

THIAGO JOSÉ CÓSER

**Possibilidades da produção artística via
prototipagem rápida: processos CAD/CAM na elaboração
e confecção de obras de arte e o vislumbre de um
percurso poético individualizado neste ensaio.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Artes da
Universidade Estadual de Campinas, para a
obtenção do título de mestre em Artes.

Área de concentração: Artes Visuais

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Alves do
Valle

Campinas

2010

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE ARTES DA UNICAMP**

Cóser, Thiago José.

C89p

Possibilidades da produção artística via Prototipagem Rápida: Processos CAD/CAM na elaboração e confecção de obras de arte e o vislumbre de um percurso poético individualizado neste ensaio. : Thiago José Cóser. – Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Alves do Valle.

Dissertação(mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes.

1. Prototipagem rápida. 2. Arte. 3. Sistema CAD/CAM. 4. Modelagem 3D. 5. escultura. I. Valle, Marco Antonio Alves do. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes. III. Título.

(em/ia)

Título em inglês: "Possibilities of Art via Rapid Prototyping: using CAD / CAM systems to create art works and a glimpse of a poetic route individualized essay."

Palavras-chave em inglês (Keywords): Rapid prototyping ; Art ; CAD/CAM systems. ; 3D modelling ; Sculpture.

Titulação: Mestre em Artes.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marco Antonio Alves do Valle.

Prof^a. Dr^a. Sylvia Helena Furegatti.

Prof. Dr. Francisco Borges Filho.

Prof. Dr. Carlos Roberto Fernandes. (suplente)

Prof. Dr. José Mario De Martino. (suplente)

Data da Defesa: 26-02-2010

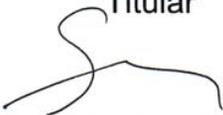
Programa de Pós-Graduação: Artes.

Instituto de Artes
Comissão de Pós-Graduação

Defesa de Dissertação de Mestrado em Artes, apresentada pelo Mestrando Thiago José Cóser - RA 17460 como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre, perante a Banca Examinadora:


Prof. Dr. Marco Antonio Alves do Valle
Presidente


Profa. Dra. Sylvia Helena Furegatti
Titular


Prof. Dr. Francisco Borges Filho
Titular

Agradecimentos

Ao meu orientador, prof^o Dr. Marco Antonio Alves do Valle, pelo interesse e disposição na pesquisa,

Ao apoio do CTI - Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, especialmente a Jorge Vicente Lopes da Silva e Marcelo Fernandes de Oliveira,

A DIAGMED – Campinas, pela disponibilidade de material para esta pesquisa,

E, principalmente, a todos os familiares e pessoas queridas que me apoiaram e que, mesmo sem saber, colaboraram imensamente para a conclusão deste trabalho.

Resumo

Este trabalho apresenta uma pesquisa prática sobre o uso de tecnologias CAD/CAM com foco no uso de prototipagem rápida em Arte. O trabalho está organizado de modo a explicar a tecnologia empregada, apresentando uma seleção de principais artistas que se utilizam de PR para desenvolver suas obras. Por fim há uma produção poética pessoal, com a intenção de situar a relevância deste discurso na história da Arte.

Abstract

This work presents a practical research on the use of CAD / CAM technologies focusing on rapid prototyping use in Art. The work is organized to explain the technology used, presenting a selection of main artists who use PR to develop their works. Finally there is a personal poetic production, with the intention to place the relevance of this discourse in the history of Art.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
2	SISTEMAS CAD / CAM E PROTOTIPAGEM RÁPIDA.....	15
2.1	PROTOTIPAGEM RÁPIDA	16
2.1.1	<i>Estereolitografia (SLA).....</i>	<i>17</i>
2.1.2	<i>Sinterização seletiva a laser (SLS).....</i>	<i>17</i>
2.1.3	<i>Modelagem por deposição de material fundido (FDM)</i>	<i>18</i>
2.1.4	<i>Manufatura de objetos em lâminas (LOM).....</i>	<i>18</i>
2.1.5	<i>Distinções de uso.....</i>	<i>18</i>
2.1.6	<i>Vantagens materiais do uso computacional em Arte</i>	<i>19</i>
3	SELEÇÃO DE ARTISTAS QUE UTILIZAM PR	25
3.1	BATHSHEBA GROSSMAN	26
3.2	GEORGE W. HART	27
3.3	GEOFFREY MAN	28
3.4	KEITH BROWN	29
3.5	PETER JANSEN	30
3.6	ROBERT MICHAEL SMITH	31
3.7	MARY BATES NEUBAUER	32
3.8	RINUS ROELOFS	33
3.9	STEWART DICKSON	34
3.10	ELONA VAN GENT	35
3.11	MICHAEL LAFORTE	36
3.12	LAURITA SALLES	37

3.13	MICHAEL REES	38
3.14	DAN COLLINS	39
3.15	JAMES STEWART	41
3.16	COLETÂNEAS	42
3.17	MODOS DE EXIBIR	43
4	PRODUÇÃO PESSOAL	47
4.1	PRIMEIRO PROTÓTIPO	47
4.2	SEGUNDO PROTÓTIPO	52
4.3	TERCEIRO PROTÓTIPO – PRIMEIRA SÉRIE	55
4.4	TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	57
4.5	ESFERA DE PARAFUSOS	60
4.6	PEÇA DE ENCAIXE (SEM TÍTULO)	63
4.7	CILINDRO LEVE	66
5	SAÍDA POR IMAGENS	69
5.1	RENDERIZAÇÃO DA TOMOGRAFIA	69
5.2	PÍLULA DE LÂMPADAS	71
5.3	CORNETA DUPLA	72
5.4	ORGANICO E INORGÂNICO	73
5.5	SENTIDO NÃO SENTIDO	75
6	OUTRAS EXPLORAÇÕES	77
6.1	SCANNER 3D	77
6.2	PROGRAMAÇÃO	79
6.3	PLANIFICAÇÃO DE MODELOS	83
6.4	CORTADORA LASER	84
7	CONCLUSÕES	87

8	ANEXOS	89
8.1	IMAGENS E OUTRAS OBRAS	89
8.2	BLOG.....	98
9	ÍNDICE DE IMAGENS	99
10	REFERÊNCIAS	105
11	BIBLIOGRAFIA	107

1 Introdução

Contemporaneamente à escrita deste texto, continua a expansão e aceleração do uso de diversas tecnologias auxiliadas por computador em inúmeros setores da nossa vida. Atingindo nossa realidade e modificando nossa esfera profissional, educacional, cotidiana e até privada, somos cada vez mais dependentes do uso e do desenvolvimento de técnicas e tecnologias para realizar tarefas com maior eficiência e velocidade, seguindo uma lógica globalizada que se estende há muito tempo na História do homem, mas que se acentua no século XVIII a partir da primeira Revolução Industrial. Independente do pessimismo ou otimismo dos que pensaram o papel das técnicas na vida do homem, nomes de importância histórica como Hegel, Jacques Ellul, Heidegger, e tantos mais, o impacto técnico representa também uma urgência de tomada de consciência perante seus desdobramentos históricos. Assim, poderemos situar com clareza o estado atual no qual encontramos nossa civilização e os meios nos quais podemos atuar e nos manifestar, inclusive artisticamente.

Hoje, o estado da arte tecnológico nos permite exercer tanto funções complexas como simulações de engenharia que testam comportamento de materiais através de cálculos e simulações antecipados (prototipagem virtual), por exemplo, de uma ponte que está ainda na fase de projeto e sequer um tijolo foi colocado, como funções cotidianas que nos parecem banais, mas eram impensáveis há alguns poucos anos atrás. Funções estas as quais, devido ao uso rotineiro e quase automático, faz-nos esquecer de pensar a implicação e modificação de nossas posturas com os meios sociais e ambientais.

Como diz Paul Virilio (VIRILIO, 1993), novas tecnologias abrem novos espaços. Assim como no decorrer do desenvolvimento da escrita, no qual, pela primeira vez uma memória pôde ser armazenada de maneira precisa e assim ser transmitida com menor perda de informação (ao contrário do que ocorre em civilizações baseadas apenas em tradições orais), com o decorrer da invenção da imprensa surge também uma dificuldade referente à portabilidade dos livros. Através do desenvolvimento de técnicas de dobras de páginas e de uma pesquisa tipográfica, uma nova velocidade de acesso e divulgação da informação foi ordenada. Assim o computador só se tornou uma mídia de massa quando as variáveis de tamanho e massa atingiram um valor suficientemente baixo (LÉVY, 1993).

Fato consumado é que o computador tornou-se uma peça-chave na vida moderna, aumentando a velocidade e eficiência de tarefas que muitas vezes seriam até mesmo impraticáveis sem esta ferramenta, como a criação das imagens de síntese (ver capítulo 2.1.6 - Vantagens materiais do uso computacional em Arte). Isto faz com que este objeto torne-se ponto de reflexão de educadores, cientistas sociais, filósofos e interessados em geral, na tentativa de entendermos seu real papel e as conseqüências do caminho rumo a uma sociedade informatizada. Sem uma crítica das tecnociências, esta ferramenta, que tem sua gênese na década de 1940, pode torna-se tão ineficiente quanto um martelo sem mão para usá-lo.

2 Sistemas CAD / CAM e prototipagem rápida

O acrônimo CAD refere-se a um projeto assistido por computador ou *Computer Aided Design*. O termo é comumente utilizado para a parte que envolve o uso de *software* de um determinado projeto. Segundo um mapeamento da história do desenvolvimento das tecnologias CAD / CAM ¹, o termo foi inicialmente utilizado por Ivan Sutherland, criador, na década de 1960, do primeiro programa paramétrico. Batizado de *Sketchpad*, podemos afirmar que este seja o primeiro programa com características e recursos CAD.

O termo CAM (*Computer Aided Machining* ou *Computer Aided Manufacturing*) refere-se a todo processo de fabricação controlado pelo computador. Suas origens remontam à década de 1940 com o desenvolvimento das máquinas de usinagem CN (*Numeric Control*) que posteriormente evoluíram para máquinas CNC (*Computer Numeric Control*) devido às vantagens da automação do uso computacional no processo de fabricação da peça final.

A tecnologia integrada dos dois sistemas gera o par CAD /CAM, no qual podemos gerar uma peça virtual (vista na tela do computador) e obter sua saída física automatizada por uma integração com o *software* e a máquina de fabricação. Sistemas CAD/CAM têm por característica centralizar várias etapas do processo produtivo em um eixo central, ou uma base de dados, como famílias de peças ou análises estruturais de materiais utilizados.

¹ <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm> (acessado dia 5.02.2010)

2.1 Prototipagem rápida

O processo de prototipagem rápida² corresponde a um sistema de produção e saída da peça física gerada via CAD. Segundo (SILVA, et al. 2004) há dois estágios diferentes: prototipagem virtual (modelagem e simulação) e processo físico (fabricação). O estágio virtual corresponde ao desenho do modelo que pode ser submetido a experimentos sem mesmo ter sido produzido fisicamente, como testes de resistência de material ou vibrações. No segundo estágio, o modelo é construído seguindo o paradigma de criação em camadas. Inicialmente o modelo 3D é decomposto em camadas e cada um destes seguimentos é confeccionado por adição de material, ao contrário de processos de desbastamento, como a usinagem de uma peça.

Por ser uma área estratégica para a indústria, existe muita pesquisa envolvida para elaboração de novos processos e uso de materiais em PR. Abaixo segue uma breve descrição dos principais processos utilizados pelos artistas nesta pesquisa e na elaboração das obras apresentadas.

² PR daqui em diante

2.1.1 Estereolitografia (SLA)

Segundo (Prototipagem rápida: o que é, quem faz e por que utilizá-la., 2001) este foi o processo pioneiro da prototipagem rápida, patenteado em 1986. Trata-se da construção de objetos a partir de polímeros líquidos que são fotossensíveis. Utilizando radiação ultravioleta, camadas do modelo são solidificadas sucessivamente dentro de um recipiente que contém a resina epóxi ou acrílica em estado líquido. Posteriormente o modelo é retirado do banho e colocado em um ambiente onde recebe mais radiação para uma cura completa.

2.1.2 Sinterização seletiva a laser (SLS)

Neste processo um raio laser funde seletivamente materiais pulverulentos como metais e náilon. Uma plataforma é preenchida pelo material termo fundível que é planejado com a ajuda de um rolo. Um feixe de laser de CO₂ traça a primeira camada em sentido perpendicular à plataforma, que é então abaixada para o processo recomeçar e traçar a próxima camada. O pó em excesso serve de suporte para a peça, que posteriormente é retirado facilmente com ar comprimido ou como o uso de pincéis secos. Caso um objeto sólido não seja projetado com furos, o pó fica retido dentro do modelo final.

2.1.3 Modelagem por deposição de material fundido (FDM)

Filamentos de resina termoplástica são aquecidos e extrudados a partir de uma ponta controlada por computador (como uma biscoiteira). O processo é realizado de baixo para cima, edificando o modelo. Embora o material tenha uma rápida solidificação, pode existir a necessidade de criar suportes para sustentar a peça enquanto a mesma está sendo fabricada. Posteriormente estes suportes são dissolvidos.

2.1.4 Manufatura de objetos em lâminas (LOM)

Este processo utiliza folhas de material, como papel ou tecido, enrolados em bobinas laterais à plataforma onde ocorre o corte. Através de sucessivas sobreposições de folhas que são cortadas e coladas através com o uso de adesivos ou aquecimento do material, o modelo é formado.

2.1.5 Distinções de uso

É interessante notar que os processos diferem entre si em muitos atributos. A tabela (resumida) abaixo compara os processos.

Processo	<u>SLA</u>	<u>SLS</u>	<u>FDM</u>	<u>LOM</u>
<u>Precisão</u>	excelente	boa	regular	baixa
<u>Resistência</u>	boa	excelente	boa	boa
<u>Variedade de materiais</u>	pequena	grande	pequena	pequena
<u>Custo</u>	alto	alto	médio	baixo

Tabela 1 – (SILVA, et al. 2004) comparação entre as tecnologias de PR mais usadas atualmente

2.1.6 Vantagens materiais do uso computacional em Arte

O ambiente virtual permite o uso de ferramentas leves e com apoio de cálculo computado automaticamente. Isto quer dizer que podemos, por exemplo, cortar uma esfera a 2/3 de sua altura com precisão e sem esforço para serrar o material. Há possibilidade do uso de simulações e cálculos para sintetizarmos luz, sombras e perspectivas, que já não são mais conduzidas por uma mínima habilidade ou subjetividade da parte do artista, mas sim por um resultado matematicamente preciso e fisicamente correto. Objetos virtuais podem ser multiplicados infinitamente e materiais (vidro, lã, jade, metais, etc.) trocados rapidamente e sem relação de custo direto. Podemos assim obter uma rápida visualização de inúmeras permutações de possíveis resultados.

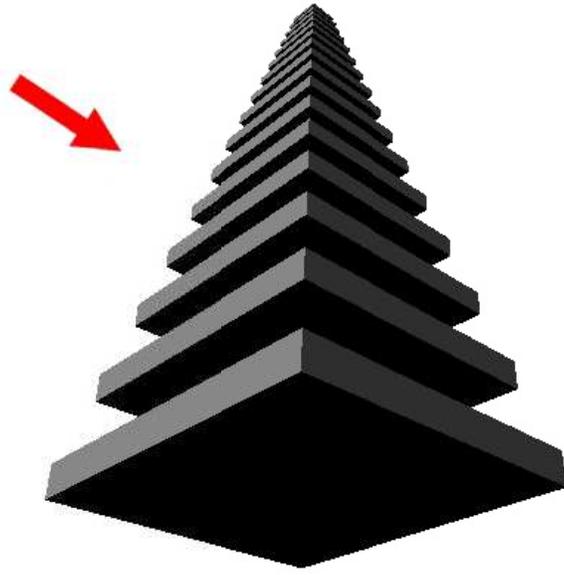


Fig. 1 – COSER, T. Modelo feito em 3D, para ajudar na criação de perspectiva e simulação de luminosidade criando uma luz chave (seta vermelha).



Fig. 2 – COSER, T. Mudança de materiais de um modelo de meu próprio rosto, obtido através de tomografia computadorizada (ver item 4.4).



Fig. 3 – COSER, T. Síntese de imagem (*rendering*) de nuvens virtuais e o comportamento do espalhamento da luz através de uma fonte luminosa posta atrás da massa.

O uso computacional de simulações virtuais como fluídos, colisões ou comportamento de materiais abre um campo novo para uma possibilidade criativa de uso. As figuras abaixo demonstram duas aplicações interessantes.

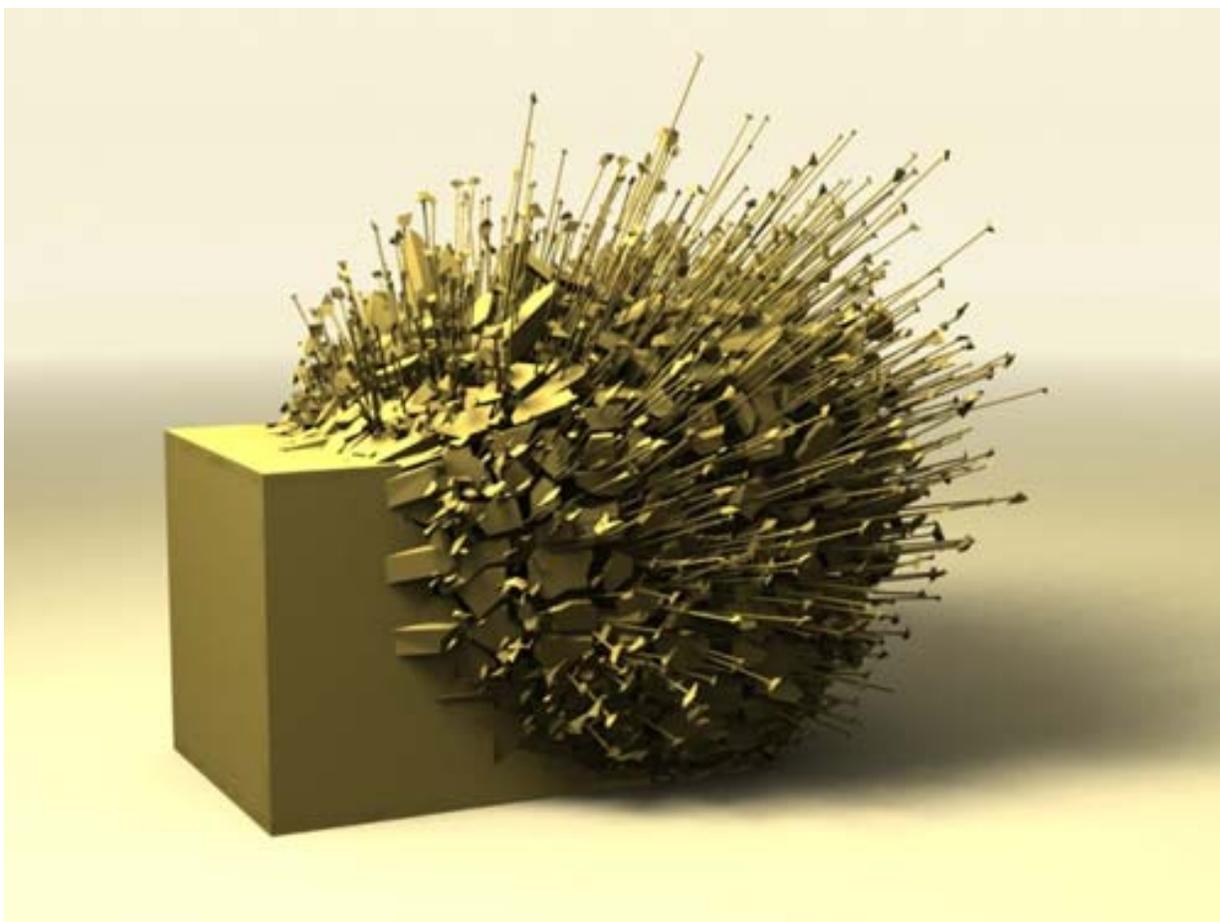


Fig. 4 – GEVER, Eyal. *Blast 2 Frame 10*. Congelando o momento de uma explosão de um paralelepípedo, o autor conecta os pedaços desintegrados automaticamente produzindo suportes que armazenam informações das trajetórias dos destroços e que permitem a prototipagem da peça. Fonte: <http://en.red-dot.org/2234.html> (acessado dia 10.10.2009).

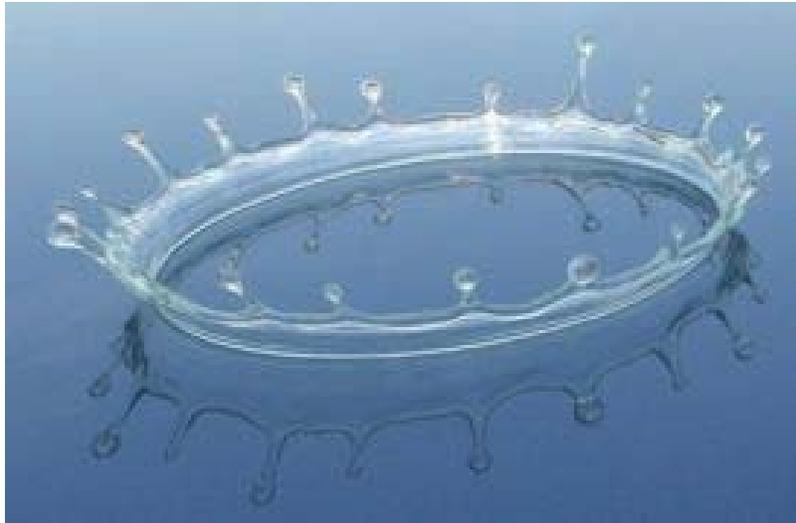


Fig. 5 – Segundo o site listado, esta coroa d'água foi simulada virtualmente e depois criada pelo processo de estereolitografia (SLS) para a princesa Maxima da Holanda. Este tipo de congelamento de simulação foi muito explorado em outras áreas, como na fotografia (abaixo).

Fonte: <http://www.rp4baghdad.org/technology.php?tech=1> (acessado dia 01.04.2007).



Fig. 6 - Dr. Harold Edgerton. *Milkdrop Coronet*. Fotografia (C-type), 45 x 34.5 cm, 1957.

3 Seleção de artistas que utilizam PR

Esta seção apresenta um circunstanciamento de artistas que trabalham com prototipagem rápida, mapeados através da Internet. A seleção levou em conta o pioneirismo das propostas e sua relevância técnica e poética. Para cada artista há um link de uma página da internet para permitir analisar outras obras e aplicações, além de uma descrição de motivações poéticas e intencionalidades técnicas, contendo fotos dos trabalhos dos mesmos. Para este levantamento, as seguintes palavras-chaves foram sugeridas em diversos sistemas de buscas como o *google*, *bing!* ou *flickr*: *3D sculpture*, *Rapid Prototype and art*, *computer art*, *rapid manufacturing sculpture*.

É importante notar que muitos artistas são encontrados através de exposições coletivas de arte telemática e/ou computacional. Um dos principais motivos da relevância destes sites coletivos é por conta do experimentalismo no qual se encontra grande parte dos artistas que investigam o uso artístico desta tecnologia, resultando, em muitos casos, uma produção de poucas peças que contém questões teóricas e estéticas pontuais. O tamanho das peças, quase sempre em menor escala (comparado com esculturas mais tradicionais), também é um fator que ajuda a aglomerar produções de artistas diferentes sobre a ótica do uso tecnológico.

3.1 Bathsheba Grossman ³

Um dos nomes mais recorrentes na Internet entre os artistas que trabalham com PR e relações de arte e matemática. A artista também possui trabalhos com impressão em cristais de vidro e sua temática varia entre formas geométricas e estruturas encontradas na natureza como moléculas e galáxias.

A imagem da escultura abaixo (retirada da seção de compra no site da artista, custa U\$490) é de uma obra clássica segundo ela mesma. Trata-se de um tetraedro duplo e retorcido que pertence a uma mesma série ou família, definida por suas propriedades topológicas.



fig. 7 – GROSSMAN, Bathsheba. *Ora*. Impressão em metal, 4" diâmetro

³ www.bathshebagrossman.com (acessado dia 20.10.2009)

3.2 George W. Hart ⁴

Outro nome chave entre os criadores de objetos geométricos com PR. No site pessoal do artista ele se auto define como *escultor interdisciplinar, matemático, engenheiro, escritor, cientista computacional e educador*. Seus objetos são quase que exclusivamente formas modulares ou geométricas descritas com precisão matemática, em geral utilizando-se de linguagem de programação. Na sua página podemos encontrar um vasto material de pesquisa como: algoritmos generativos, esculturas em outros materiais, uma enciclopédia de poliedros e até alguns de seus poliedros transformados em *puzzles*. É interessante notar que o autor disponibiliza os arquivos dos modelos, possibilitando a impressão 3D dos mesmos por terceiros. O poliedro abaixo foi descrito pelo matemático Michael Goldberg em um artigo de 1937. Possui 972 faces, 12 pentágonos e 960 hexágonos. Seu modelo foi obtido no site e impresso durante a pesquisa.

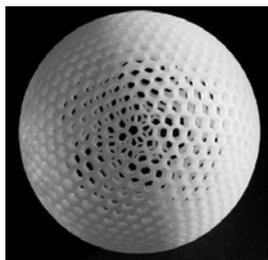


fig. 8 – GOLDBERG, Michael. Poliedro impresso por George W. Hart. Impressão em nylon, 5” diâmetro.

⁴ <http://www.georgehart.com/rp> (acessado dia 20.10.2009)

3.3 Geoffrey Man ⁵

Possui trabalhos em RP que descrevem o trajeto de animais como pássaros ou mariposas, sintetizados em um objeto único, criando formas orgânicas e complexas. A figura abaixo representa o voo de uma mariposa em torno de uma lâmpada.



fig. 9 – MAN, Geoffrey. *Nocturne moth*. Nylon, SLS, LED, dimensões variáveis, 2009

⁵ <http://www.mrmann.co.uk/> (acessado dia 02.01.2010)

3.4 Keith Brown ⁶

Cria esculturas em RP com ênfase na exploração de formas. A imagem abaixo mostra a primeira experiência dele com FDM, criada a partir de adição de círculos e cilindros. Segundo o próprio artista, é necessário pensar a obra como uma modificação das instâncias criadas pela interação do *software* e do *hardware* utilizados. Mesmo criando um movimento dinâmico na peça, a mesma aparenta uma tranqüilidade e leveza, própria do ambiente virtual e sem peso no qual ela foi criada.



fig. 10 – BROWN, KEITH. *Shoal*. ABS, FDM, 26 x 20 x 18 cm, 2008

⁶ <http://www.sculpture.org.uk/portfolio/KeithBrown/> (acessado dia 01.1.2010)

3.5 Peter Jansen ⁷

Possui esculturas constituídas de figuras humanas com a periodicidade de seus movimentos congelados em um corpo único, lembrando as fotos de Muybridge (Fig. 69) e Étienne-Jules Marey ou trabalhos com carga futurista como o *Nu descendo a escada* de Duchamp (Fig. 76). A obra abaixo custa 13500 euros no site do artista.



fig. 11 – JANSEN, Peter. *Runner*. Polyamide, 21 x 64 x 56 cm, 2007.

⁷ <http://humanmotions.com/> (acessado dia 09.02.2009)

3.6 Robert Michael Smith ⁸

Artista multimeios com produção de esculturas em vários tamanhos e materiais como bronze, mármore e madeira. Possui trabalhos com animação 3D, projetos de realidade virtual, estereoscopia, prototipagem rápida e CNC. Sua produção de prototipagem rápida tem como eixo desenvolvimento de formas orgânicas, além de utilizar recursos de duplicação especial (ver Fig. 30), criando configurações como a da imagem abaixo.



fig. 12 – SMITH, R. M. *Paradise Bird Burlesque*, SLS, s/d.

⁸ <http://iris.nyit.edu/~rsmith/>

3.7 Mary Bates Neubauer ⁹

Escultora que trabalha com diversos materiais como cerâmica e fundição, explora a criação de formas que são formadas inicialmente por desenhos à lápis. Apresentou a obra abaixo em uma galeria coletiva de esculturas digitais. Trata-se de um objeto criado a partir de capturas de seqüências de imagens da lua se pondo e nascendo na cidade norte americana de Phoenix – AZ durante um mês. Posteriormente os dados obtidos foram interpretados via CAD e transformados em um único objeto.



fig. 13 – NEUBAUER, M. B. *Moonrise and Moonset*, SLS, 2005.

⁹ <http://www.public.asu.edu/~mbates/>

3.8 Rinus Roelofs ¹⁰

Formado em matemática aplicada e posteriormente em Artes, suas esculturas apresentam formas ligadas diretamente a conceitos matemáticos como a imagem abaixo, que representa um *torus* de *Möbius*, no qual, seguindo uma das bordas, descobre-se que existe apenas uma cavidade na estrutura.



fig. 14 – ROELOFS, Rinus. *Möbius Torus (1)*, escultura virtual. s/d.

¹⁰ <http://www.rinusroelofs.nl/pr-rp-models/rp-models-00.html>

3.9 Stewart Dickson ¹¹

Um artigo publicado em 2000 chamado *Pioneering Prototypes* (DOYLE, 2000) descreve utilizações de ponta com prototipagem rápida. Stewart Dickson aparece como um dos representantes com a obra *Trefoil Umbilical Torus*, criada em 1989. Uma versão mais recente foi criada no mesmo ano do artigo. A textura do objeto é parametricamente criada ao longo do modelo, o que não distorce as escamas de cobra que revestem o torus retorcido. A escolha da textura de cobra não é por acaso, criando uma referência figurativa e não puramente abstrata de um modelo geométrico.

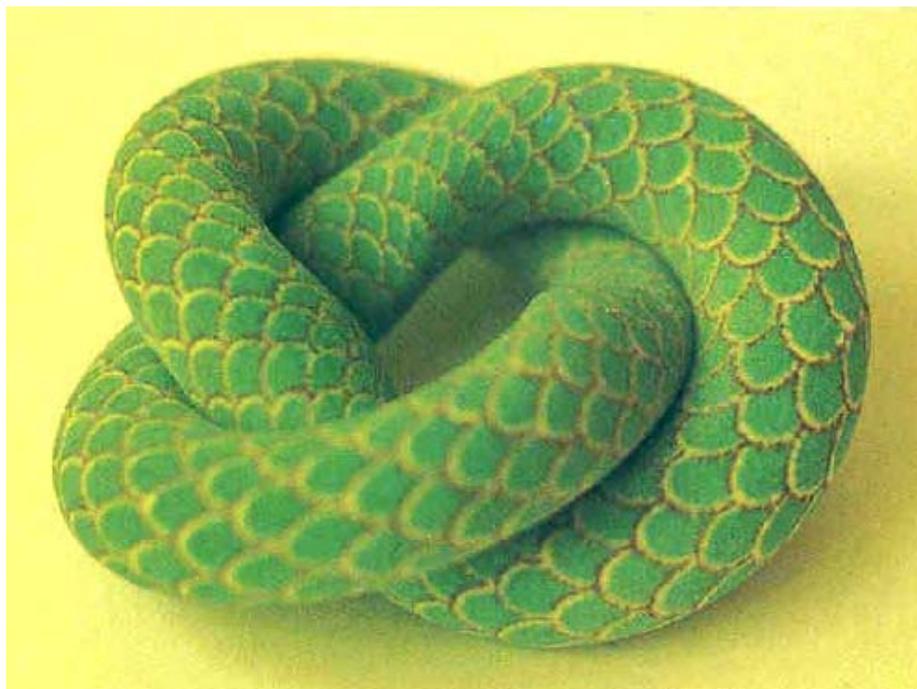


fig. 15 – DICKSON, STEWART. *Green Snake*, SLA, 1.5" x 4" x 4", 2000

11 http://emsh.calarts.edu/~mathart/portfolio/SPD_portfolio_summary.html

3.10 Elona Van Gent ¹²

Grande parte da criação desta artista tem como proposta a criação de monstros e hibridismos de formas, sempre figurativas. Alguns de seus objetos têm como fundamentação bestirários ou textos literários, como rearranjos de partes do corpo descritas por Plínio em sua *História Natural* referente às raças de monstros existentes.



fig. 16 – GENT, E. V. *Anesthetic*. LOM, papel, 28.5 x 16 x 8.5", 2003

12 <http://www.elonavangent.com/>

3.11 Michael LaForte ¹³

LaForte utiliza o processos de estereolitografia (SLA) para construir suas esculturas digitais em resina. Sua proposta é reconstruir objetos do cotidiano e inserí-los novamente no espaço, mudando sua ontologia. Podemos traçar uma influência da Arte Pop e do Dada, questionando o que é real. Segundo o próprio artista: *a intenção do meu trabalho é deslizar para a quase invisibilidade da galeria de exibição. O trabalho levanta questões de (in)tangibilidade do espaço e do objeto funcional na nossa cultura do virtual.*¹⁴



fig. 17 – LAFORTE, Michael. *Able*. SLA, resina. 5.25 x 8.25 x 18", 2002.

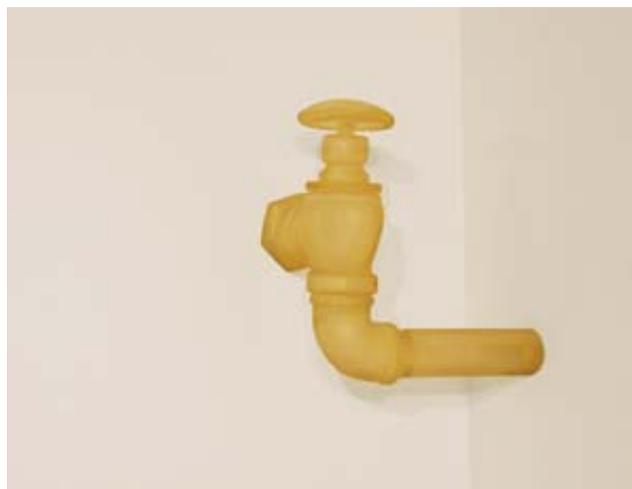


fig. 18 - LAFORTE, Michael. *Excerpt*. SLA, resina, 3 x 6 x 6", 2001.

¹³ <http://www.michaelaforte.com/>

¹⁴ <http://bostoncyberarts.org/mindmatter/laforte.html> (acessado dia 10.10.2009)

3.12 Laurita Salles ¹⁵

Artista pioneira do uso de PR em Arte no Brasil. Suas obras tratam de um equilíbrio precário, onde o centro de gravidade é desafiado em seu limite pelas curvas dos "cones disformes" que constituem cada peça da obra. Juntas, formam um conjunto de curvas em desencontro tênue.

Segundo a própria artista: *o trânsito entre matéria e informação deu origem a muitas das esculturas expostas utilizando-se de "ferramentas de desenho de inteligência", onde "cálculos algorítmicos" disponíveis como instrumentos de desenho possibilitam a realização de formas matematicamente calculadas e vigentes na matéria. Temos uma escultura que revela a ambigüidade de objetos complexos onde código, informação e matéria estão entrelaçados.*

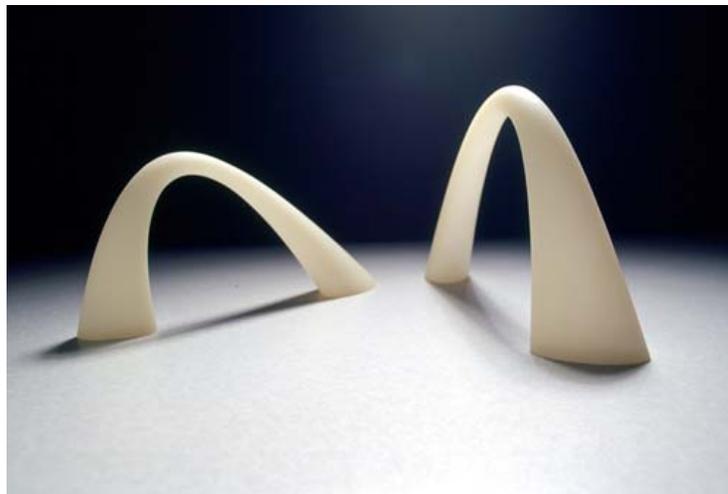


fig. 19 – SALLES, Laurita. *Sem título*. SLS, 10 cm x 30 cm x 20 cm, 2003.

15 http://www.cimject.ufsc.br/servicos/Cases/02_57USP18JULHO2003.htm

3.13 Michael Rees

As esculturas de Michael Rees derivam de suas animações, que são tanto trabalhos concluídos em si quanto parte de um processo criativo. Assim como Rodin escolheu um momento na vida de Balzac para representá-lo, Rees escolhe um momento de sua animação e congela o movimento e a pose, solidificando um instante de um todo em uma escultura.

As formas são criadas a partir de modelagem 3D e depois é criado um esqueleto na criatura (*rigging*) que combina o modelo com um sistema de animação por quadros-chave. Com isto é possível obter vídeos animados ou exportar um momento da animação para o mundo físico através de impressão 3D. Em suas exposições, Rees apresenta, em geral, o conjunto das animações e esculturas.



fig. 20 – REES, Michael. *Putto8 2.2.2.2*. Impressão 3D, resina preenchida com gesso, pintura metálica. 15.5x22x17", 2003.



fig. 21 – REES, Michael. Instalação com animação. A imagem acima mostra uma montagem de uma obra do artista. A escultura física ganha virtualmente movimento quando comparamos com sua animação exibida na tela. Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=C5efP7LKlmc> (acessado dia 01.01.2010).

3.14 Dan Collins ¹⁶

Dan Collins tem focado sua pesquisa com avanços técnicos no campo de imagens digitais 3D em conjunto com utilização em Arte. Seu trabalho envolve uso de scanners 3D, sistemas médicos de visualização, CNC e prototipagem rápida. Segundo o artista, o propósito destas ferramentas é entender melhor os modelos de representação da forma. Seus trabalhos atuais envolvem captura de dados e

¹⁶ <http://www.asu.edu/cfa/art/people/faculty/collins/>

distorção dos mesmos, atuando *no vão entre o espaço virtual do computador e a tangibilidade da escultura física*, segundo suas próprias palavras.

Na obra *The Cult of Touch* uma mão é alongada digitalmente, fazendo referência aos trabalhos expressionistas de Alberto Giacometti. Um microscópio em escala reduzida é colocado na palma da mão, referindo-se à maneira de olhar e ao mesmo tempo à noção de escala. A obra foi escaneada a partir de um modelo de gesso e depois sua largura e profundidade foram reduzidas, dando a noção de esticamento. Segundo a proposta original, a peça foi feita para ser presa na parede.

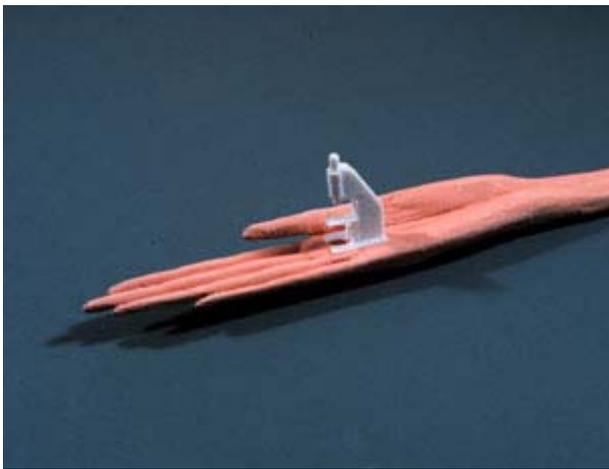


fig. 22 – COLLINS, Dan. *The Cult of Touch*. Uretano.
1999



fig. 23 - COLLINS, Dan. *Twister*. Resina poliéster sobre uretano cortado com CNC. 96" x 30" x 30" , , 2003

3.15 James Stewart

Há pouca informação disponível sobre este artista, embora ele tenha participado duas vezes da mostra on-line *telesculpture* (ver item 3.16). A obra abaixo representa peças separadas que juntas formam uma flor mecânica. Ao girar manualmente uma manivela, a peça desabrocha.

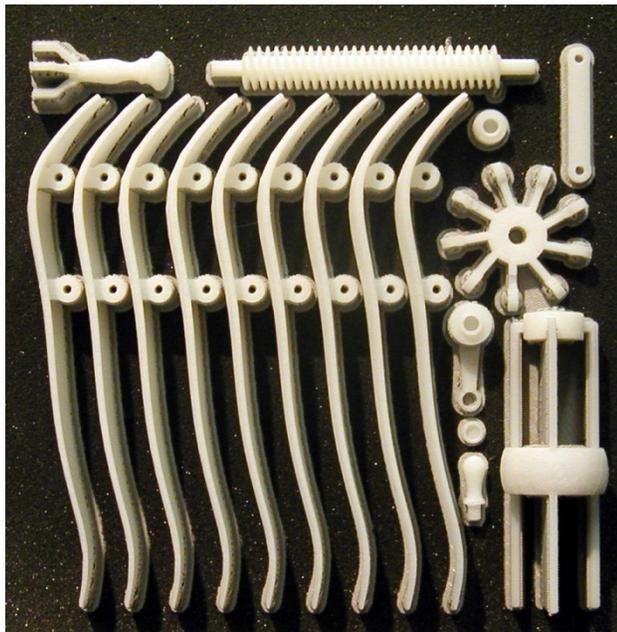


fig. 24 – STEWART, James. *Mechanical Flower*. Sem dados, 2003.

3.16 Coletâneas

Como dito no item 3, muitos artistas são encontrados através de coletâneas, simpósios e mostras esporádicas de arte via PR. Abaixo há uma lista de galerias virtuais que contêm os artistas aqui mapeados além de outros. Todos os sites listados foram acessados no dia 12.01.2010.

<http://artandtech.osu.edu/dirlweb/links.htm>

<http://www.virtualtangible.com/>

<http://digital-stone.net/e-form/>

<http://telesculpture.prism.asu.edu/>

<http://www.bostoncyberarts.org/mindmatter/artists.html>

<http://www.rpsculpture.org/>

<http://www.arsmathematica.org/sculptmaths2007/sculptmath-expo.html>

<http://www.sculpture.org/>

<http://www.computersculpture.com/>

3.17 Modos de exhibir

Como visto no item 3, muitos artistas são encontrados em exposições coletivas ou mostras internacionais realizadas em galerias virtuais. É interessante notar como são organizadas estas exposições. Geralmente pela característica marcante de necessitar de conceitos para a criação de obras via PR (exatamente pelo domínio técnico), a produção dos artistas demonstra, em geral, a realização de um projeto bem delimitado, ocasionando a criação efetiva de conjuntos com poucas peças. Acentuado pelo custo relativamente alto do material e da fabricação, as obras, em geral, são de escala reduzida, necessitando de estratégias especiais para a exibição das produções.

Devido ao próprio meio multimídia no qual são geradas as obras, existe um grande material produzido que não necessariamente é confeccionado em PR (ver capítulo 0). Dentre estas estratégias destacam-se apresentação de trabalhos em PR junto com imagens de síntese (Fig. 26) ou com outros aspectos como mídias de animação ou filmes (fig. 21).



Fig. 25 – MANN, Geoffrey.



Fig. 26 – NEUBAUER, M. B.



Fig. 27 – Exemplo de exposição coletiva. Fonte: <http://digital-stone.net/e-form/> (acessado dia 14.01.2010).



Fig. 28 – REES, Michael.



Fig. 29 - Após a criação do primeiro protótipo pessoal, o mesmo foi exposto na galeria de arte da Unicamp, na mostra dos alunos formandos de 2005, durante o período de 22 de novembro a 20 de dezembro de 2005. O objeto foi pendurado por um fio de nylon, com uma explicação do processo ao lado.

4 Produção pessoal

Esta seção apresenta a parte prática da pesquisa, na qual realizei experimentos e criação de obras através do uso de técnicas diversas. Inicialmente o foco da produção concentrava-se no uso de PR, porém outras produções derivaram a partir do uso CAD, sendo que a saída de algumas obras foi realizada apenas como síntese de imagens ou esculturas de papel com a técnica de *papercraft* (ver item 6.3).

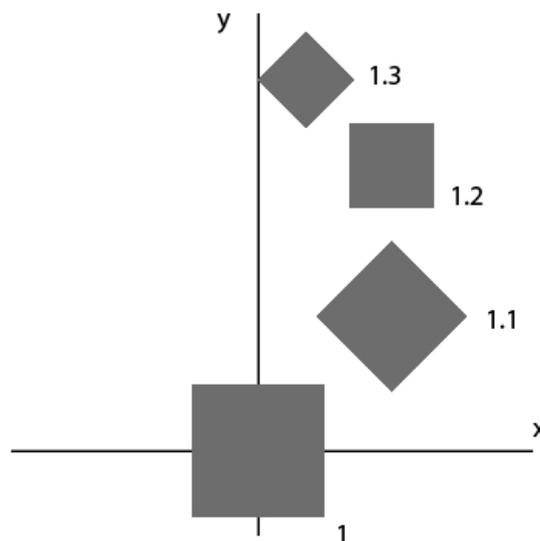
4.1 Primeiro protótipo

O primeiro protótipo (Fig. 32) foi realizado em 2006. Sua forma cilíndrica de 8 cm de altura por 6 cm de diâmetro foi composta a partir de vários métodos de construção até atingir um método claro de como desenhá-lo. Na época havia necessidade de domínio de técnicas de modelagem virtual. A primeira aproximação para a obtenção do modelo 3D ocorreu através do empilhamento de cilindros com 0,1 cm de espessura e com 0,1 cm de espaço vazio entre cada um, duplicados e posicionados manualmente seguindo uma grade milimetrada. Este valor das camadas foi escolhido por lidar com os limites da máquina, que

consegue trabalhar com camadas ainda mais finas. Porém o material torna-se altamente quebradiço e com baixa capacidade estrutural ¹⁷.

Esta primeira aproximação manual fez com que os cilindros não ficassem distribuídos precisamente, maquinaalmente, perdendo, inclusive, o caráter e sentido de uma obra com viés conceitual, na qual o aspecto de execução da obra vem em segundo plano. Como afirma Paul Wood (WOOD, 2004) “a arte [conceitual] está na idéia e se ela fosse fisicamente realizada não deveria ser pela mão do artista”.

Isto levou a descoberta de ferramentas CAD de duplicação especial (Fig. 30), na qual um objeto é duplicado automaticamente n vezes, segundo parametrizações somatórias ou multiplicatórias de translação, rotação ou escalonamento.



¹⁷ Isto não impediu que as camadas da peça entornassem com o tempo, tanto pela espessura das camadas, como pela própria natureza do material e também por uma discreta imprecisão da máquina.

Fig. 30 - A imagem ilustra o duplicação especial de um cubo (1) de 5 cm de altura em 3 instâncias (1.1, 1.2 e 1.3) que são escalonadas em 20 % do valor original, rotacionadas 45 ° e transladadas em 5 cm no eixo x e no eixo y.

Entretanto, a técnica final utilizada foi gerar o sólido por revolução. Um desenho de perfil da peça foi criado e posteriormente rotacionado 360 ° no eixo Y do plano cartesiano. Para a sustentação das camadas, uma estrutura central foi colocada de maneira a interligar o conjunto todo.

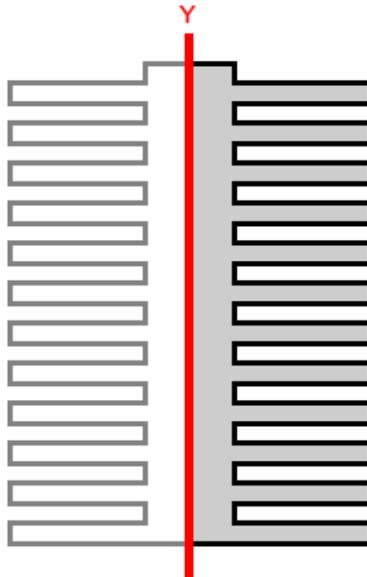


Fig. 31 – Esquema do desenho utilizado para a criação do primeiro modelo.

Devido ao tipo de construção desta peça, podemos traçar dois paralelos principais. Um com a produção de arte conceitual e a outra com op arte. No plano de realização da obra houve uma tentativa de concretizar uma idéia de maneira

que a produção física da obra não dependesse da habilidade do artista, mas “escoasse” de maneira automatizada com o uso de PR. O uso de repetição de formas acentua uma estratégia de racionalização. Este mesmo desenho permite o surgimento de um efeito óptico na peça, pois um observador só consegue ver uma parte do cilindro central da peça, sendo necessário se deslocar (ou mover a obra), criando uma configuração de percepção através do movimento (Fig. 33).



Fig. 32 – COSER, T. *Protótipo nº 1*. SLS, nylon, Ø 6 x 8 cm

2006.

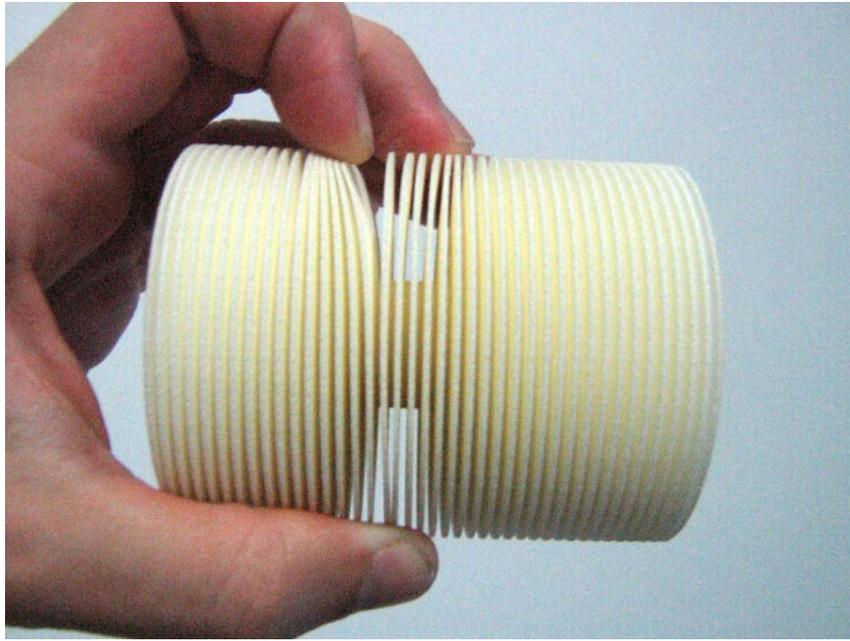


Fig. 33 – Detalhe da flexibilidade do primeiro modelo e seu efeito óptico.

4.2 Segundo protótipo

Esta peça (Fig. 37) foi criada também com a idéia de utilizar camadas, agora com 0,2 cm de espessura, empilhadas com um espaçamento de igual valor (0,2 cm). Apenas um tarugo de 0,1 cm de espessura serviu de coluna de sustentação da peça. O resultado final se mostrou extremamente flexível, podendo-se torcer e envergar a peça. É interessante notarmos que em obras minimais e conceituais, como no caso da obra *Six Mile Bottom* de Frank Stella (Fig. 34) o uso de abstração e repetição das linhas reforça uma literalidade da composição e intenção de neutralidade artística. No caso de Stella, quando ele passa a utilizar tintas mais artificiais como tintas metálicas, o lado da manufatura da obra é rebaixado, realçando novamente o caráter conceitual.

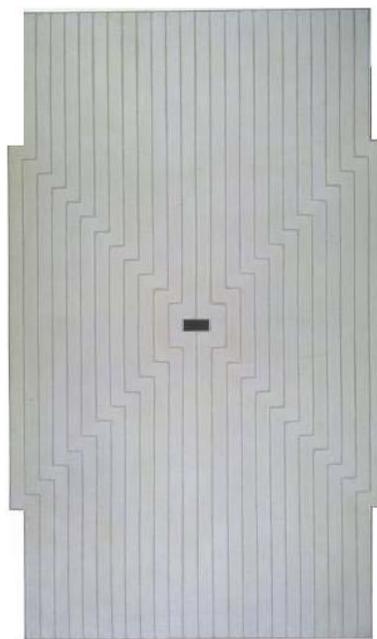


Fig. 34 – STELLA, Frank. *Six Mile Bottom*. Tinta metálica sobre tela. 300 x 182 cm, 1960.

Esta pequena peça acaba por se tornar uma espécie de maquete de uma obra maior. A comparação com uma escultura de Donald Judd é inevitável (Fig. 36). É importante ressaltar que o lado de construção da peça é feita por um pensamento positivo, ao contrário de outra peça que se assemelha formalmente, mas que envolve o lado negativo de construção (Fig. 35). Nesta obra de Serra, uma placa a mais de metal faz a escultura desmoronar (KRAUSS, 1998), o que estabelece um critério desconstrutivo de pensamento. Em contraposto com o segundo protótipo, no qual o planejamento se assemelha com o resultado final, nesta obra negativa há uma abertura para o comportamento da estrutura (e o acaso), sendo que o valor da obra se estabelece exatamente por esse limite de estabilidade.



Fig. 35. SERRA, Richard. *Placas de Aço Empilhadas*, 1969.



Fig. 36 - JUDD, Donald. *Sem título*. Ferro galvanizado, 22,8 cm x 101,6 cm x 78,7 cm, 1968.



Fig. 37 – COSER, T. *Segundo protótipo*. SLS, Nylon, 2 x 2 x 12 cm, 2006.

4.3 Terceiro protótipo – Primeira série

Após a criação dos dois primeiros modelos houve uma tentativa de fechamento de uma pequena série (Fig. 38). Entretanto o terceiro modelo aparentava ser apenas um desdobramento das peças já criadas. Apesar de não ter sido confeccionado fisicamente, ele serviu para a criação de um esquema visual (Fig. 39) que resumia o pensamento que gravitava neste momento da produção.

A idéia principal da repetição de camadas dialogava com o paradigma de construção da máquina, mas também favorecia, como dito na página (52), um pensamento artístico com viés conceitual. Entretanto, como observa P. Wood (WOOD, 2004) esta estratégia de racionalização é muito mais mística e artística do que logicamente científica.

Dentro das camadas haveria uma forma, inclusive obrigatória para a própria sustentação da peça. É interessante notar a aproximação do esquema visual criado com uma obra de op art, como, por exemplo, de Vasarely (Fig. 40). A forma interna citada acima não precisa ser literal, mas pode ser virtual, estar em potência. Existe sempre um conflito de forças internas e visuais em qualquer obra (ARNHEIM, 2004), mas o mesmo pode ser potencializado e explorado ao máximo de efeito como na arte óptica. Em suma, o quadrado central do conceito visual, é virtual.

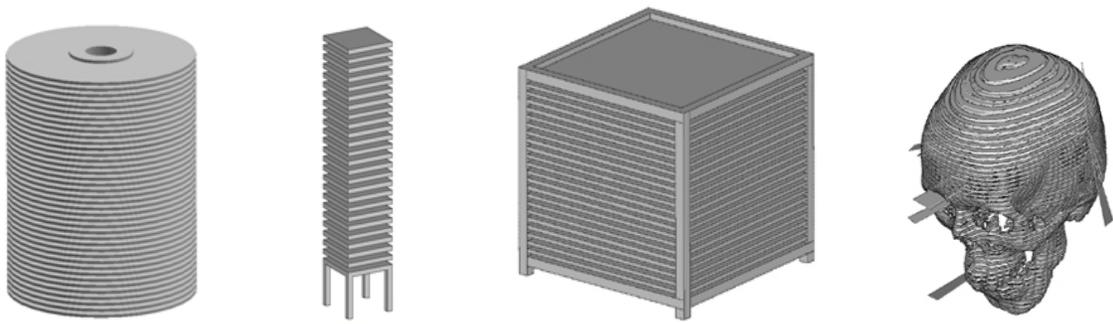


Fig. 38 – COSER, T. Série de protótipos.

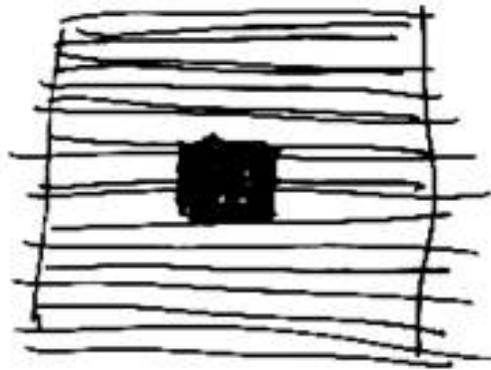


Fig. 39 - Conceito visual atingido

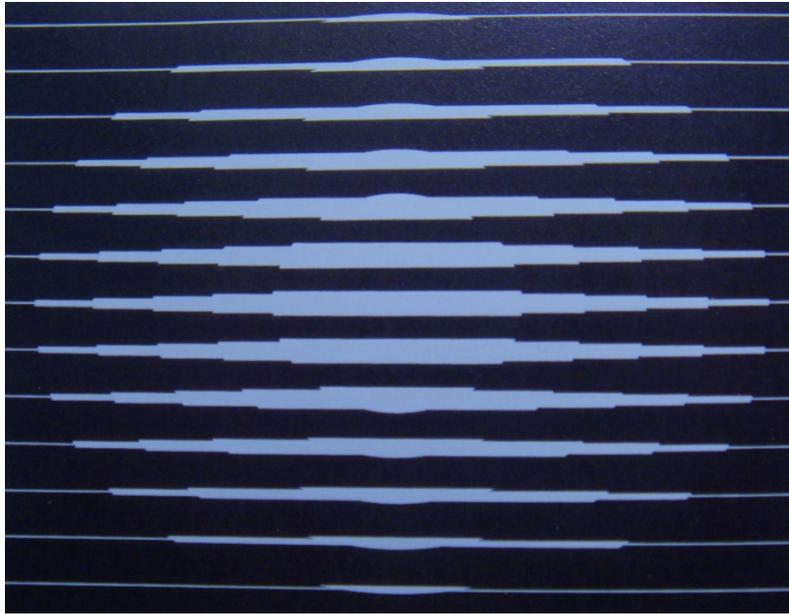


Fig. 40 – VASARELY, Victor. *Capella* (parte de cima).

4.4 Tomografia computadorizada

A última figura da série de protótipos (Fig. 38) é um crânio que obtive no Departamento Prototipagem Rápida na Medicina – PROMED¹⁸ do CTI em Campinas. O modelo foi fatiado virtualmente como experimento. Ocorreram problemas na malha do modelo, devido à implicação destes cortes via CAD, gerando uma imagem que lembra uma obra de arte *glitch*¹⁹, porém ela não foi explorada neste sentido de erro.

18 <http://www.cti.gov.br/promed/> (acessado dia 01.01.2010)

19 Arte que tira proveito de defeitos no processamento de dados e imagens

No dia 20 de setembro de 2006 obtive uma tomografia computadorizada do meu próprio rosto. A TC funciona com emissão de feixes de radiação x que atravessam o paciente e que mapearam a informação física contida no objeto através da diferença de tempo de partida e chegada da radiação, definindo nesta diferença o material atravessado (tecidos moles, ossos, músculos, etc). Obtem-se assim, camadas de imagens as quais, lidas corretamente por um *software*²⁰, montam um objeto tridimensional. Como no caso da fotografia, este tipo de obtenção de um modelo não passa por uma interpretação subjetiva de representação, mas possui um referente real a cada ponto mapeado. Através da manipulação destas fatias de imagens, pode-se parametrizar o que será visualizado na tela do computador e o que será impresso. O modelo final (Fig. 41) é formado por metade crânio e metade pele.

20 inVesalius - Software brasileiro gratuito



Fig. 41 – COSER, T. Protótipo nº 4. Tomografia Computadorizada e 3D Printer (gesso). Aprox. 6 x 6 x 4 cm 2008.

4.5 Esfera de parafusos

Nesta obra um parafuso foi baixado (obtida por *download*) de uma biblioteca de peças CAD da internet²¹ e depois o mesmo foi duplicado especialmente (Fig. 30) em torno de um eixo central. Esta biblioteca virtual, espaço de repositório e acúmulo virtual, se assemelha a um ferro velho moderno no qual artistas que se utilizam de conceitos de bricolagem para a criação de obras, como Man Ray (Fig. 72) ou Tinguely (Fig. 73) podem obter peças para criação de obras.

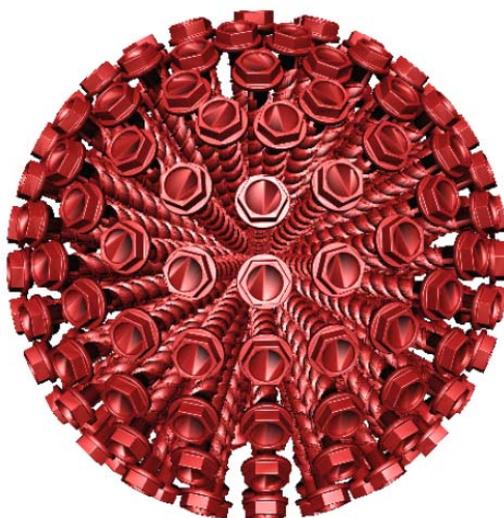


Fig. 42 – COSER, T. Desenho da *peça Esfera de Parafusos*.

²¹ Existem muitas disponíveis. Esta foi obtida no site

WWW.3dcontentcentral.com/3DContentCentral/ acessado dia (08.09.2008)



Fig. 43 – COSER, T. *Esfera de Parafusos*. SLS, Nylon, 2008.

Alguns aspectos são interessantes na obra como os paralelos com os *ready-mades* e as bricolagens dadaístas e surrealistas. Pela manipulação geométrica, ocorre o surgimento de efeitos visuais podemos fazer paralelismos também com a op art. Na imagem abaixo (Fig. 44) vemos que a distorção dos círculos cria um efeito de lupa, criando um centro abaulado na composição. Este efeito de perspectiva é causado de maneira efetiva na esfera de parafusos, exatamente por se constituir de um objeto real em três dimensões.

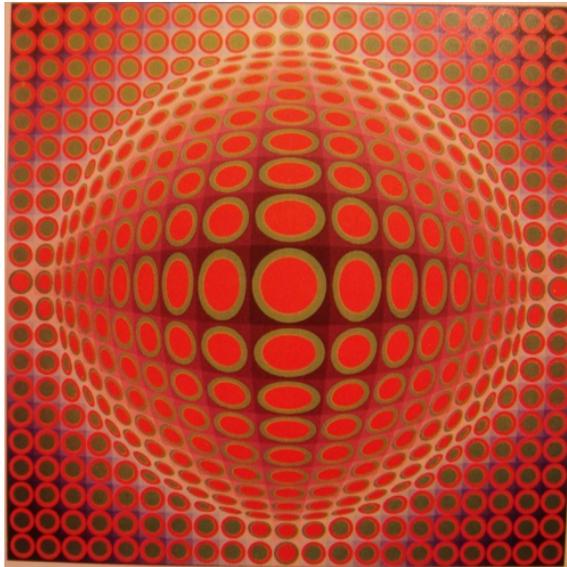


Fig. 44 – VASSARELY, Victor. *Vega Per*, 1969.

A criação deste tipo de peça constitui um novo uso do material disponível para artistas digitais, devido ao substrato utilizado (restos de peças virtuais). Pode-se reduzir a escala dos modelos, com tecnologias de nano prototipagem (Fig. 77) o que configura uma tendência de micro arte. Porém, o aumento da escala ocasiona uma nova disposição do objeto principalmente se comparado com a escala humana. As obras de Claes Oldenburg lidam com esta questão, em especial a ponte constituída de parafusos (Fig. 75). Este fator de escala e descoberta de novas medidas pode ser explorada navegando-se (inclusive dentro) das peças na tela do computador como mostra as imagens Fig. 49 e Fig. 61.

4.6 Peça de encaixe (sem título)

Esta peça constitui a primeira tentativa de prototipar um objeto através de modelagem orgânica. É constituída de duas partes, as quais se conectariam por um mecanismo de encaixe. Esta relação entre orgânico e inorgânico já vinha se constituindo desde a criação do quarto protótipo da primeira série (Fig. 38) devido a modelagem “quadrada” das primeiras peças. Esta dialética entre orgânico / inorgânico, além de estar presente no tipo de modelagem, já que são umas das catalogações que softwares de modelagem possuem é um dos substratos poéticos utilizado em algumas obras como na Fig. 59.

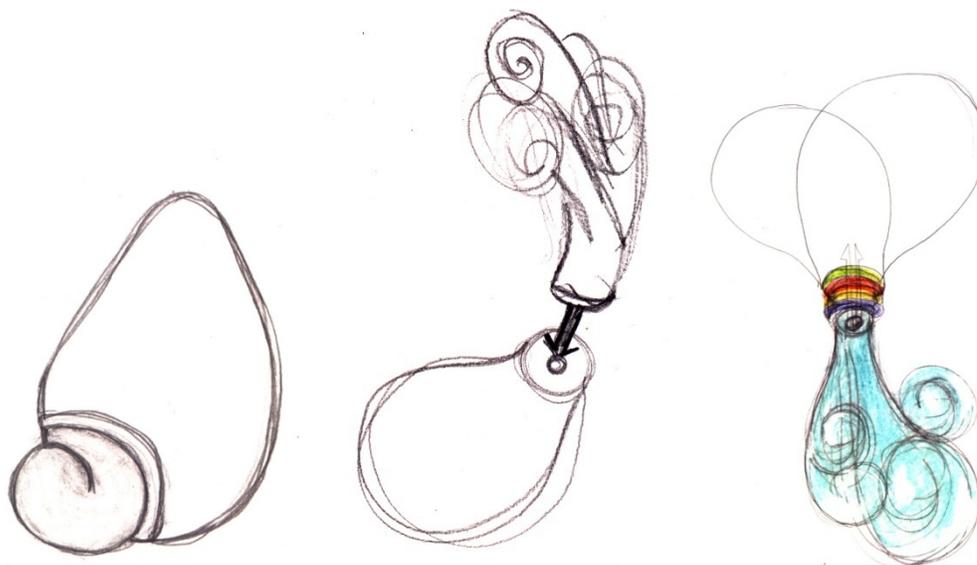


Fig. 45 – COSER, T. Desenhos para a peça de encaixe.

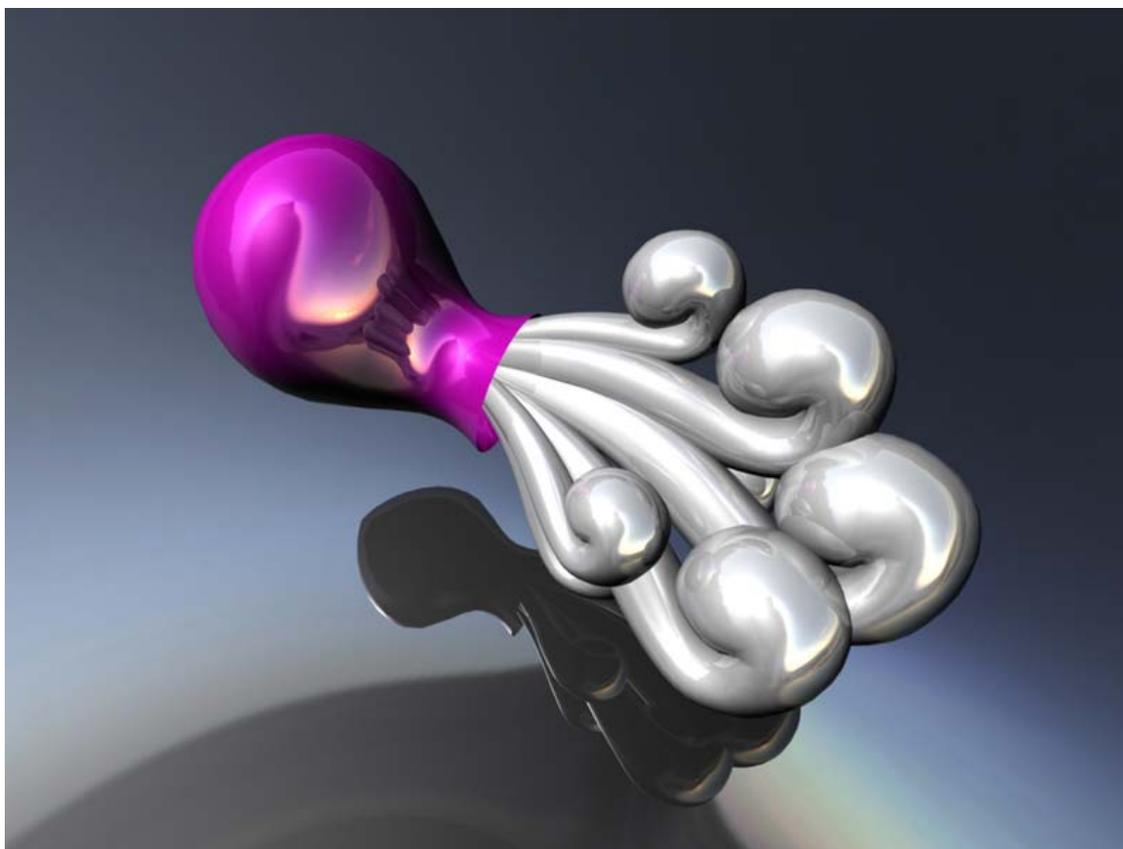


Fig. 46 – COSER, T. Síntese de imagem da peça a ser confeccionada.



Fig. 47 – COSER, T. *Sem título*. SLS, Nylon, 2009.

4.7 Cilindro leve

Esta peça é uma espécie de revisão do primeiro protótipo, tanto na forma, modelagem e na tentativa de atingir a maior economia de material possível. Através de técnica de modelagem por booleanas (Fig. 50) intersecções de camadas retiraram material da peça, formando uma obra vazada por listras. Apenas 4 finas listras dão suporte ao objeto, concretizando um ideal de leveza e economia na criação da obra. Durante a modelagem, pôde-se navegar virtualmente por dentro da peça, dando outras dimensões e criando novas configurações. Esta navegação foi explorada também no descobrimento de arquiteturas internas da malha de um pé de galinha escaneado (Fig. 61).



Fig. 48 – COSER, T. *Cilindro leve*. SLS, Nylon, 2009.

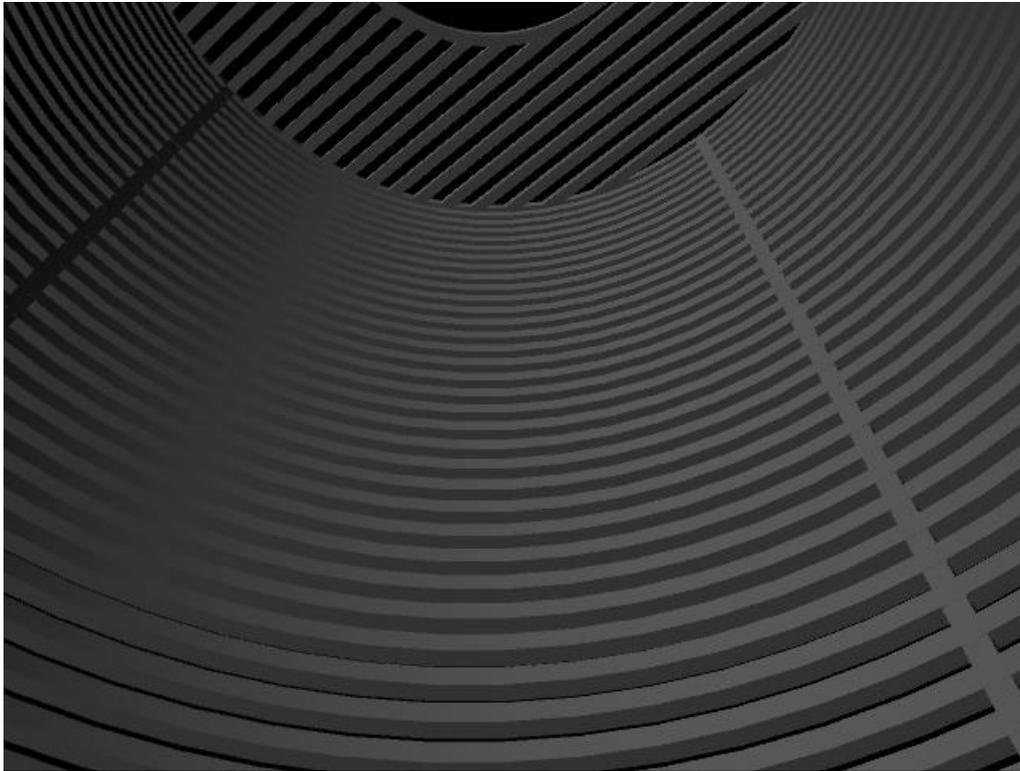


Fig. 49 – COSER, T. Vista interna da obra *Cilindro leve*.

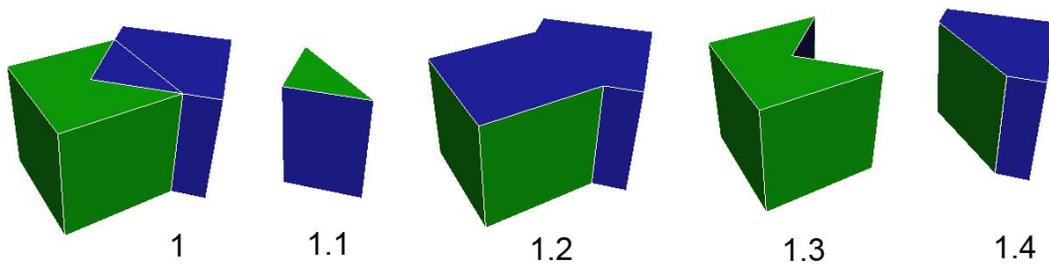


Fig. 50 – Exemplo de modelagem por operação booleana. A imagem da esquerda (1) representa dois cubos que se penetram. 1.1 representa a área de intersecção dos cubos. Em 1.2 foi aplicada a operação de união, só existe um objeto agora. 1.3 mostra o resultado da subtração do cubo azul no cubo verde e 1.4 a subtração do cubo verde no cubo azul.

5 Saída por imagens

A partir de determinado ponto da pesquisa, surgiu a necessidade de não produzir fisicamente alguma obra, sendo a saída e apresentação das mesmas apenas visual, gráfica. Algumas posturas poéticas puderam então ser tomadas, não mais visando ao objeto tridimensional, mas uma tridimensionalidade virtual.

5.1 Renderização da tomografia

A imagem abaixo constitui uma tentativa de dar um caráter semântico de desaparecimento (ou aparição) da tomografia obtida, fazendo paralelo com a própria materialização da PR utilizando pó como matéria prima.



Fig. 51 – COSER, T. Escultura virtual feita a partir de tomografia computadorizada. 2008.

Palavras-chave para esta obra seriam: morte, pó, máquina e desaparecimento. Traçando um paralelo entre máquina e desaparecimento do artista, podemos pensar no conceito de desaparecimento da aura da obra de arte através da reprodutibilidade da máquina (BENJAMIN, 1975) e consequentemente do próprio artista. A exemplo disso, a Fig. 52 mostra o trabalho da artista Keith Arnatt, a qual declarou:

“A referência contínua ao desaparecimento do objeto de arte trouxe a mim a sugestão do eventual desaparecimento do próprio artista”.

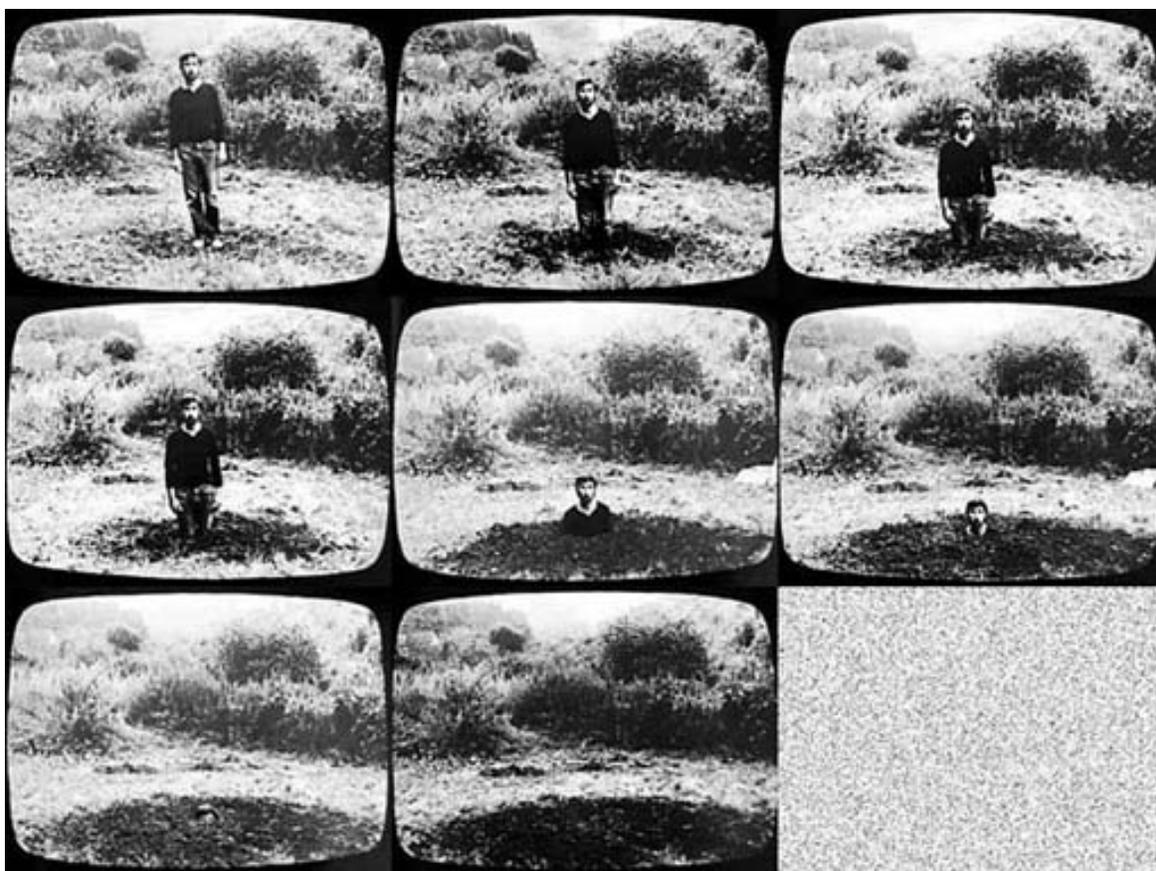


Fig. 52 – ARNATT, Keith. Auto-enterro. Fotografia, 46,7 cm x 46, 7 cm cada, 1966.

5.2 Pílula de lâmpadas

Formado por lâmpadas internas baixadas de um ferro velho virtual (ver item 4.5) e uma modelagem externa que se assemelha ao cilindro leve (Fig. 48). Possui o formato de um produto industrial e a própria síntese para apresentação da peça é criada segundo moldes de renderização para produtos. Por não existir uma escala definida, esta peça possui uma virtualidade de tamanho, sendo que a mesma modifica-se ao ser pensada em pequena escala ou de tamanho enorme.



Fig. 53 – COSER, T. Pílula lâmpada. Escultura virtual, 2008.

5.3 Corneta dupla

Outra peça criada em conjunto com partes modeladas (as cornetas) e uma peça baixada de um ferro-velho virtual (parte interna, que é um ventilador interno usado em computadores). O pensamento do que pode ser amplificado através destas cornetas pode ser pensando a partir do paralelo da obra *Radio-Announcer* (Fig. 55). Muitos artistas russos dedicavam-se à propaganda do estado comunista, tentando encontrar novas linguagens estéticas para atingir uma comunicação de massa efetiva. Nesta obra, que é uma maquete de um rádio de rua, para ser colocado em pontos-chave da cidade, podemos encontrar a palavra “Lênin” escrito em vermelho acima. Artistas da Europa inteira utilizavam-se do que estava disponível (tecnologicamente, industrialmente) para atingir, uma nova forma de comunicação, social e utópica.



Fig. 54 - COSER, T. *Corneta Dupla*. Escultura virtual, 2008.



Fig. 55 – KLUTSIS, Gustav. *Radio Announcer*. Papel, papelão pintado, madeira, fios, 106.1 x 36.8 x 36.8 cm, 1922.

5.4 Organico e inorgânico

Dois tipos de modelagem participaram da elaboração desta obra, que foi pensada para ser uma peça de parede, tendo possibilidade de mover-se (ver Fig. 80). A parte abaulada da obra foi criada segundo uma modelagem de perfis (*splines*) enquanto que a parte rígida foi modelada por polígonos. Faz-se comparar contrapontos de organicidade e rigidez (inclusive formais e estéticos) de obras

como *The Machine-Gunneress in a State of Grace* (Fig. 57) na qual as partes femininas de bonecas são penduradas e expostas em hastes rígidas.

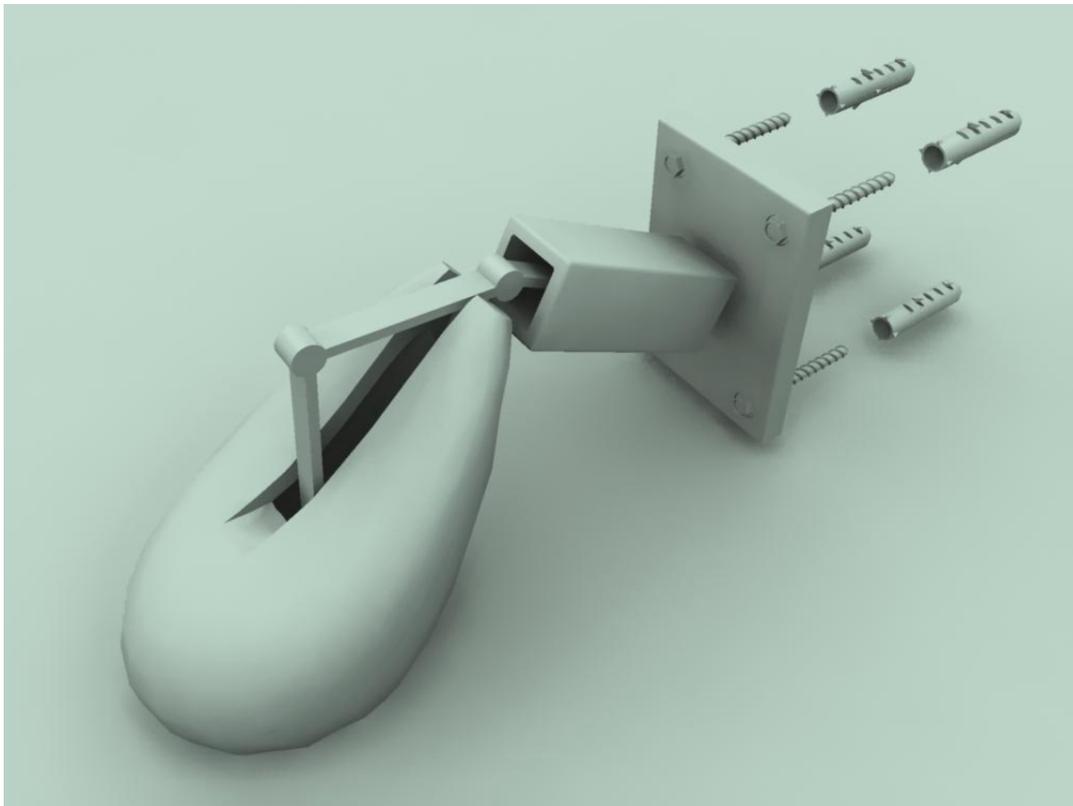


Fig. 56 – COSER, T. Sem título. Escultura virtual, 2007.



Fig. 57 – BELLMER, Hans. *The Machine-Gunneress in a State of Grace*. Madeira e metal. 30 7/8 x 29 3/4 x 13 5/8 ', 1937

5.5 Sentido | Não sentido

Esta peça, inspirada em objetos encontrados sobre as mesas de restaurantes do tipo rodízio, ao ser clicada por um usuário, faz a mensagem central migrar de SENTIDO para NÃO SENTIDO. Lembrando as experiências de poesia concreta das décadas de 60 e 70 (Fig. 70), esta obra tem a intenção de ser um instrumento útil de comunicação na ocorrência de um grande salto qualitativo por parte de um dos comunicadores.

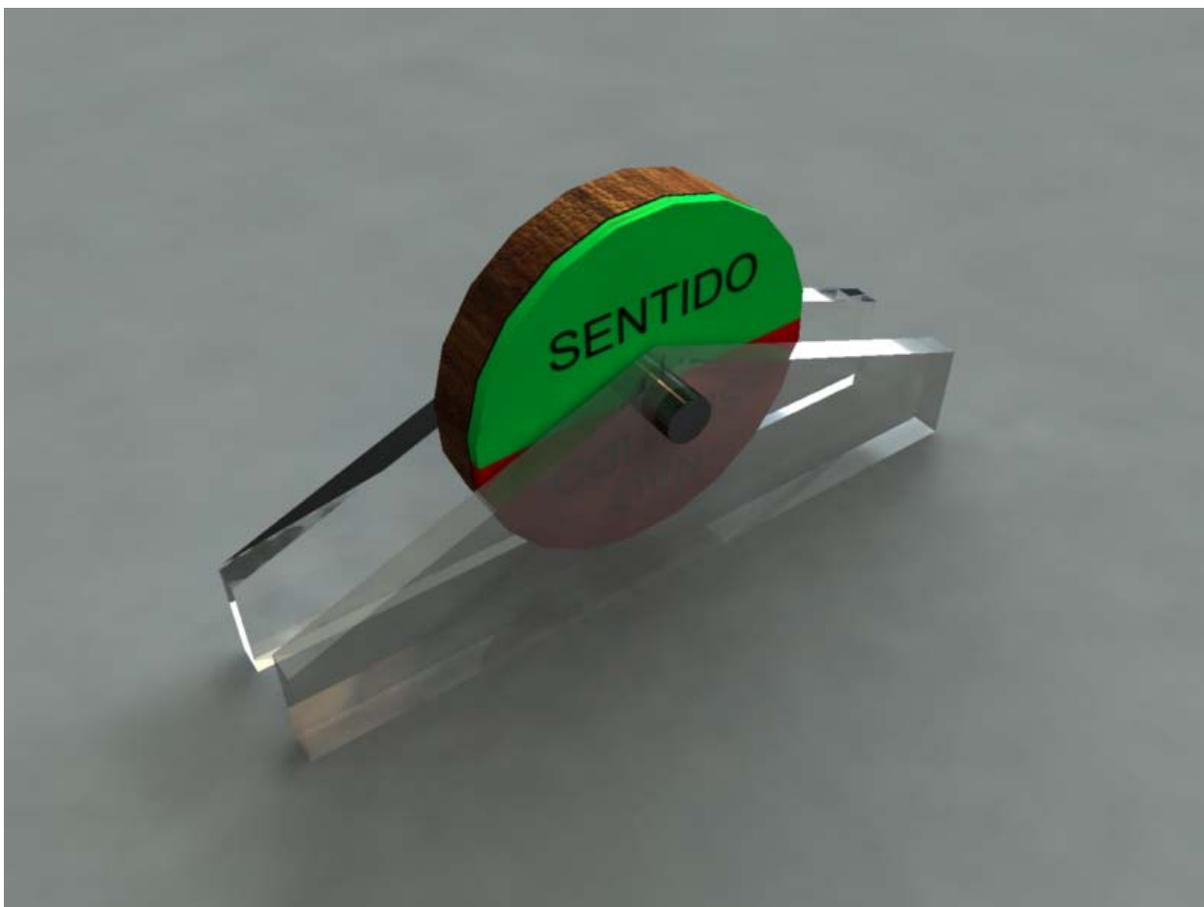


Fig. 58. COSER, T. Sentido | Não sentido. Escultura virtual, 2008.

6 Outras explorações

Derivado do uso CAD outras explorações foram realizadas para a tentativa de obter modelos de peças e a construção das mesmas. Abaixo há algumas outras possibilidades exploradas durante a pesquisa.

6.1 Scanner 3D

O uso de escaneamento de peças (engenharia reversa) pode ser realizado de diversas técnicas e maneiras diferentes. Na Fig. 59 pode-se observar um modelo obtido através do uso do uso de um equipamento caseiro, montado em praticamente qualquer lugar (Fig. 62). Já na Fig. 60, o modelo foi obtido com o uso de um equipamento profissional, da empresa SPATIUM3D²², em Campinas, SP.



²² <http://www.spatium3d.com/> (acessado dia 01.01.2010)

Fig. 59 – COSER, T. Objeto mapeado com escâner 3D de baixo custo.

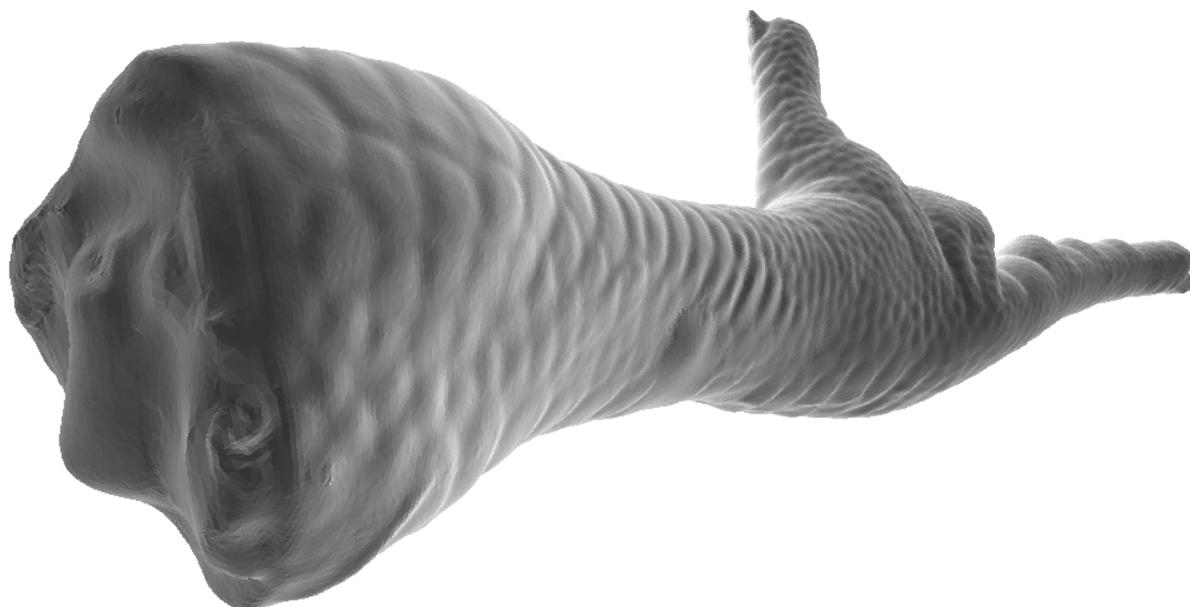


Fig. 60 – COSER, T. *Pé de galinha*. Scanner 3D, 2007.

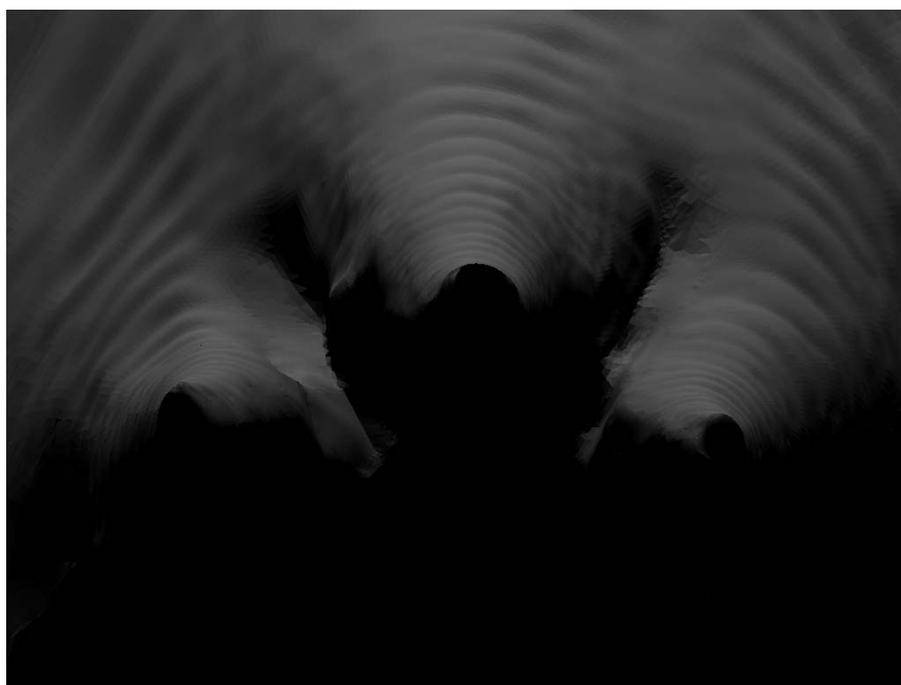


Fig. 61 – COSER, T. Vista interna do pé de galinha.

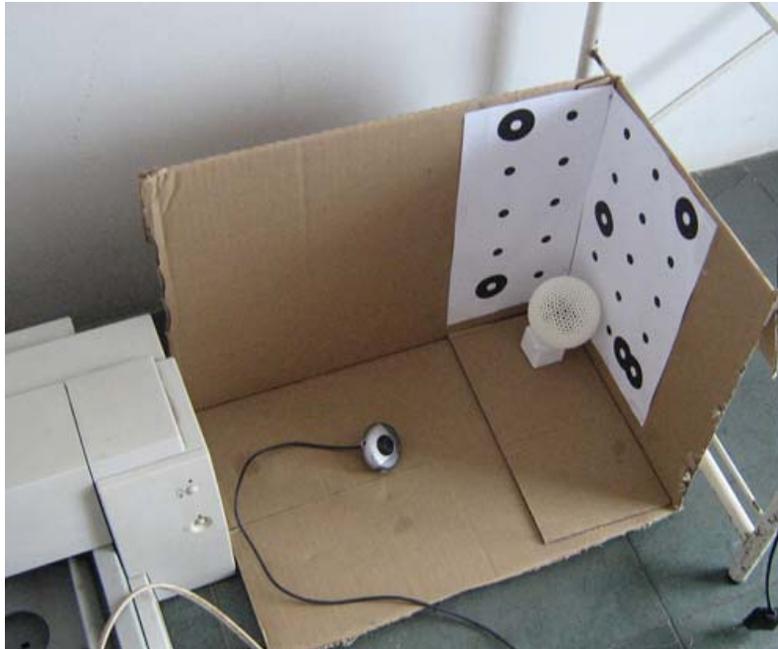


Fig. 62 – Escaner 3D caseiro de baixo custo feito com um laser de diodo e uma webcam. O software pode ser obtido no site <http://www.david-laserscanner.com/> (acessado dia 01.01.2010)

6.2 Programação

Assim como aponta José Pinto Duarte²³, entender uma linguagem de programação permite que os usuários utilizem um *software* de outra maneira, não limitando-se ao uso estipulado pela interface já pronta. Isto aponta para uma postura da indústria estandarizada, na qual pode existir uma maior flexibilidade a

²³ http://www.vitruvius.com.br/entrevista/pintoduarte/pintoduarte_4.asp acessado dia (01.02.2010).

ponto do próprio usuário ou consumidor permutar a montagem de um produto que lhe agrade mais ou que atenda melhor as suas necessidades.

A obra da Fig. 63 retoma a estrutura do segundo protótipo e foi realizada mais de um ano após a confecção desta. Utilizando uma idéia de retorno, amarra desdobramentos ocorridos durante o percurso da pesquisa, formalizado na idéia de ciclo. Como aponta Ruth Scherps (SCHEPS, 1996) é interessante notarmos que a palavra revolução remete a um conceito de retorno ao mesmo ponto, porém modificada pelo tempo. Entre a criação dos primeiros modelos e a dificuldade de modelagem das peças iniciais, este processo foi automatizado por uma linguagem de programação, segundo um *script* simples. Um cubo inicial foi criado juntamente com um caminho circular. Após o escalonamento em um eixo do cubo, o mesmo foi duplicado automaticamente, utilizando-se o algoritmo:

```
for ($i = 1; $i < 50; $i++)  
  
    {  
  
        currentTime $i;  
  
        duplicate "cubo";  
  
    }24
```

²⁴ Esta sintaxe pertence à linguagem MEL – Maya embedded Language (TERZIDIS, 2004).

A primeira linha cria um looping até somar 50 unidades. Para cada unidade somada, um cubo é duplicado formando a peça da Fig. 63.



Fig. 63 – COSER, T. *Ouroboros*. Escultura virtual, 2008.

Através do uso de linguagens de programação, pode-se atingir resultados complexos, através da automatização de processos, etapas repetitivas ou quando existe a necessidade de cálculos muito complexos.

Uma área na qual esta interação entre modelagem e o desenvolvimento de linguagens de programação vem sendo explorada com muita eficiência é o desenvolvimento de modelos e formas fractais (Fig. 64 e Fig. 67)

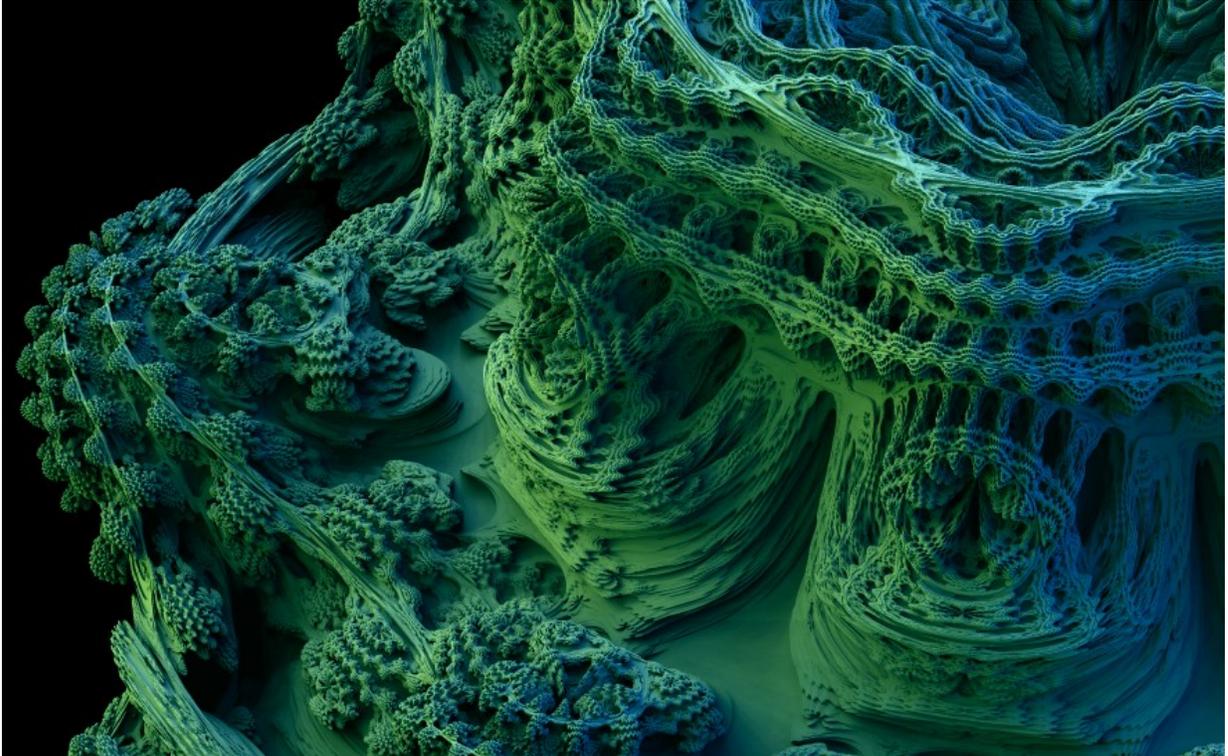


Fig. 64 – Fractal tridimensional baseado no conjunto de Mandelbrot. Fonte:
<http://www.skytopia.com/project/fractal/mandelbulb.html> acessado dia (14.02.2010).

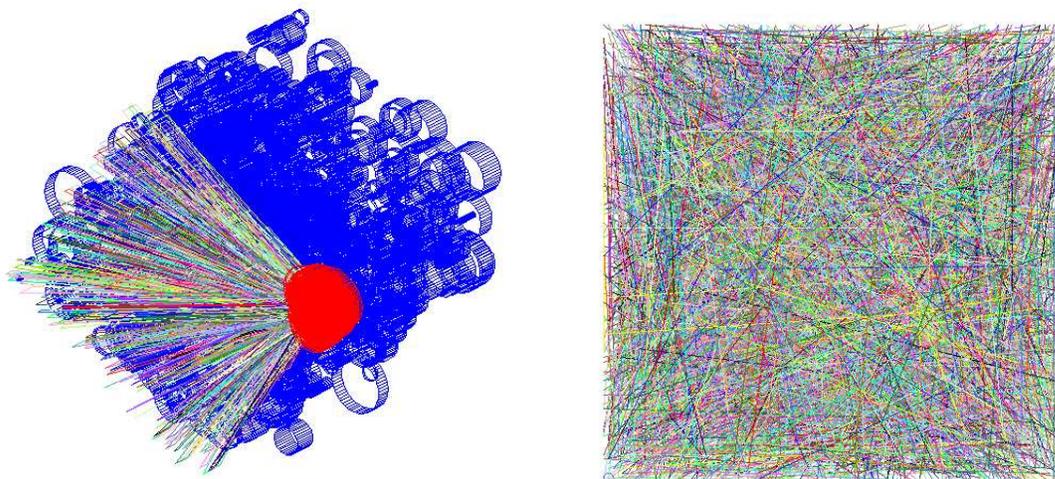


Fig. 65 – COSER, T. *Duas pinturas computacionais*. Utilizando simples algoritmos da linguagem VBA do Auto-CAD foi possível a construção de programas que criam formas geométricas com certo grau de aleatoriedade e parametrização.

6.3 Planificação de modelos

Um das técnicas de obtenção de modelos físicos a partir de modelos CAD é chamada *papercraft*. Planifica-se o modelo (achatando o mesmo virtualmente) e imprime-se o resultado bidimensionalmente (em impressoras convencionais). Recortando e colando as partes, forma-se o objeto. As desvantagens deste tipo de prática incluem a demora de construção e o alto grau de imprecisão do modelo final comparado com técnicas como SLS.

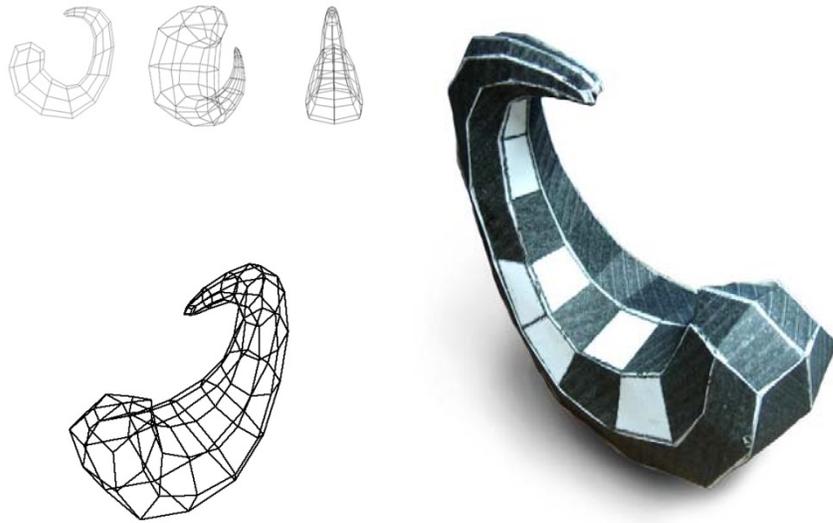


Fig. 66 – COSER, T. *Sem título*. Papel sulfite, aprox. 20 x 5 x 15 cm, 2008.

6.4 Cortadora laser

Outra técnica utilizada em algumas peças é o uso de uma cortadora a laser que corta apenas bidimensionalmente os modelos, porém com um alto grau de precisão. Pode-se cortar materiais diversos como MDF, metais, acrílico, papelão, entre outros. É interessante que técnicas diversas como programação, simulações ou planificação de modelos podem ser utilizadas em conjunto. Na imagem abaixo, um algoritmo fractal gerou a forma segundo parametrizações do usuário. O objeto final foi recortado em MDF.

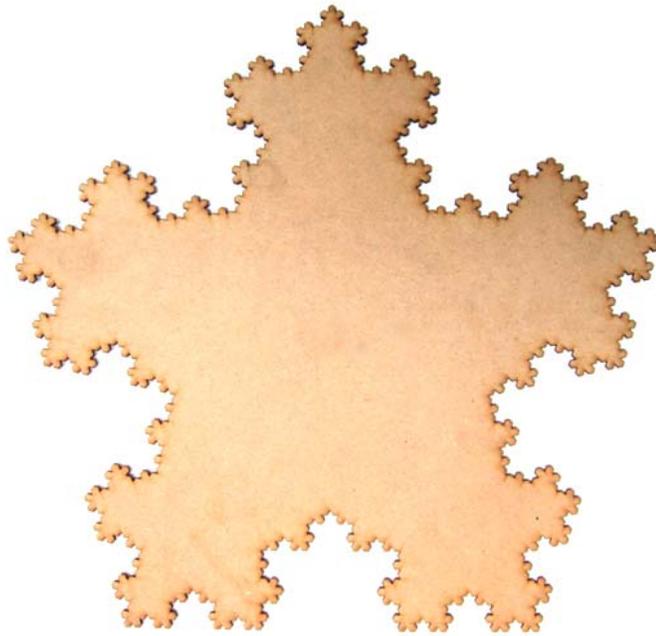


Fig. 67 – RAMOS, F., COSER, T. Ilha de Koch com 5 interações. MDF, 30 x 30 x 30 cm. 2007.

A imagem abaixo demonstra uma combinação de usos. Neste projeto, um tecido virtual foi criado. A seguir, uma simulação física de gravidade foi criada, fazendo o tecido cair sobre um cubo. A simulação foi congelada e o cubo retirado, restando somente o tecido em forma cúbida. O objeto foi planejado e recortado em MDF, formando uma mesa.

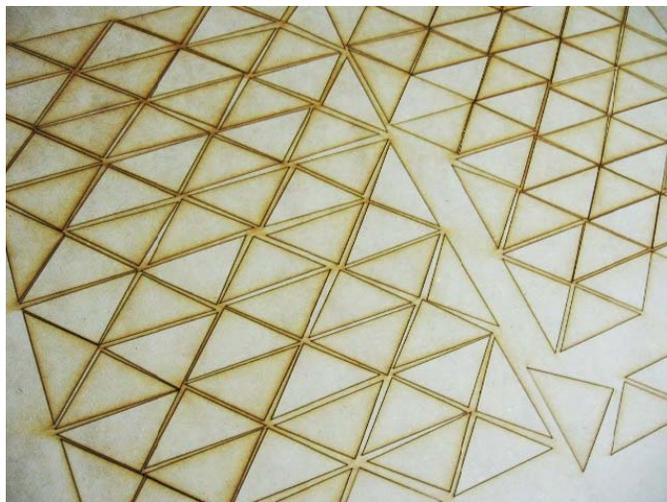
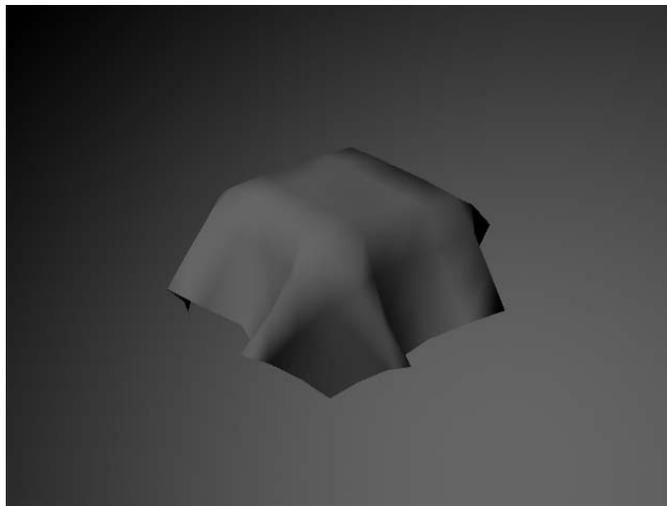
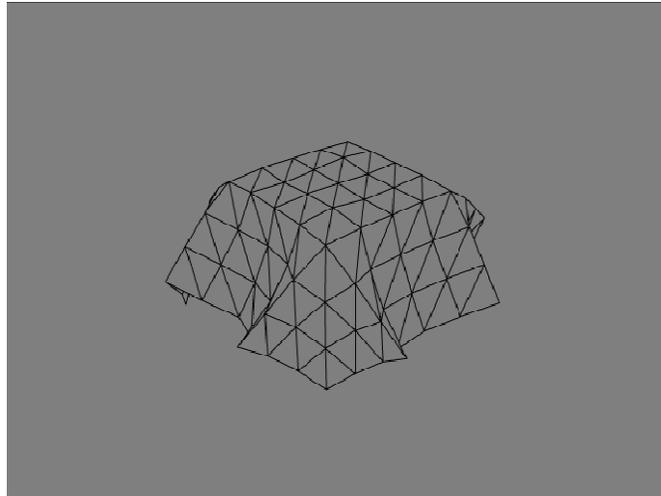


Fig. 68 – COSER, T. *Mesa*. MDF, 30 x 30 x 30 cm (aprox.). 2008.

7 Conclusões

As técnicas de produções de esculturas a partir de modelos feitos no computador apontam para uma busca já antiga na História do homem em criar métodos mais rápidos e precisos para a representação do mundo. Teorias como o uso de projeções em pintura desde antes o Renascimento (HOCKNEY, 2001), a própria criação de sistemas e aparatos de perspectivas, como encontramos em Dürer (Fig. 82) ou o método de Michelangelo em utilizar lâminas de água para guiar a construção de esculturas, são exemplos desta busca no campo da arte. A renderização de Uccello (Fig. 81) é um exemplo patente desta procura, assemelhando-se, há mais de cinco séculos atrás, com um sólido computacional, visualizado em modo de arame.

O uso de prototipagem virtual e física, simulações computacionais, cálculos programados e todos os efeitos e técnicas que o computador fornece, permite ao artista uma liberdade quase ilimitada. Liberdade esta a qual, na contramão do senso comum, só existe a partir do domínio técnico. Cabe então aos artistas encontrarem maneiras de mobilização neste meio, levantando questões e problematizando usos de maneira crítica e criativa. Antes de assumir eventuais riscos sociais de uma era da informática, cabe apenas certa prudência aos criadores de novas imagens. Ainda há muito a ser explorado e com o constante avanço de novas tecnologias de prototipagem, só podemos imaginar o que as próximas gerações terão disponibilidade para outras criações.

Lembrando ainda as palavras de Bruno Jacomy em uma entrevista acerca dos inventores (SCHEPS, 1996), a notoriedade do uso de tecnologias de PR associadas ao campo da Arte difere essencialmente em sua flexibilidade de criação. Aplicações e inovações introduzidas por áreas compostas, por exemplo, de engenheiros ou técnicos especializados, introduzem, em geral, aperfeiçoamentos pequenos, porém contínuos. Grande parte das invenções causadoras de rupturas são introduzidas, muitas vezes, por indivíduos que atuam no limite de áreas ou até mesmo fora de sua área de trabalho habitual, exatamente por ultrapassar bloqueios intelectuais resultante de uma visão bem determinada do assunto. Neste caso, por sua criatividade não se estabelecer no limite de balizas bem determinadas, a Arte em PR pode servir, inclusive, de carro-chefe de idéias e incentivos para novas pesquisas e descobertas, possibilitando a elaboração de projetos novos e experimentalismos diversos. Estes fatores acabam por exigir inovações técnicas e tecnológicas reais por parte da comunidade científica e é exatamente no domínio da imprevisibilidade da Arte que resultados interessantes podem surgir, fornecendo novas necessidades e possibilitando o vislumbre de outras e novas aplicações.

8 Anexos

8.1 Imagens e outras obras



Fig. 69 - MUYBRIDGE, Eadweard. Subindo e descendo escadas. Série de locomoções animais, prancha 504. Fotografia, 1887.

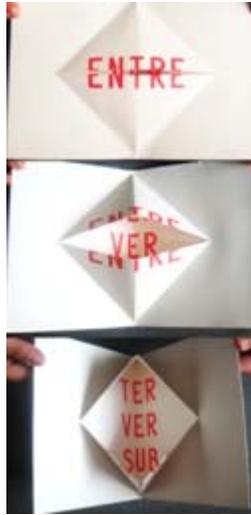


Fig. 70 – PLAZA, Júlio e CAMPOS, Augusto. *Poemóviles: subverter*, 1968 / 74.



Fig. 71 – COSER, T. *Presente*. Escultura virtual, 2007.

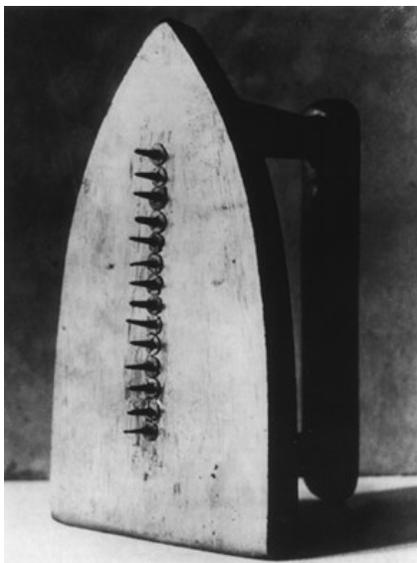


Fig. 72 – RAY, Man. *Cadeau*. Metal e pregos. 178 x 94 x 126 mm, 1921.



Fig. 73 – TINGUELY, Jean. *The Sorceress*. Objetos de ferro velho, alumínio, cobre, algodão, fios, borracha e motor elétrico. 1961

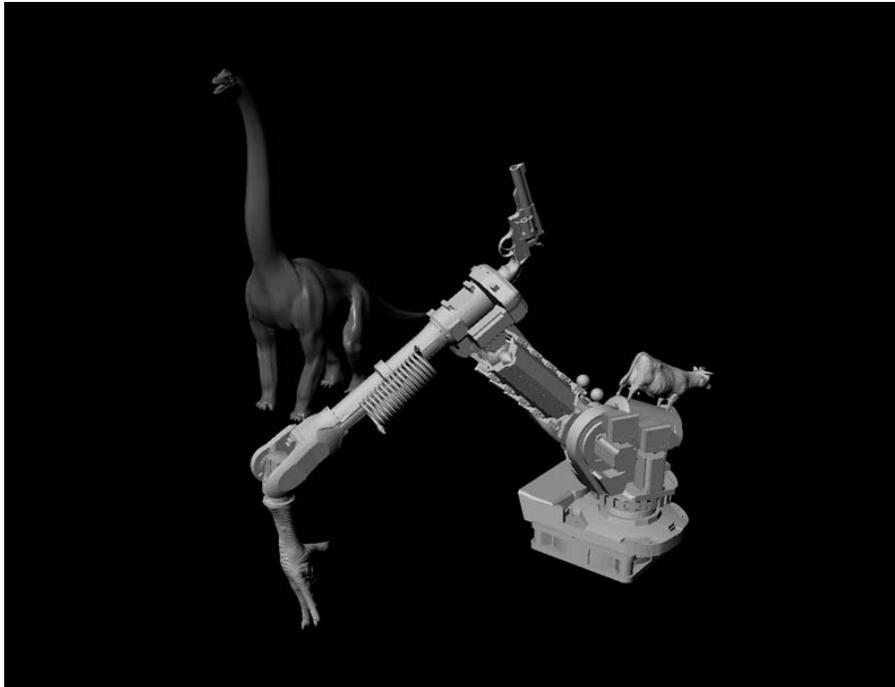


Fig. 74 – COSER, T. Bricolagem virtual. Peças baixadas da internet. 2008.

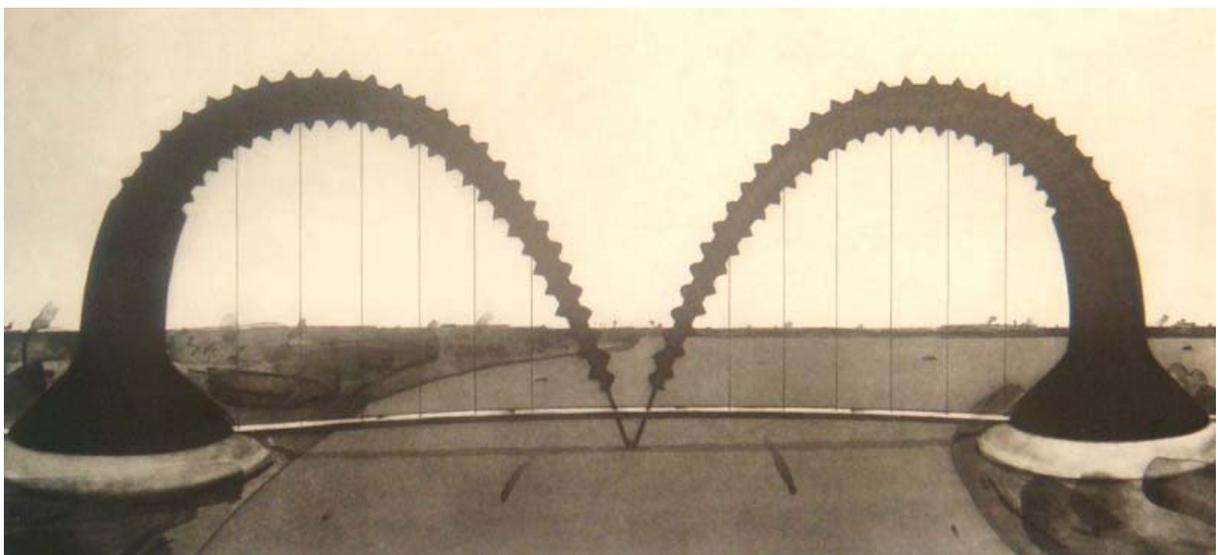


Fig. 75 – OLDENBURG, Claes. *Screwarch Bridge (State II)*, 1980.



Fig. 76 – DUCHAMP, Marcel. Nu descendo uma escada nº 2. Aquarela, tinta, lápis e pastel sobre papel fotográfico, 147 x 89 cm, 1912-6.

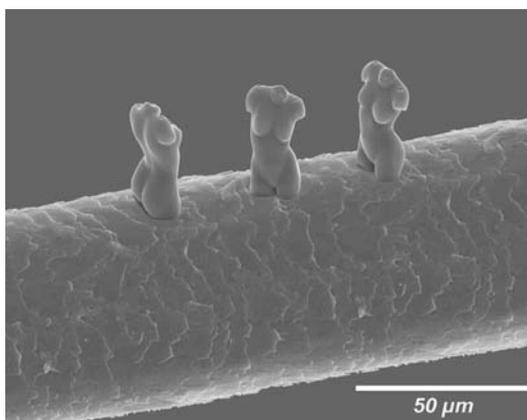


Fig. 77 – Micro modelos da Venus de Milo sobre um fio de cabelo. Fonte: http://www.laser-zentrum-hannover.de/en/fields_of_work/material_processing/nanotechnology/2pp.php (acessado dia 12.02.2010).



Fig. 78 – COSER, T. Obtenção de dados a partir de uma tomografia computadorizada.

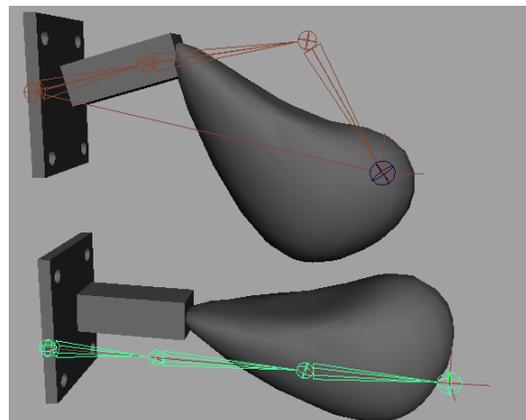
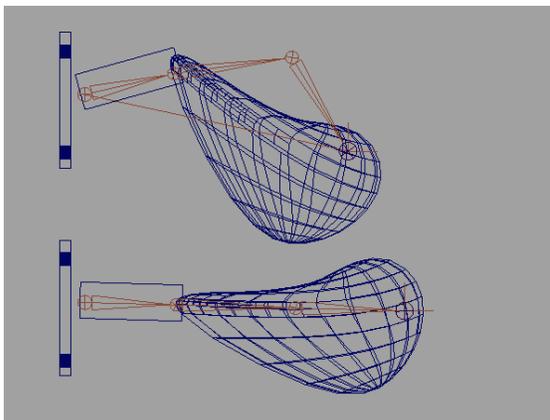
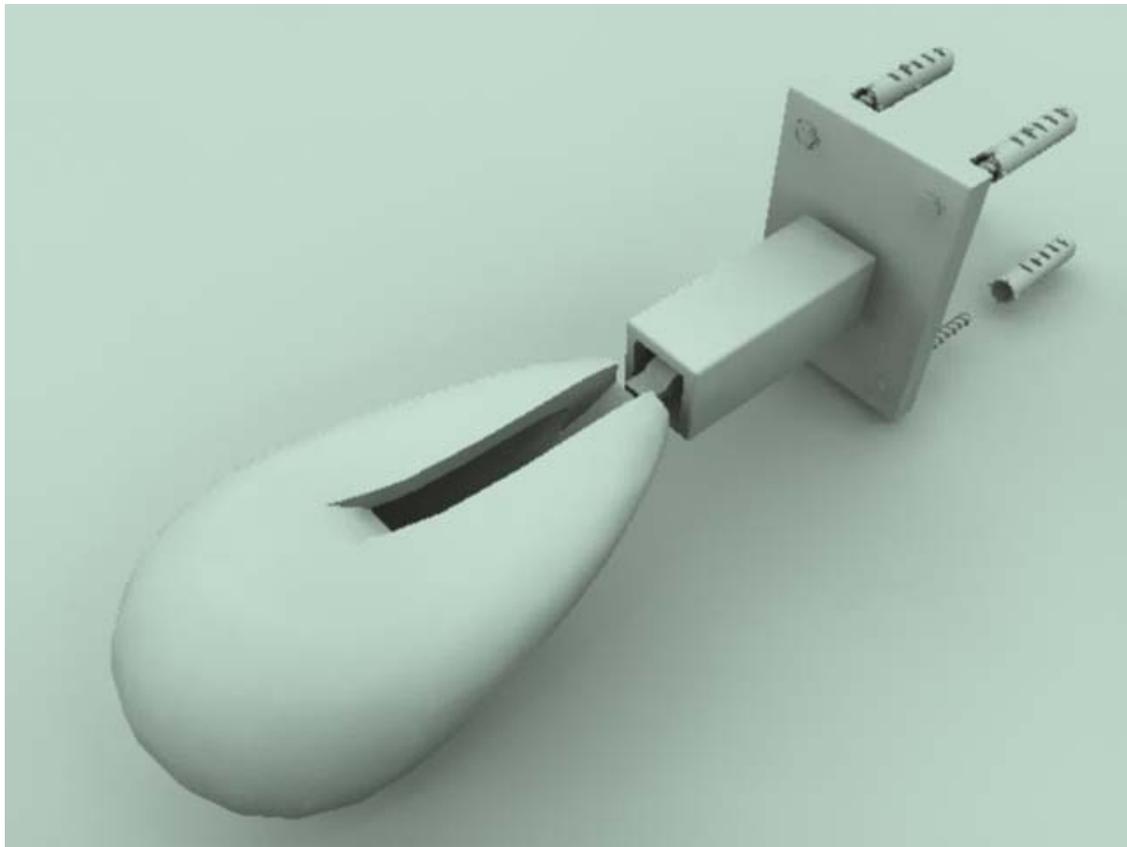


Fig. 80 – COSER, T. Sem título. Escultura virtual, 2007. Detalhe de movimento.

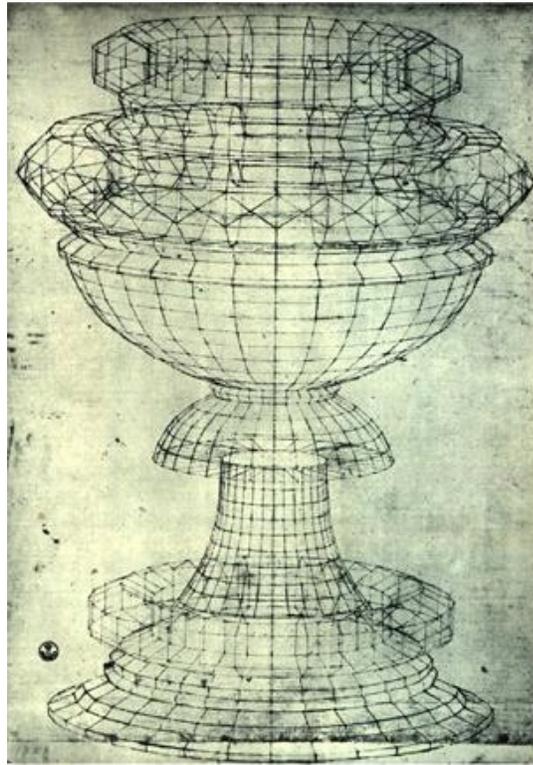


Fig. 81 – UCCELLO, Paolo. *Desenho em perspectiva de um Cálice*, 1450. Lápis sobre papel.



Fig. 82 - Albrecht Durer. Draughtsman Drawing a Recumbent Woman.

8.2 Blog

Durante a pesquisa um blog foi criado, o qual serviu de suporte para expor o percurso. Muitas obras e fragmentos que não encontraram outros lugares de exposição foram apresentados em forma de postagens. O blog é uma peça-chave nesta pesquisa, sendo que muito do material aqui exposto foi formatado inicialmente nele. O endereço de acesso é WWW.thiagocoser.blogspot.com (acessado dia 01.01.20010).

9 Índice de imagens

FIG. 1 – COSER, T. MODELO FEITO EM 3D, PARA AJUDAR NA CRIAÇÃO DE PERSPECTIVA E SIMULAÇÃO DE LUMINOSIDADE CRIANDO UMA LUZ CHAVE (SETA VERMELHA).....	20
FIG. 2 – COSER, T. MUDANÇA DE MATERIAIS DE UM MODELO DE MEU PRÓPRIO ROSTO, OBTIDO ATRAVÉS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA (VER ITEM 4.4).....	20
FIG. 3 – COSER, T. SÍNTESE DE IMAGEM (<i>RENDERING</i>) DE NUVENS VIRTUAIS E O COMPORTAMENTO DO ESPALHAMENTO DA LUZ ATRAVÉS DE UMA FONTE LUMINOSA POSTA ATRÁS DA MASSA.....	21
FIG. 4 – GEVER, EYAL. <i>BLAST 2 FRAME 10</i> . CONGELANDO O MOMENTO DE UMA EXPLOSÃO DE UM PARALELEPÍPEDO, O AUTOR CONECTA OS PEDAÇOS DESINTEGRADOS AUTOMATICAMENTE PRODUZINDO SUPORTES QUE ARMAZENAM INFORMAÇÕES DAS TRAJETÓRIAS DOS DESTROÇOS E QUE PERMITEM A PROTOTIPAGEM DA PEÇA. FONTE: HTTP://EN.RED-DOT.ORG/2234.HTML (ACESSADO DIA 10.10.2009).....	22
FIG. 5 – SEGUNDO O SITE LISTADO, ESTA COROA D'ÁGUA FOI SIMULADA VIRTUALMENTE E DEPOIS CRIADA PELO PROCESSO DE ESTEREOLITOGRAFIA (SLS) PARA A PRINCESA MAXIMA DA HOLANDA. ESTE TIPO DE CONGELAMENTO DE SIMULAÇÃO FOI MUITO EXPLORADO EM OUTRAS ÁREAS, COMO NA FOTOGRAFIA (ABAIXO). FONTE: HTTP://WWW.RP4BAGHDAD.ORG/TECHNOLOGY.PHP?TECH=1 (ACESSADO DIA 01.04.2007).....	23
FIG. 6 - DR. HAROLD EDGERTON. <i>MILKDROP CORONET</i> . FOTOGRAFIA (C-TYPE), 45 x 34.5 CM, 1957.....	23
FIG. 7 – GROSSMAN, BATHSHEBA. <i>ORA</i> . IMPRESSÃO EM METAL, 4" DIÂMETRO	26
FIG. 8 – GOLDBERG, MICHAEL. POLIEDRO IMPRESSO POR GEORGE W. HART. IMPRESSÃO EM NYLON, 5" DIÂMETRO.	27
FIG. 9 – MAN, GEOFFREY. <i>NOCTURNE MOTH</i> . NYLON, SLS, LED, DIMENSÕES VARIÁVEIS, 2009	28
FIG. 10 – BROWN, KEITH. <i>SHOAL</i> . ABS, FDM, 26 x 20 x 18 CM, 2008	29
FIG. 11 – JANSEN, PETER. <i>RUNNER</i> . POLYAMIDE, 21 x 64 x 56 CM, 2007	30
FIG. 12 – SMITH, R. M. <i>PARADISE BIRD BURLESQUE</i> , SLS, S/D.	31
FIG. 13 – NEUBAUER, M. B. <i>MOONRISE AND MOONSET</i> , SLS, 2005.....	32
FIG. 14 – ROELOFS, RINUS. <i>MÖBIUS TORUS (I)</i> , ESCULTURA VIRTUAL. S/D.	33
FIG. 15 – DICKSON, STEWART. <i>GREEN SNAKE</i> , SLA, 1.5" x 4" x 4", 2000.....	34
FIG. 16 – GENT, E. V. <i>ANESTHETIC</i> . LOM, PAPEL, 28.5 x 16 x 8.5", 2003	35

FIG. 17 – LAFORTE, MICHAEL. <i>ABLE</i> . SLA, RESINA. 5.25 x 8.25 x 18", 2002.	36
FIG. 18 - LAFORTE, MICHAEL. <i>EXCERPT</i> . SLA, RESINA, 3 x 6 x 6", 2001.	36
FIG. 19 – SALLES, LAURITA. <i>SEM TÍTULO</i> . SLS, 10 CM X 30 CM X 20 CM, 2003.	37
FIG. 20 – REES, MICHAEL. <i>PUTTO8 2.2.2.2</i> . IMPRESSÃO 3D, RESINA PREENCHIDA COM GESSO, PINTURA METÁLICA. 15.5x22x17", 2003.....	38
FIG. 21 – REES, MICHAEL. INSTALAÇÃO COM ANIMAÇÃO. A IMAGEM ACIMA MOSTRA UMA MONTAGEM DE UMA OBRA DO ARTISTA. A ESCULTURA FÍSICA GANHA VIRTUALMENTE MOVIMENTO QUANDO COMPARAMOS COM SUA ANIMAÇÃO EXIBIDA NA TELA. FONTE: HTTP://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=C5eFP7LkIMc (ACESSADO DIA 01.01.2010).	39
FIG. 22 – COLLINS, DAN. <i>THE CULT OF TOUCH</i> . URETANO. 1999	40
FIG. 23 - COLLINS, DAN. <i>TWISTER</i> . RESINA POLIÉSTER SOBRE URETANO CORTADO COM CNC. 96" x 30" x 30" , , 2003	40
FIG. 24 – STEWART, JAMES. <i>MECHANICAL FLOWER</i> . SEM DADOS, 2003.....	41
FIG. 25 – MANN, GEOFFREY.	44
FIG. 26 – NEUBAUER, M. B.	44
FIG. 27 – EXEMPLO DE EXPOSIÇÃO COLETIVA. FONTE: HTTP://DIGITAL-STONE.NET/E-FORM/ (ACESSADO DIA 14.01.2010).	45
FIG. 28 – REES, MICHAEL.	45
FIG. 29 - APÓS A CRIAÇÃO DO PRIMEIRO PROTÓTIPO PESSOAL, O MESMO FOI EXPOSTO NA GALERIA DE ARTE DA UNICAMP, NA MOSTRA DOS ALUNOS FORMANDOS DE 2005, DURANTE O PERÍODO DE 22 DE NOVEMBRO A 20 DE DEZEMBRO DE 2005. O OBJETO FOI PENDURADO POR UM FIO DE NYLON, COM UMA EXPLICAÇÃO DO PROCESSO AO LADO.....	46
FIG. 30 - A IMAGEM ILUSTRA O DUPLICAÇÃO ESPECIAL DE UM CUBO (1) DE 5 CM DE ALTURA EM 3 INSTÂNCIAS (1.1, 1.2 E 1.3) QUE SÃO ESCALONADAS EM 20 % DO VALOR ORIGINAL, ROTACIONADAS 45 ° E TRANSLADADAS EM 5 CM NO EIXO X E NO EIXO Y.	49
FIG. 31 – ESQUEMA DO DESENHO UTILIZADO PARA A CRIAÇÃO DO PRIMEIRO MODELO.	49
FIG. 32 – COSER, T. <i>PROTÓTIPO Nº 1</i> . SLS, NYLON, Ø 6 x 8 CM	50
FIG. 33 – DETALHE DA FLEXIBILIDADE DO PRIMEIRO MODELO E SEU EFEITO ÓPTICO.	51
FIG. 34 – STELLA, FRANK. <i>SIX MILE BOTTOM</i> . TINTA METÁLICA SOBRE TELA. 300 X 182 CM, 1960.....	52
FIG. 35. SERRA, RICHARD. <i>PLACAS DE AÇO EMPILHADAS</i> , 1969.....	53
FIG. 36 - JUDD, DONALD. <i>SEM TÍTULO</i> . FERRO GALVANIZADO, 22,8 CM X 101,6 CM X 78,7 CM, 1968.	54

FIG. 37 – COSER, T. <i>SEGUNDO PROTÓTIPO</i> . SLS, NYLON, 2 x 2 x 12 CM, 2006.....	54
FIG. 38 – COSER, T. SÉRIE DE PROTÓTIPOS.....	56
FIG. 39 - CONCEITO VISUAL ATINGIDO.....	56
FIG. 40 – VASARELY, VICTOR. <i>CAPELLA</i> (PARTE DE CIMA).....	57
FIG. 41 – COSER, T. PROTÓTIPO Nº 4. TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA E 3D PRINTER (GESSO). APROX. 6 x 6 x 4 CM 2008.	59
FIG. 42 – COSER, T. DESENHO DA PEÇA <i>ESFERA DE PARAFUSOS</i>	60
FIG. 43 – COSER, T. <i>ESFERA DE PARAFUSOS</i> . SLS, NYLON, 2008.....	61
FIG. 44 – VASSARELY, VICTOR. <i>VEGA PER</i> , 1969.....	62
FIG. 45 – COSER, T. DESENHOS PARA A PEÇA DE ENCAIXE.....	63
FIG. 46 – COSER, T. SÍNTESE DE IMAGEM DA PEÇA A SER CONFECCIONADA.	64
FIG. 47 – COSER, T. <i>SEM TÍTULO</i> . SLS, NYLON, 2009.....	65
FIG. 48 – COSER, T. <i>CILINDRO LEVE</i> . SLS, NYLON, 2009.	66
FIG. 49 – COSER, T. VISTA INTERNA DA OBRA <i>CILINDRO LEVE</i>	67
FIG. 50 – EXEMPLO DE MODELAGEM POR OPERAÇÃO BOOLEANA. A IMAGEM DA ESQUERDA (1) REPRESENTA DOIS CUBOS QUE SE PENETRAM. 1.1 REPRESENTA A ÁREA DE INTERSECÇÃO DOS CUBOS. EM 1.2 FOI APLICADA A OPERAÇÃO DE UNIÃO, SÓ EXISTE UM OBJETO AGORA. 1.3 MOSTRA O RESULTADO DA SUBTRAÇÃO DO CUBO AZUL NO CUBO VERDE E 1.4 A SUBTRAÇÃO DO CUBO VERDE NO CUBO AZUL.	67
FIG. 51 – COSER, T. ESCULTURA VIRTUAL FEITA A PARTIR DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA. 2008.	69
FIG. 52 – ARNATT, KEITH. <i>AUTO-ENTERRO</i> . FOTOGRAFIA, 46,7 CM X 46, 7 CM CADA, 1966.	70
FIG. 53 – COSER, T. PÍLULA LÂMPADA. ESCULTURA VIRTUAL, 2008.	71
FIG. 54 - COSER, T. <i>CORNETA DUPLA</i> . ESCULTURA VIRTUAL, 2008.	72
FIG. 55 – KLUTSIS, GUSTAV. <i>RADIO ANNUNCER</i> . PAPEL, PAPELÃO PINTADO, MADEIRA, FIOS, 106.1 x 36.8 x 36.8 CM, 1922.73	
FIG. 56 – COSER, T. SEM TÍTULO. ESCULTURA VIRTUAL, 2007.....	74
FIG. 57 – BELLMER, HANS. <i>THE MACHINE-GUNNERESS IN A STATE OF GRACE</i> . MADEIRA E METAL. 30 7/8 x 29 3/4 x 13 5/8 ‘, 1937.....	75
FIG. 58. COSER, T. SENTIDO NÃO SENTIDO. ESCULTURA VIRTUAL, 2008.	76

FIG. 59 – COSER, T. OBJETO MAPEADO COM ESCÂNER 3D DE BAIXO CUSTO.	78
FIG. 60 – COSER, T. <i>PÉ DE GALINHA</i> . SCANNER 3D, 2007.	78
FIG. 61 – COSER, T. VISTA INTERNA DO PÉ DE GALINHA.	78
FIG. 62 – ESCANER 3D CASEIRO DE BAIXO CUSTO FEITO COM UM LASER DE DIODO E UMA WEBCAM. O SOFTWARE PODE SER OBTIDO NO SITE HTTP://WWW.DAVID-LASERSCANNER.COM/ (ACESSADO DIA 01.01.2010)	79
FIG. 63 – COSER, T. <i>OUROBOROS</i> . ESCULTURA VIRTUAL, 2008.....	81
FIG. 64 – FRACTAL TRIDIMENSIONAL BASEADO NO CONJUNTO DE MANDELBROT. FONTE: HTTP://WWW.SKYTOPIA.COM/PROJECT/FRACTAL/MANDELBULB.HTML ACESSADO DIA (14.02.2010).....	82
FIG. 65 – COSER, T. <i>DUAS PINTURAS COMPUTACIONAIS</i> . UTILIZANDO SIMPLES ALGORITMOS DA LINGUAGEM VBA DO AUTO-CAD FOI POSSÍVEL A CONSTRUÇÃO DE PROGRAMAS QUE CRIAM FORMAS GEOMÉTRICAS COM CERTO GRAU DE ALEATORIEDADE E PARAMETRIZAÇÃO.	83
FIG. 66 – COSER, T. <i>SEM TÍTULO</i> . PAPEL SULFITE, APROX. 20 X 5 X 15 CM, 2008.	84
FIG. 67 – RAMOS, F., COSER, T. ILHA DE KOCH COM 5 INTERAÇÕES. MDF, 30 X 30 X 30 CM. 2007.	85
FIG. 68 – COSER, T. <i>MESA</i> . MDF, 30 X 30 X 30 CM (APROX.). 2008.	86
FIG. 69 - MUYBRIDGE, EADWEARD. SUBINDO E DESCENDO ESCADAS. SÉRIE DE LOCOMOÇÕES ANIMAIS, PRANCHA 504. FOTOGRAFIA, 1887.	89
FIG. 70 – PLAZA, JÚLIO E CAMPOS, AUGUSTO. <i>POEMÓBILES: SUBVERTER</i> , 1968 / 74.	90
FIG. 71 – COSER, T. <i>PRESENTE</i> . ESCULTURA VIRTUAL, 2007.....	90
FIG. 72 – RAY, MAN. <i>CADEAU</i> . METAL E PREGOS. 178 X 94 X 126 MM, 1921.....	91
FIG. 73 – TINGUELY, JEAN. <i>THE SORCERESS</i> . OBJETOS DE FERRO VELHO, ALUMÍNIO, COBRE, ALGODÃO, FIOS, BORRACHA E MOTOR ELÉTRICO. 1961	91
FIG. 74 – COSER, T. BRICOLAGEM VIRTUAL. PEÇAS BAIXADAS DA INTERNET. 2008.	92
FIG. 75 – OLDENBURG, CLAES. <i>SCREWARCH BRIDGE (STATE II)</i> , 1980.	92
FIG. 76 – DUCHAMP, MARCEL. NU DESCENDO UMA ESCADA Nº 2. AQUARELA, TINTA, LÁPIS E PASTEL SOBRE PAPEL FOTOGRAFICO, 147 X 89 CM, 1912-6.	93

FIG. 77 – MICRO MODELOS DA VENUS DE MILO SOBRE UM FIO DE CABELO. FONTE: HTTP://WWW.LASER-ZENTRUM-HANNOVER.DE/EN/FIELDS_OF_WORK/MATERIAL_PROCESSING/NANOTECHNOLOGY/2PP.PHP (ACESSADO DIA 12.02.2010).	93
FIG. 78 – COSER, T. OBTENÇÃO DE DADOS A PARTIR DE UMA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.	94
FIG. 79 – IMAGENS DE PARAMETRIZAÇÕES DE UMA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.	95
FIG. 80 – COSER, T. SEM TÍTULO. ESCULTURA VIRTUAL, 2007. DETALHE DE MOVIMENTO.	96
FIG. 81 – UCCELLO, PAOLO. <i>DESENHO EM PERSPECTIVA DE UM CÁLICE</i> , 1450. LÁPIS SOBRE PAPEL.	97
FIG. 82 - ALBRECHT DURER. DRAUGHTSMAN DRAWING A RECUMBENT WOMAN.	97

10 Referências

ARNHEIM, Rudolf. 2004. *Arte E Percepção Visual - Uma Psicologia Da Visão Criadora*. São Paulo : THOMSON PIONEIRA, 2004. Vol. 1998.

BENJAMIN, Walter. 1975. *A obra de arte na era da reprodutibilidade técnica*. São Paulo : Abril Cultural, 1975. Vol. Coleção Os Pensadores.

CAD software - history of CAD CAM. [Online] [Citado em: 5 de Fevereiro de 2010.] <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm>.

DOYLE, Audrey. 2000. Pioneering Prototypes. *Computer Graphics World*. 2000.

GROSSMAN, Bathsheba. [Online] [Citado em: 01 de Janeiro de 2010.] <http://www.bathsheba.com/>.

HOCKNEY, David. 2001. *O conhecimento secreto: redescobrimdo as técnicas perdidas dos grandes mestres*. . São Paulo : Cosac & Naify, 2001.

KEMP, Martin. 1989. *The Science of Art. Optical Themes in western art from Brunelleschi to Seurat*. Londres : Yale University Press, 1989.

KRAUSS, E. Rosalind. 1998. *Caminhos da Escultura Moderna*. São Paulo : Martins Fontes, 1998.

LÉVY, Pierre. 1993. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro : Editora 34, 1993. pág. 35.

Prototipagem rápida: conceitos e aplicações. SILVA, Jorge Vicente da, et al. 2004. Campinas : s.n., 2004.

Prototipagem rápida: o que é, quem faz e por que utilizá-la. GORNI, Antonio Carlos. 2001. Março de 2001, Plástico Industrial.

SCHEPS, Ruth. 1996. *O império das técnicas.* São Paulo : Editora Papirus, 1996.

TERZIDIS, Kostas. 2004. *Algorithmic Architecture.* s.l. : Architerctural Press, 2004.

VIRILIO, Paul. 1993. *O espaço crítico.* Rio de janeiro : Editora 34, 1993.

WOOD, Paul. 2004. *Arte Conceitual.* s.l. : Cosac & Naify, 2004.

11 Bibliografia

BAKER, Kenneth. *Minimalism: art of circumstance*. New York, 1988.

BATCHELOR, David. *Minimalismo*. Cosac & Naify, São Paulo, 1999.

BAUDRILLARD, Jean. *O sistema dos objetos*. Ed. Perspectiva, São Paulo, 2006.

BENJAMIN, Walter. *Magia e técnica, arte e política - ensaios sobre literatura e história da cultura*. São Paulo, Brasiliense, 1993.

CELANI, Gabriela. *Cad criativo*. Rio de Janeiro, Campus, 2003.

COHEN, M.F., WALLACE, J.R. *Radiosity and realistic image*

synthesis. New York: Morgan Kaufmann, 2002.

ECO, Umberto. *Obra aberta*. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1971.

DICKENS, P.M., HAGUE, R.J.M, HOPKINSON, N. *Rapid manufacturing – An Industrial revolution for digital age*. Wiley, 2002.

EBERT, D.S. et al. *Texturing and modelling*. New York: Morgan

Kaufmann, 1998.

EMBLEM, Anne & Hendry. *Packing 2 prototypes: closures*. RotoVision, Suíça, 2000.

FRANCASTEL, Pierre. *Arte e técnica nos séculos XIX e XX*. Lisboa: Livros do Brasil. 2000.

GLASSNER, A.S. Principles of digital image synthesis. New York:

Morgan Kaufmann, 1995.

GREENFIELD, Gary. *On the origins of the term computational aesthetics*, submitted to EG Workshop on computational Aesthetics, Girona, Spain, 2005.

HAECKEL, Ernst Heinrich Philipp August. *Art forms in nature*. New York, Dover, 1974.

JENSEN, H.W. Realistic image synthesis using Photon Mapping.

New York: Addison Wesley, 2001.

SALLES, Laurita. *Unidades Fugidias*. Tese de Doutorado em poéticas visuais, São Paulo, 2003

LEVY, Pierre. *O que é virtual?* Ed. 34, São Paulo, 1996.

LEVY, Pierre. *A máquina Universo – Criação, cognição e cultura informática*. Ed. Artmed, Porto Alegre, 1998.

LEVY, Pierre. *A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço*. São Paulo, Loyola, 1998.

MACHADO, Arlindo. *Máquina e imaginário : o desafio das poéticas tecnológicas*, Edusp, São Paulo, 1993.

NISKIER, Arnaldo. *O impacto da tecnologia*. Rio de Janeiro, 1972.

PAREYSON, Luigui. *Os problemas da estética*. Sao Paulo : Martins Fontes, 2001.

SANTA BARBARA, Ailton. *Processamento de imagens médicas tomográficas para modelagem virtual e física: o software In Versalius*. Campinas, SP : [s.n.], 2006.

TODOROV, Tzvetan. *Estruturalismo e poética*. Ed. Cultrix, São Paulo, 1970.