ação ou na descrição da forma ou volume de um objeto - “...tem uma forma esférica, com mais ou menos este tamanho”, acompanhado das mãos formando uma esfera e logo afastando-se para dar a idéia das dimensões do objeto.(figura 2)

Essa característica humana de familiaridade com o emprego dos gestos descritivos, particularmente da forma, volume ou dimensões de objetos permite dizer que **o uso de gestos é a forma natural de “esboçar”** no ambiente humano a três dimensões.

### Dos esboços no papel para o esboçar no espaço

É pressuposto deste trabalho que a tradução do esboço à mão livre sobre papel para o esboço espacial - ou para a modelagem tridimensional em computador - implica a substituição do gestual e do traçado em duas dimensões pelos seus equivalentes no espaço. Nessa tradução, considerou-se e inferiu-se que:

- As linhas que constituem os desenhos de esboços costumam ser as linhas de contorno dos volumes ou das superfícies que se quer representar.
- O equivalente tridimensional das linhas de contorno dos esboços à mão livre é as próprias arestas, superfícies ou volumes que elas - linhas de contorno - procuram representar.



· O equivalente tridimensional do gestual do desenho é a descrição ou delimitação, por meio de gestos no espaço, das arestas e superfícies que formam o sólido, ou dos limites do espaço a ser modelado.

Essa tradução **não leva**, portanto, a **traçar linhas** ou a **desenhar formas** no espaço (no sentido bidimensional do desenho), mas sim a **modelar as superfícies** e **construir ou esculpir essas formas**, numa abordagem verdadeiramente tridimensional e real da ação de gerar objetos.

### A questão dos instrumentos de entrada de dados e da interface

É fácil imaginar as dificuldades em executar tarefas corriqueiras que normalmente utilizam gestos - como estender e alisar uma toalha, dobrar uma folha de papel ou moldar um pedaço de massa de modelar - empregando a ponta de um lápis ou uma pinça de ponta fina.

Enfrentamos dificuldades semelhantes quando tentamos construir, modelar ou manipular objetos num ambiente tridimensional em computador utilizando o mouse, um dispositivo também pontual e apontador (pointer) que tem o agravante de operar em apenas duas dimensões, aprisionado à superfície plana do mousepad.

Num contexto tridimensional, o mouse é um instrumento rudimentar e inadequado que só subsiste porque, na falta de instrumentos, softwares e interfaces mais adequadas, acabamos nos resignando ao que existe no mercado: as adaptações do processo de desenho para o ambiente tridimensional (com o uso das vistas ortográficas do desenho técnico), ou as caricaturas do mundo real, com o emprego de vistas perspectivas nas quais a correspondência entre os movimentos do mouse e as trajetórias do ponteiro na tela e no ambiente virtual é difícil de ser visualizada e avaliada.

No mundo real costumamos utilizar as mãos para pegar, mover, moldar ou manipular os objetos. Ao contrário do mouse, a mão tem múltiplos pontos de apoio para a pega dos objetos e pode movimentar-se no espaço em seis graus de liberdade, isto é, pode deslocar-se em relação a um referencial cartesiano XYZ (três graus) e rotacionar em relação a cada um desses eixos (outros três graus). Além disso, a independência dos deslocamentos dos pontos de apoio (neste caso, ponta dos dedos) entre si, ajuda a fazer da mão um instrumento modelar e insubstituível.

Por possibilitar a transferência dos gestos e movimentos da mão para uma metáfora em computador, as luvas instrumentadas (figura 3) usadas em realidade virtual vêm ganhando popularidade como dispositivos de entrada de dados em 3D real (em oposição às limitações e aos malabarismos necessários para entrada de dados 3D por meio de um mouse 2D). Essas luvas possuem sensores embutidos que permitem a leitura dos movimentos e posição espacial da mão, sua inclinação, formação, movimentos e posição relativa dos dedos entre si (veja STURMAN, David J.; ZELTER, David. "A Survey of Glove-based Input" . [www.cs.monash.edu.au/~dchron/glove/glove.html](http://www.cs.monash.edu.au/~dchron/glove/glove.html)).

Do ponto de vista da interface, portanto, este trabalho concluiu que um sistema modelador deveria buscar a simplicidade, naturalidade e intuitividade das ações e manipulações da vida real, empregando um input gestual em 3D real. Vale dizer que essas diretrizes apontam para os sistemas interativos de realidade virtual.

### Trabalhos relacionados: esboços e a utilização de gestos na interface homem/computador

Entre as pesquisas que buscam ler a posição das mãos no espaço e os gestos, pode-se citar como pioneira a análise de silhueta concebida por **Myron Krueger**. Essa técnica utiliza uma câmera de vídeo que captura uma imagem em silhueta e a envia ao computador para análise e determinação dos gestos e posições da mão (Krueger, 1991). Krueger foi ainda pioneiro na implementação do modelamento de formas espaciais utilizando as duas mãos no sistema chamado **Videodesk**.

A utilização das duas mãos para modelamento e a liberdade do uso de qualquer dispositivo nelas são as grandes vantagens do sistema de Krueger. No entanto, segundo **Sturman & Zelter** (1996), "o rastreamento de mãos por essa técnica apresenta, até o momento, alguns problemas gerais que levaram os pesquisadores a optar por sistemas baseados em luvas ou outros sistemas mecânicos...". São problemas relacionados com a resolução das câmeras e tecnologia de vídeo, com o rastreamento dos dedos e com as técnicas de visão computacional atuais.

Mais recentemente **Shaw et alli** (1997) mostraram um método para gerar superfícies poligonais de forma livre usando as duas mãos. Esse método parte de objetos que são deformados pela manipulação de pontos de controle, e não gera os objetos desde o come-



Figura 3- As luvas instrumentadas usadas em realidade visual vêm ganhando popularidade como dispositivos de entrada de dados em 3D real.

## Referências

- AKEO, M.; HASHIMOTO, H.; KOBAYASHI, T.; SHIBUSAWA T. (1994). "Computer graphics system for reproducing three-dimensional shape from idea sketch". In *Eurographics '94 Proceedings*, 13(3):477-488. BRANCO, V.; COSTA, A.; FERRIERA, F.N. (1994). "Sketching 3D models with 2D interaction devices". In *Eurographics '94 Proceedings*, 13 (3):489-502.
- BUTTERWORTH, J., et al. (1992). "3DM: A three-dimensional modeler using a head-mounted display". In *Proceedings of the 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics* (Cambridge, Mass., March 29-April 1, 1992.), 135-138.
- CASSEL, Justine (1998). A Framework for gesture generation and interpretation. In *Computer Vision for Human-Computer Interaction*. Roberto Cipolla (Editor), Alexander Pentland (Editor) Cambridge University Press
- DEERING, Michael F. (1996). "The HoloSketch VR sketching system". In *COMMUNICATIONS OF THE ACM* May 1996/Vol. 39, No. 5. Association for Computing Machinery.
- GALYEAN, T.; HUGHES, J. (1991). "Sculpting: An interactive volumetric modeling technique". In *Computer Graphics (SIGGRAPH '91 Proceedings)*, 25(4):267-274, July 1991.
- HIRIKOSHI, T., SUZUKI & NAKANE, K. (1994). "3D modeling using rough sketches and 3D shape retrieval system". In *Trans. of IPSJ*, Vol.35, No.9, pp.1750-1758.
- KRUEGER, Myron W. (1991). "Artificial Reality II". 2nd.ed.. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing.
- MCNEILL, David (1995). *Hand and Mind : What Gestures Reveal About Thought*. Chicago: University of Chicago Press.
- NISHINO, H., UTSUMIYA, K., et al. (1998). "Making 3D objects through bimanual actions". *Proceedings of IEEE SMC'98*.
- NISHINO, H., UTSUMIYA, K., et al. (1998). "An interactive two-handed gesture interface with on-line learning facility". *Trans. of the IEICE*, Vol. J81-D-II, No.5, pp.897-905
- PRATINI, E. (1999). "Esboçando com gestos: o projeto 3D SketchMaker". In *III Congresso Iberoamericano de Gráfica Digital: Libro de Ponencias*, Montevideo, pp. 141-144.
- PRATINI, E. (2000). "Uma Interface Gestual para Esboços 3D em Arquitetura". Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo: FAU-USP.

ço. Da mesma forma, **Yoshida et alli** (1996) propuseram um método de deformação de um objeto 3D pelo reconhecimento dos movimentos da mão. **Hirikoshi et alli** (1994), **Zelevnik et alli** (1995), **Akeo et alli** (1994), **Pugh** (1992), **Branco et alli** (1994), propuseram métodos de criação de formas tridimensionais a partir de esboços bidimensionais. Por outro lado, **Deering** (1996), **Sachs et alli** (1991), **Galyean e Hughes** (1991) e **Butterworth et alli** (1992) usam uma abordagem que requer o uso de dispositivos de entrada de dados tridimensionais como o mecanismo primário de entrada de dados.

**Nishino & Utsumiya** (1998) têm uma interessante abordagem com a metáfora da modelagem cerâmica e uso de luvas instrumentadas nas duas mãos. Nela, os objetos são criados a partir de formas básicas, repetindo as operações da criação de um objeto complexo no mundo real.

Provavelmente o trabalho que tem uma abordagem mais aproximada do '**3D SketchMaker**' (Pratini, 1999) é o **HoloSketch**, desenvolvido por **Deering** (1996). O HoloSketch, é um sistema para geração de esboços tridimensionais que adapta a forma de trabalho dos editores 2D e modeladores 3D convencionais para o espaço, ou seja, são usados os menus, os sólidos primitivos, etc. No HoloSketch, os "3D drawing objects", seus menus e comandos são manipulados e controlados pela posição, orientação e movimento de uma vareta ("wand") no espaço tridimensional.

De acordo com a descrição dos autores, o HoloSketch possui recursos que permitem um esboçar bastante natural e intuitivo mas, na avaliação deste autor, peca por utilizar um dispositivo pontual - a vareta - para entrada de dados e interação com o ambiente virtual. Por não utilizar dispositivos como luvas instrumentadas, o HoloSketch deixa de ter uma entrada de dados em 3D reais e não aproveita o potencial expressivo do gestual e das mãos.

## A concepção do sistema modelador por gestos '3D SketchMaker' (Pratini, 2000)

O '**3D SketchMaker**' foi projetado para ser um instrumento de modelagem tridimensional, baseado na aquisição da forma e movimentos da mão, para a geração e manipulação de esboços virtuais tridimensionais de quaisquer objetos.

São duas, portanto, as idéias básicas no projeto do sistema: a possibilidade de geração de esboços tridimensionais e o aproveitamento do gestual natural que é utilizado, intuitivamente, na tentativa de auxiliar e/ou reforçar as descrições e narrativas humanas.

Para manter a coerência com um sistema simples e intuitivo, adotou-se as seguintes premissas e diretrizes:

- Como quaisquer esboços, os modelos gerados pelo **3D SketchMaker** devem normalmente ser representações rudimentares dos objetos. Não são desejáveis formas e dimensões precisas e acabadas como as de um CAD;
- As formas e superfícies devem ser descritas pelos gestos, como naturalmente acontece nos traços dos esboços em papel e no gestual da expressão e comunicação humanas. Não deve haver qualquer tentativa de estabelecer um conjunto básico de gestos à guisa de "alfabeto" a ser aprendido pelo usuário;
- A interface gráfica deve ser o mais simples possível, evitando-se as metáforas de menus Windows;
- O modelador deve ser simples e, preferencialmente, utilizar as técnicas correntes de modelamento 3D adaptadas para ambiente e input 3D reais;

O projeto do 3D SketchMaker supõe, portanto, um conjunto "software"/"hardware" que possibilite uma modelagem e manipulação mais natural, intuitiva e interativa do que as correntes, como alguém que esteja modelando ou moldando um material plástico, uma folha, argila, massa de modelar, ou delimitando e esculpindo uma forma virtual espacial. Nele, uma superfície qualquer deve poder ser descrita e verdadeiramente moldada apenas com movimentos dos dedos e da mão no espaço.

Assim delineado, chegou-se a desenvolver dois protótipos distintos, um dos quais se aproxima mais do que se concebe como um verdadeiro "esboçador tridimensional": um modelador que permite a descrição de uma superfície por meio do caminho percorrido pela mão no espaço.

PUGH, D. (1992). "Designing solid objects using interactive sketch interpretation". In *Computer Graphics (1992 Symposium on Interactive 3D Graphics)*, 25(2):117-126.

SACHS, E.; ROBERTS, A.; STOOPS, D. (1991). 3-draw: A tool for designing 3D shapes. In *IEEE Computer Graphics & Applications*, pages 18-25.

SHAW, C.; GREEN, M.; THREAD, A. (1997). "A two-handed design system". In *ACM Multimedia Systems*, Vol. 5, March, pp. 126-139.

STURMAN, D.J.; ZELTZER, D. (1994). "A survey of glove-based input". In *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 14, No. 1, pp. 30-39.

YOSHIDA, M., et alli. (1996). "An interface system based on hand gestures and verbal expressions that generates shapes for 3D virtual objects". In *Tech. Report of IEICE, MVE95-64*, pp. 33-40.

## Uma breve descrição do protótipo modelador de superfícies

O protótipo modelador de superfícies emprega a técnica conhecida de extrusão de um perfil ao longo de um caminho. Aqui bastam dois gestos no espaço para modelar superfícies espaciais bastante complexas (figura 4).

São técnicas e soluções simples que permitem, por exemplo, a definição de linhas de contorno para a construção de superfícies de revolução (figura 5). Com uma composição de técnicas de modelagem, perfis, geratrizes ou caminhos, é possível definir as superfícies limites de quaisquer objetos.

Naturalmente, a definição de um caminho ou de uma geratriz para modelamento tridimensional não constitui novidade e está presente em muitos pacotes de modeladores 3D existentes no mercado. A grande diferença, no entanto, é que a entrada de dados para essas definições geralmente é feita de forma bidimensional, por meio de cliques do ponteiro de um mouse nas vistas ortogonais ou numa perspectiva isométrica. Uma linha traçada com o mouse no sistema corrente de vistas ortogonais nunca será livremente tridimensional, isto é, formada de mais de dois pontos não coplanares. Para conseguir uma linha ou caminho 3D real, são necessárias manipulações posteriores nos seus pontos, o que é sempre um fator complicador no processo de geração de objetos ou entidades tridimensionais.

O sistema **3D SketchMaker** é, ao contrário, verdadeiramente espacial, permitindo delimitar ou descrever facilmente, no espaço, quaisquer formas ou volumes, por mais complexos e orgânicos que sejam. É um sistema que nasceu naturalmente gestual, necessariamente controlado pela mão associada a um dispositivo de input 3D real.

As técnicas de modelamento podem variar - extrusão, construção de uma malha entre duas linhas, construção de superfície por revolução de um perfil, etc. - mas a idéia é sempre o uso dos gestos para um esboçar no espaço simples, natural e intuitivo.

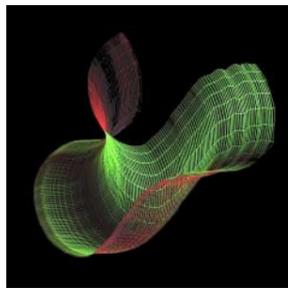


Figura 4- Bastam dois gestos, a definição de um caminho e a definição de um perfil que será extrudado ao longo desse caminho para obter superfícies bastante complexas, difíceis de elaborar em um modelador convencional.

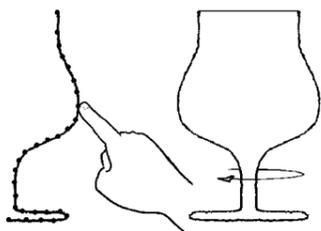


Figura 5 – Entre outras técnicas, pode-se definir um contorno que será girado para criar uma superfície de revolução.

## Conclusão

Do ponto de vista do projeto arquitetônico busca-se a tradução do gestual dos esboços à mão livre para o espaço tridimensional.

Na prática, a partir da compreensão do processo de projeção, buscou-se simplificar a geração de modelos tridimensionais em computador na fase de concepção do processo, tirando partido do gestual cotidiano: propõe-se a substituição do gestual do lápis sobre o papel na elaboração de esboços e croquis, pela descrição, por meio de gestos, do modelo tridimensional desejado.

Pretende-se que o produto final seja tão fácil e intuitivo que possa, com um mínimo de explicações, ser utilizado por leigos e até mesmo por crianças. Espera-se que os usuários possam criar e brincar com seus próprios gestos.

O sistema imaginado supõe, antes de mais nada, uma interface que prime pela naturalidade, facilidade e intuitividade. Não são desejáveis quaisquer formas de manipulação que impliquem o aprendizado de comandos ou de utilização de instrumentos complicados.

A modelagem escultórica, a descrição gestual de superfícies, a manipulação e moldagem de lâminas virtuais e a construção com blocos primitivos são alguns dos caminhos que se imagina para o seguimento desta pesquisa.

Embora pretenda ser principalmente um instrumento de modelagem 3D para ser usado em arquitetura desde os primeiros passos do processo de projeto, o sistema pode ser utilizado nas mais diferentes áreas que trabalham o objeto - desenho industrial, artes plásticas, etc.

Uma das mais óbvias aplicações desta interface é no auxílio ao projeto arquitetônico quando o método normalmente utilizado já é naturalmente gestual e espacial, como nos casos de Oscar Niemeyer ou Frank Gehry. Com um esboçador gestual, ao invés de elaborar dezenas de modelos de papel, madeira, etc. para depois digitalizá-los no "software" Catia, Frank Gehry poderia, por exemplo, ter os seus volumes naturalmente e originalmente digitais.

Este é o caminho perseguido.