

Métodos Matemáticos em Computação Visual

JORGE STOLFI

Instituto de Computação

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Caixa Postal 6176 – 13084-971 Campinas, SP, Brasil
stolfi@ic.unicamp.br

Palestra apresentada no
IV Simpósio Nacional / Jornadas de Iniciação Científica,
Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (IMPA)
Rio de Janeiro, 14/nov/2008.

14 de novembro de 2008

Resumo

Computação visual é uma grande área da informática que trata de imagens digitais incluindo captura, processamento, reprodução, armazenamento, transmissão, síntese, análise e modelagem. Ela engloba computação gráfica, visão computacional, modelagem geométrica, e várias outras sub-áreas bem estabelecidas.

A computação visual tem uma vasta (e crescente) gama de aplicações, como entretenimento e publicidade, medicina, engenharia, visualização científica, humanidades, segurança, etc.. Ela também utiliza uma enorme variedade de conceitos e ferramentas matemáticas, desde topologia até equações integrais, passando por geometria (clássica e analítica), análise combinatória, análise intervalar, estatística e probabilidade, transformadas funcionais, teoria da aproximação, e muito mais.

Nesta palestra procuraremos dar uma visão geral das técnicas matemáticas usadas em computação visual, e alguns exemplos específicos tirados de nossas pesquisas recentes.

Métodos Matemáticos em Computação Visual

Jorge Stolfi

Instituto de Computação (IC)

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Campinas, SP, Brasil

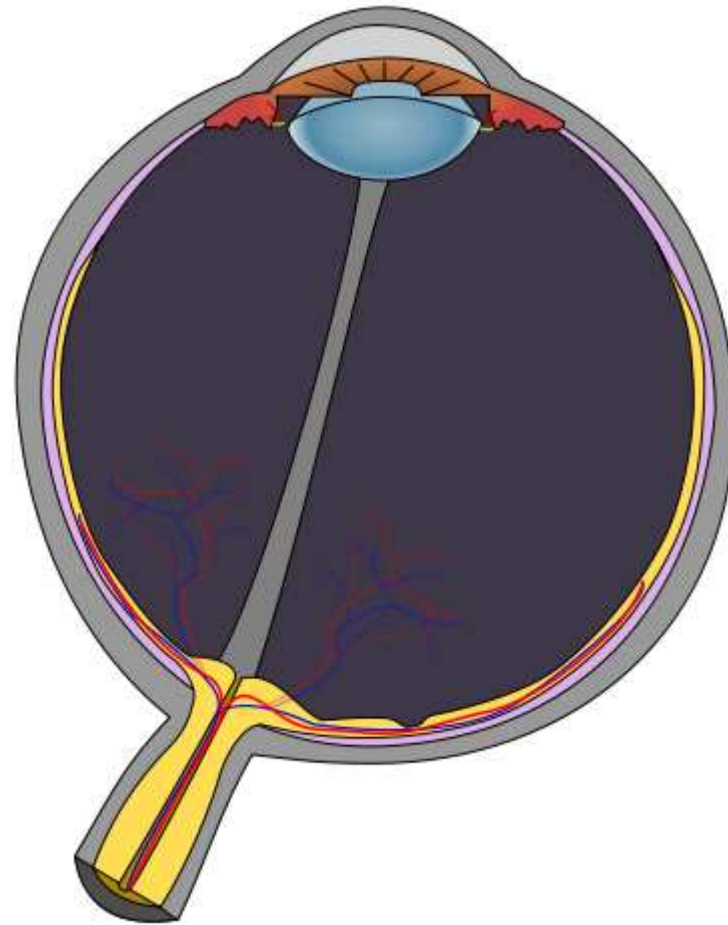
`stolfi@ic.unicamp.br`

RESUMO DA PALESTRA

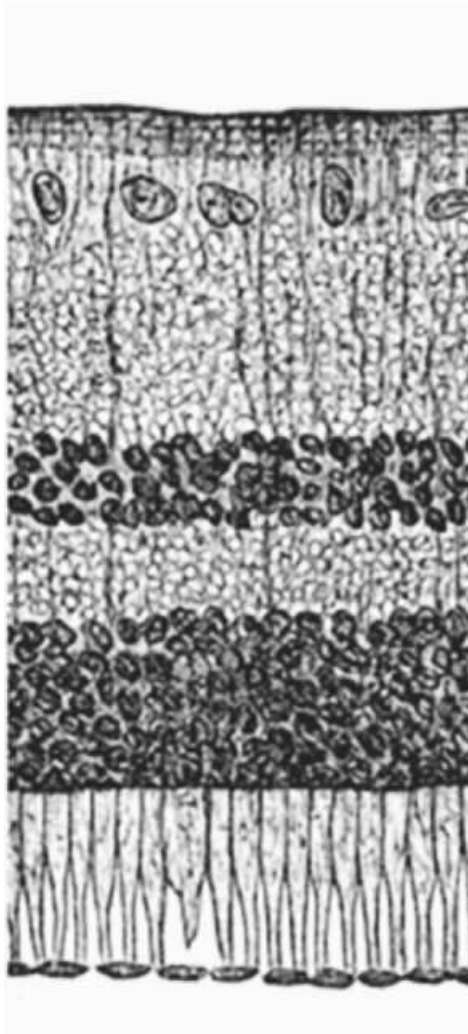
- Visão humana.
- Imagens digitais.
- Modelos geométricos.
- (Dispositivos e processadores.)
- Sub-áreas da computação visual.
 - Síntese de imagens.
 - Processamento de imagens.
 - Análise de imagens.
 - Modelagem geométrica.
 - Sistemas de informações visuais.



O olho humano

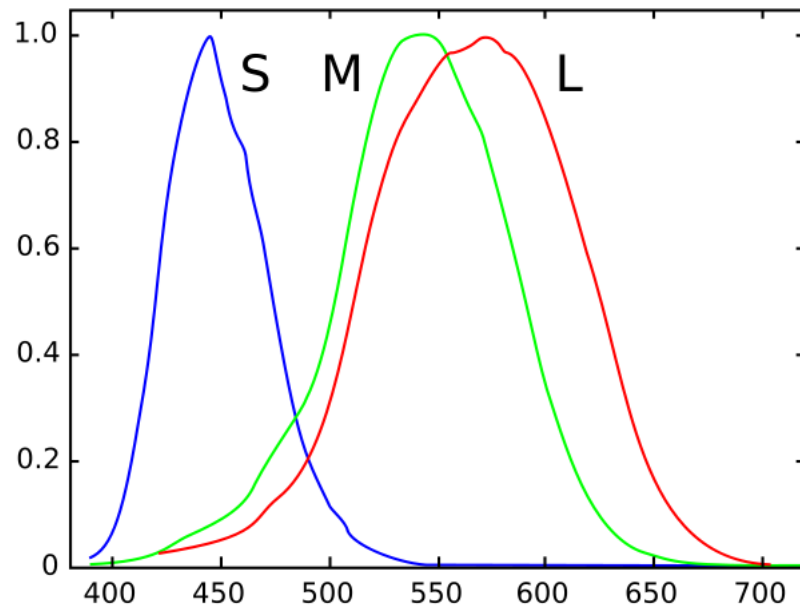


Capacidade da visão humana



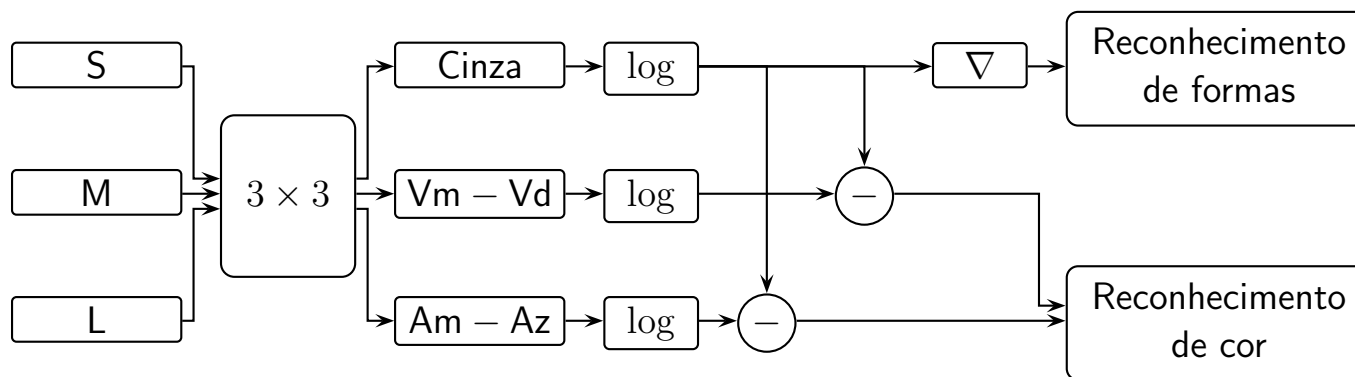
- 130.000.000 células receptoras na retina.
- 1.200.000 fibras no nervo ótico.
- 600.000 bits por segundo total.
- discriminação angular 1:2000.
- discriminação temporal 0.020 segundos.
- 10 bilhões de neurônios.
- 100 a 1000 entradas por neurônio.

Visão colorida

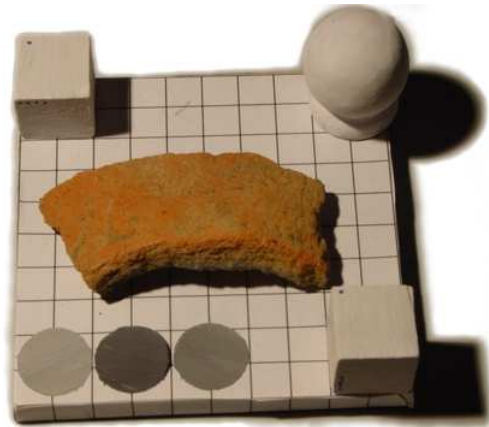
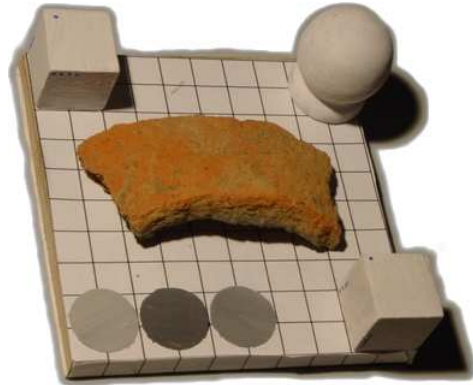


- 1000 tons de cinza (local).
- 100 tons de Vm-Vd (distante).
- 30 tons de Am-Az (distante).
- 3.000.000 cores distintas.

Croma e intensidade

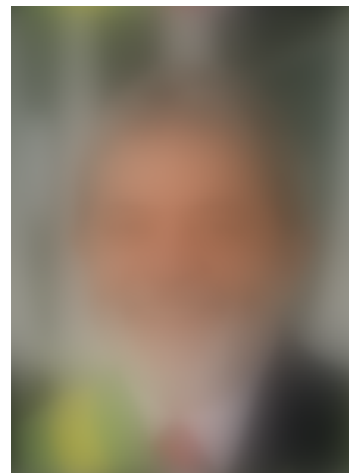


Visão estereoscópica



- Disparidade binocular.
- Luz e sombra.
- Foco.
- Oclusão.
- Movimento.
- Conhecimento do mundo.

Freqüências espaciais



Imagens digitais

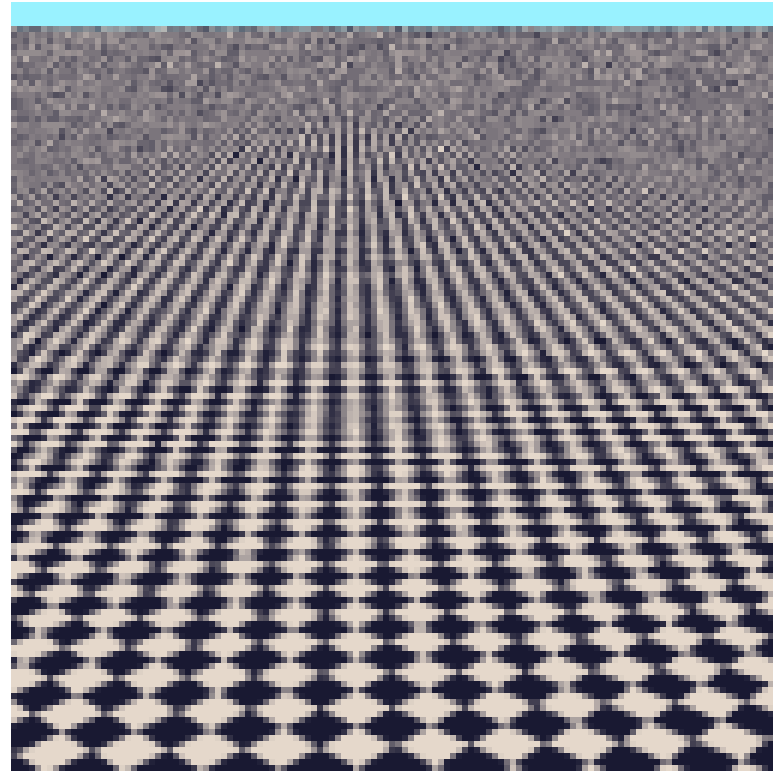
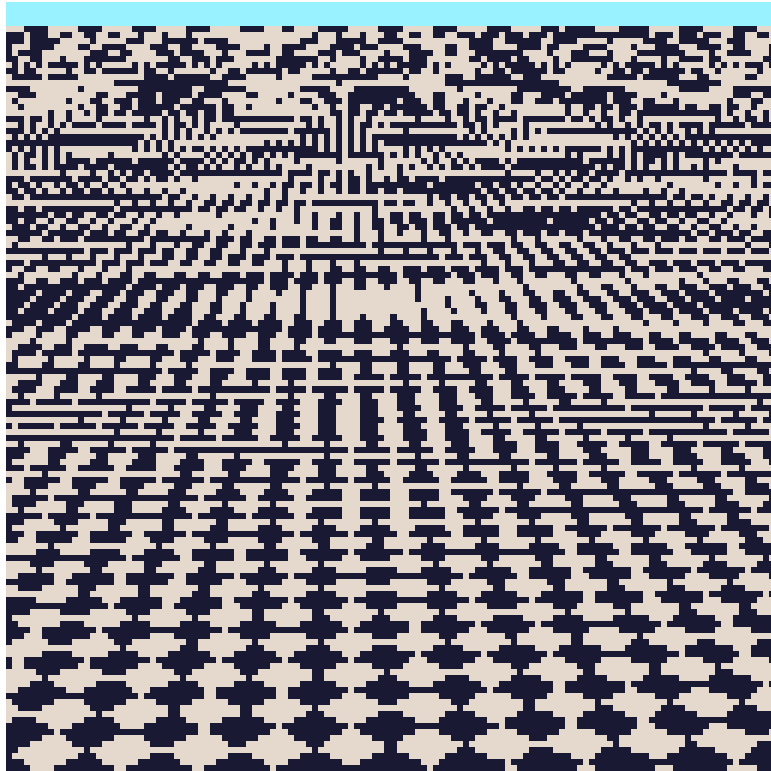
A imagem digital como matriz de números:

254	255	253	253	255	254	254	254	255	253	253	255	254
255	253	255	245	175	148	149	148	175	244	255	253	255
253	255	225	127	191	242	250	243	191	126	225	255	253
255	247	126	229	255	251	255	251	255	229	126	247	255
255	173	185	255	9	99	255	99	9	255	185	173	255
255	148	237	255	101	160	255	160	101	255	237	148	255
255	151	245	224	255	254	254	254	255	225	245	150	255
255	148	241	161	232	255	253	255	232	161	241	148	255
255	172	190	223	103	206	240	207	103	223	191	172	255
255	247	125	233	223	115	99	115	223	233	125	247	255
253	255	226	125	198	255	253	255	198	125	226	255	253
255	253	255	245	174	145	149	145	174	245	255	253	255
254	255	253	253	255	254	254	254	255	253	253	255	254



Captura de imagens

Aliasing



Interpretação de imagens digitais (1)

Interpretação ingênua (discreta)



Ampliada 31%

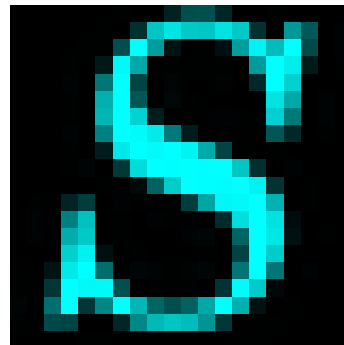


Imagem original



Rodada 23°

Interpretação de imagens digitais (2)

Interpretação correta (contínua)



Ampliada 31%

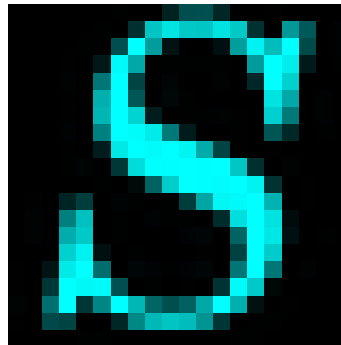


Imagem original



Rodada 23°

Interpretação de sinais digitais (3)

Interpolação implícita em segmentação

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Imagem digital

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

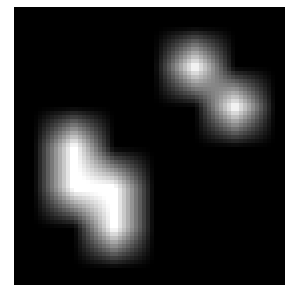
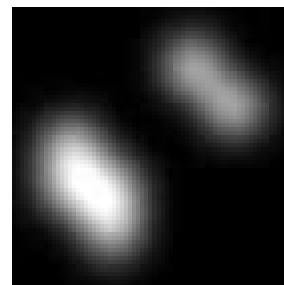
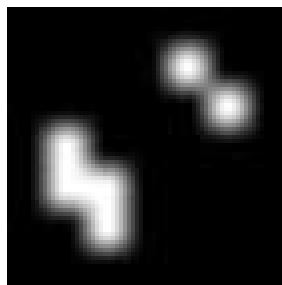
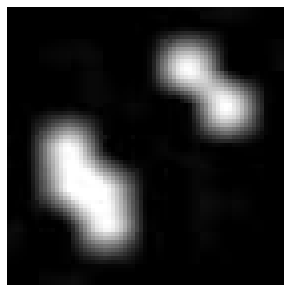
Segmentação 1

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Segmentação 2

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Segmentação 3



Interpolação

Modelagem geométrica e física

- Formas
- Textura
- Acabamento e cor
- Movimento
- Física



- Modelagem de curvas
- Modelagem de superfícies
- Modelagem de sólidos
- Modelos implícitos e paramétricos
- Geometria construtiva
- Deformações do espaço
- Modelagem orgânica

Modelagem implícita de sólidos

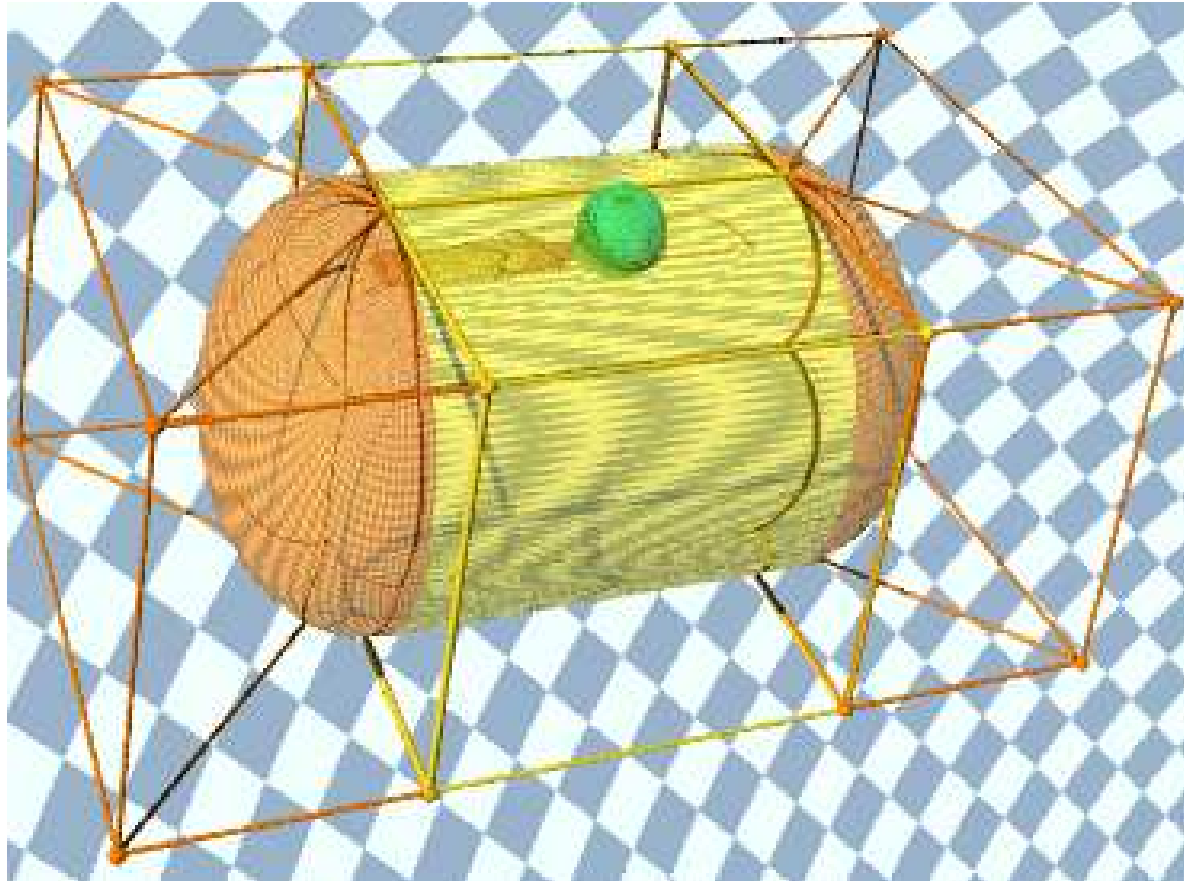


$$X^2 + Y^2 + Z^2 - 1 \leq 0$$



$$\left(\frac{X^2 + Y^2}{4} - 1 \right)^2 + Z^2 - 1 \leq 0$$

Modelagem paramétrica de superfícies



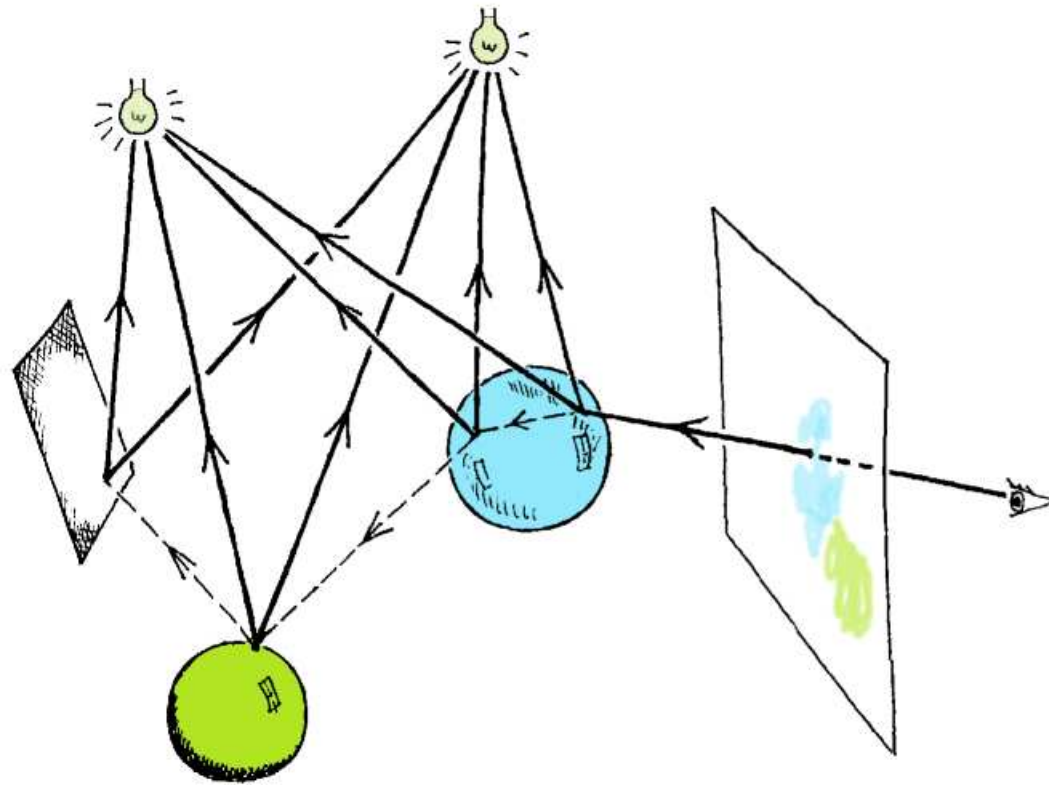
Geometria costrutiva



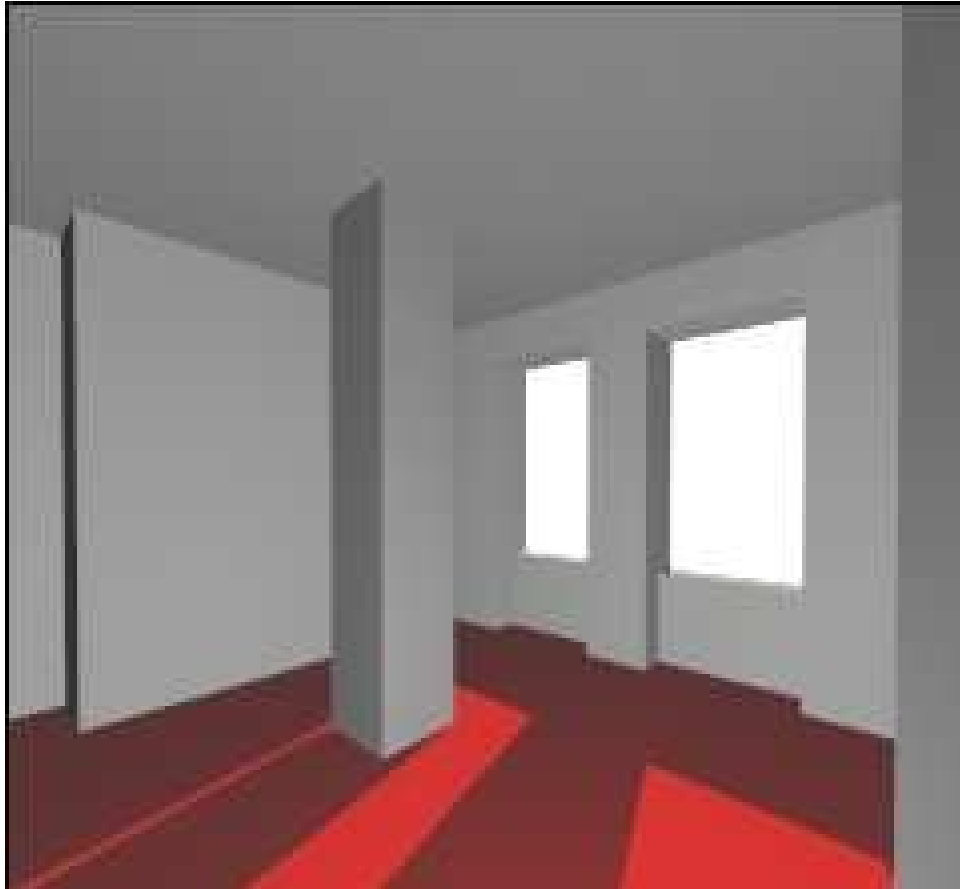
Síntese de imagens

- Síntese em tempo real.
- Traçado de raios.
- Radiosidade.
- Estereogramas.
- Holografia.
- Síntese não realista.
- Animação.

Síntese por traçado de raios



Radiosidade

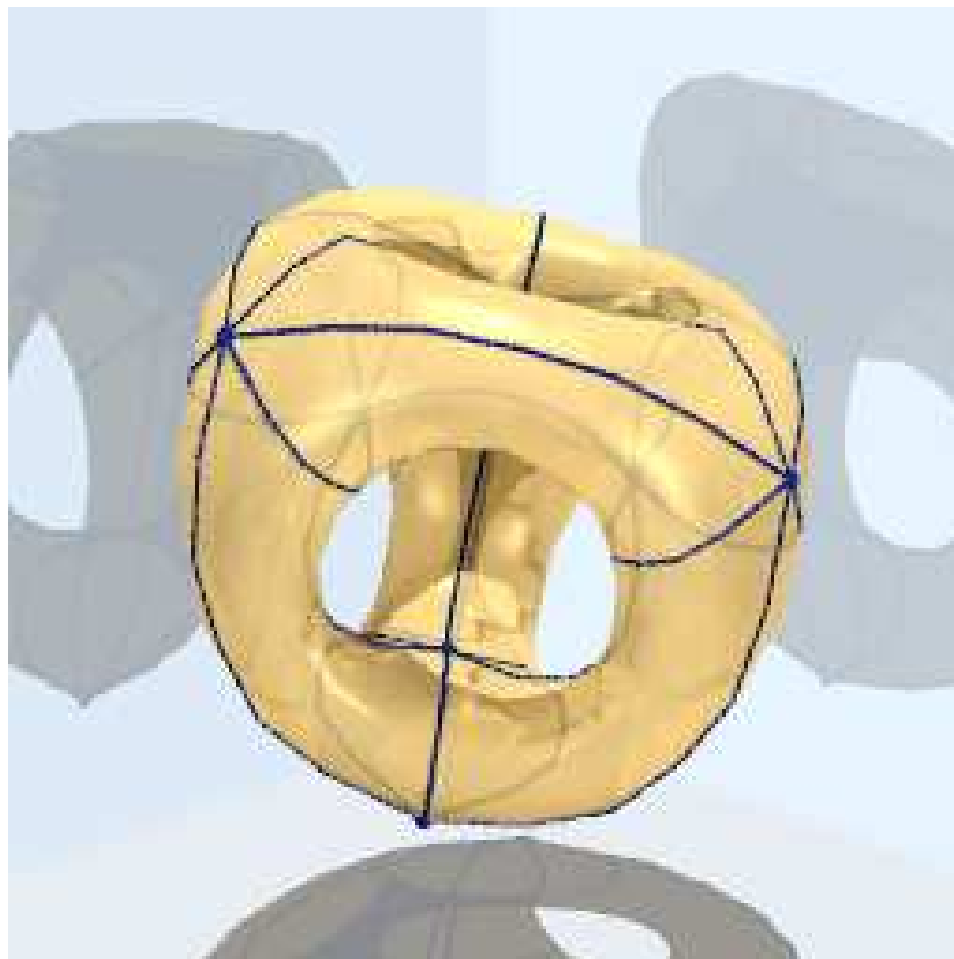


Traçado de raios

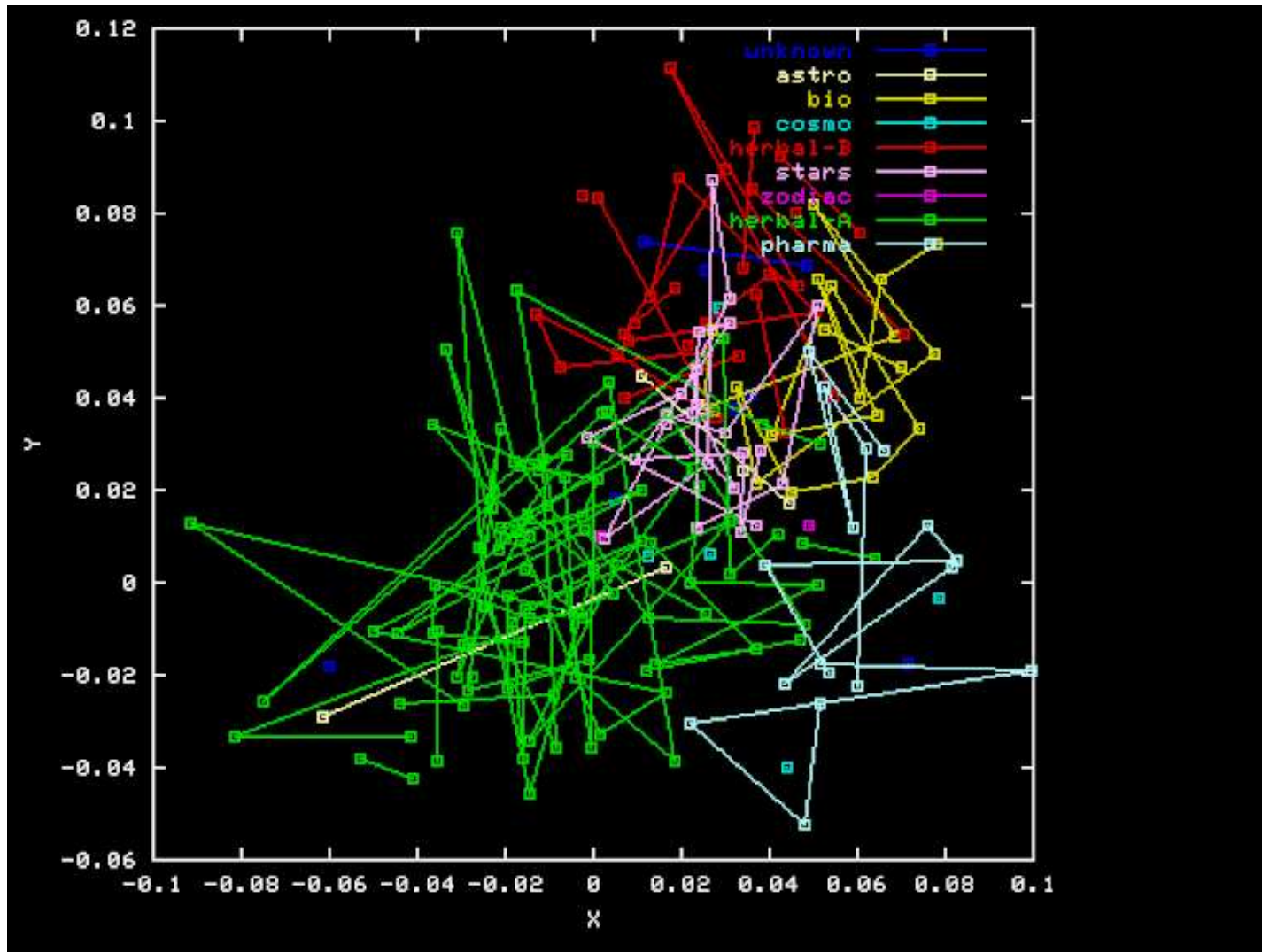


Radiosidade

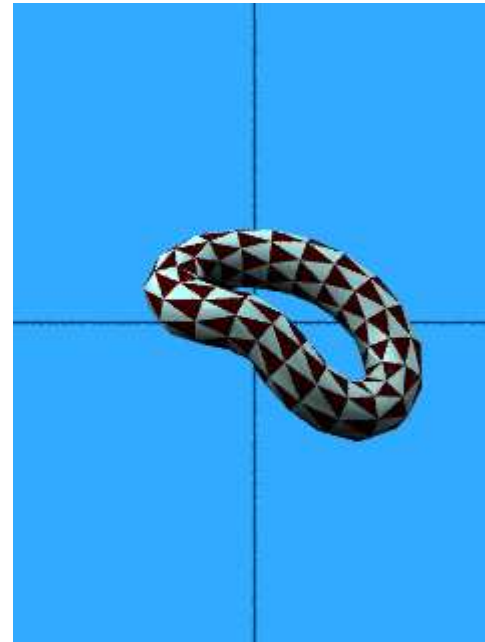
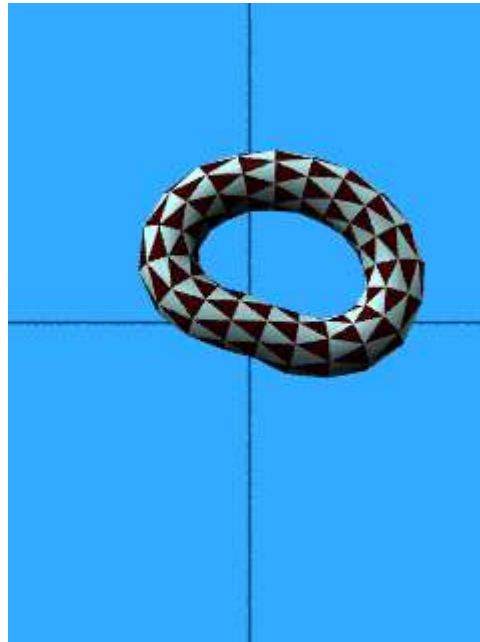
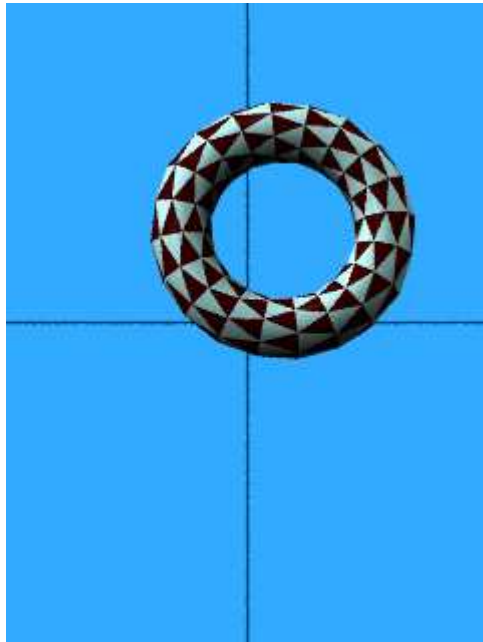
Visualização de dados (1)



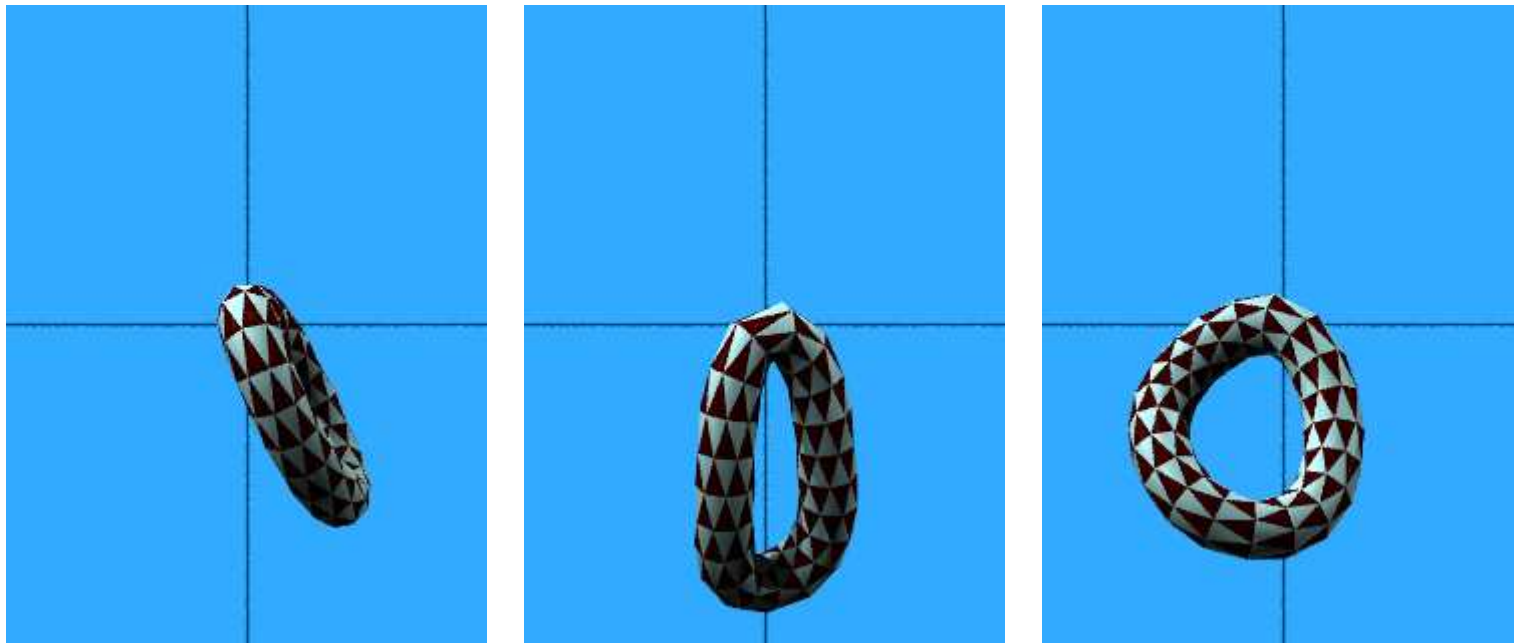
Visualização de dados (2)



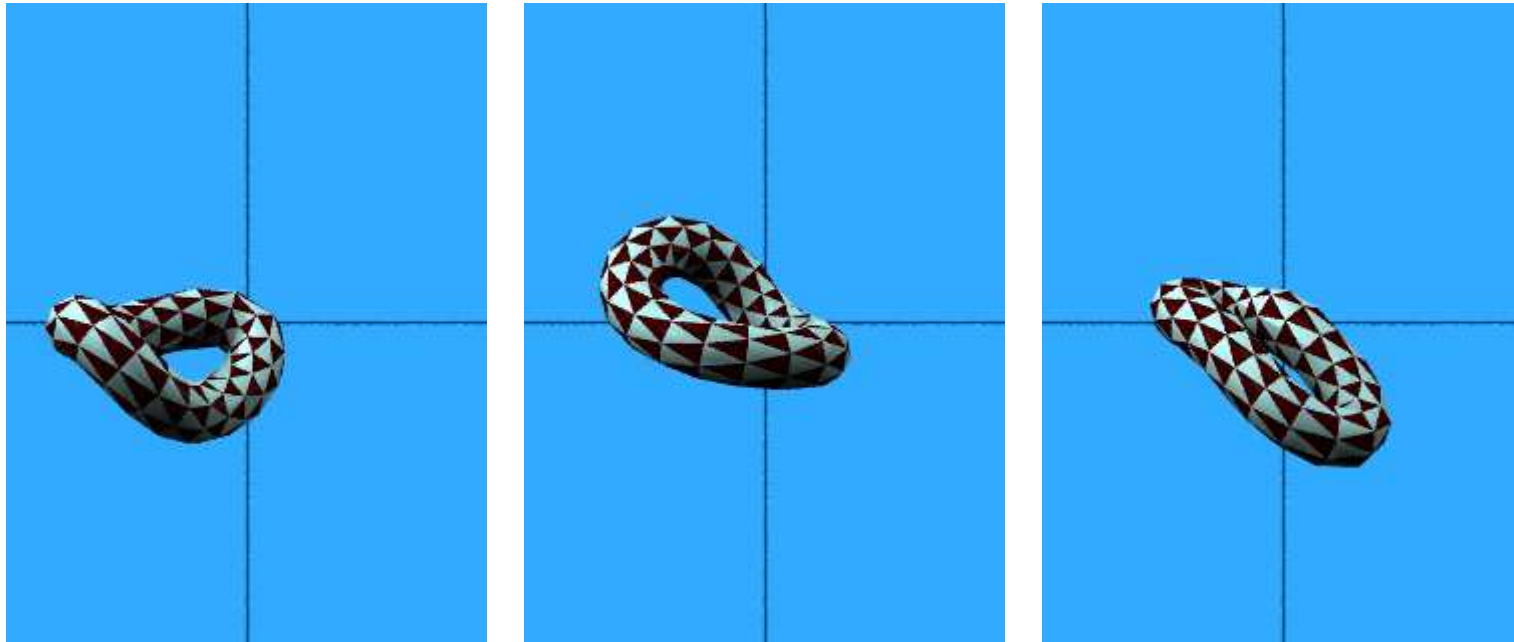
Animação dinâmica (1)



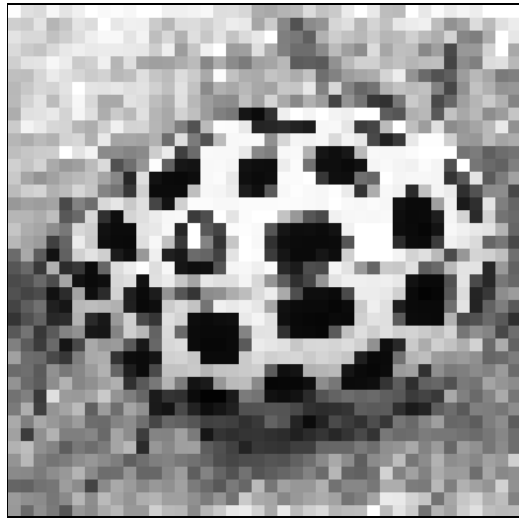
Animação dinâmica (2)



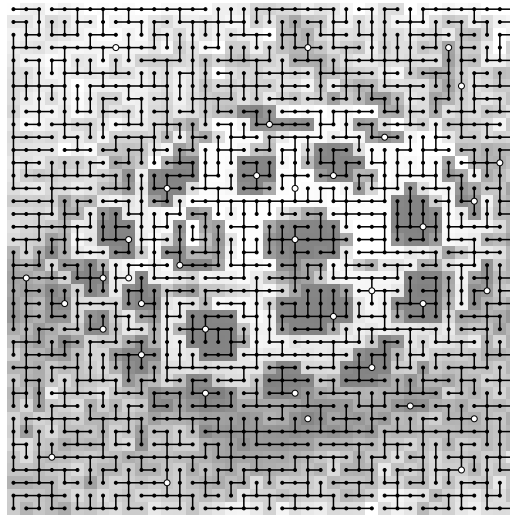
Animação dinâmica (3)



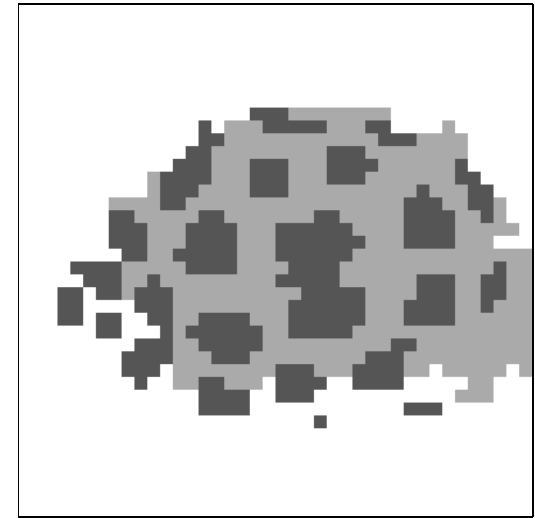
Segmentação



Imagem

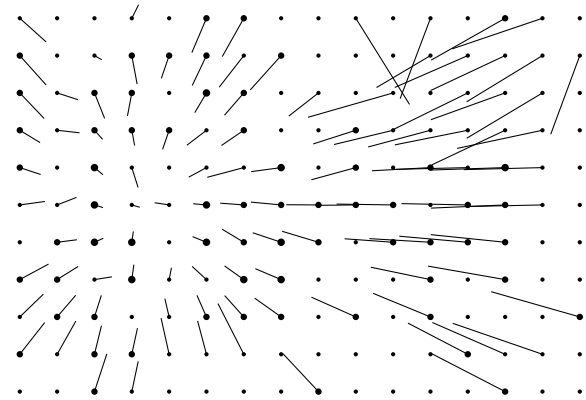
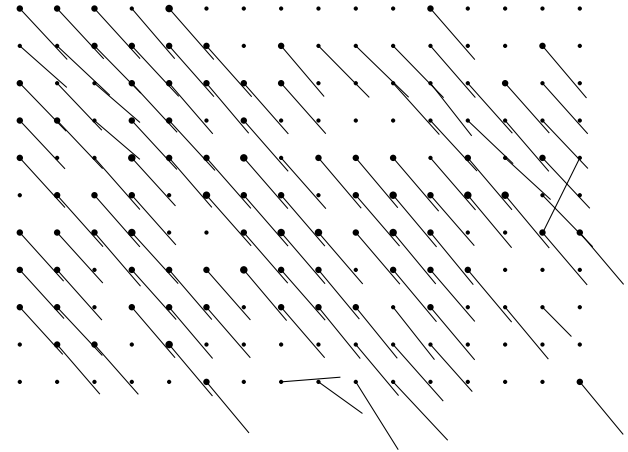


Floresta

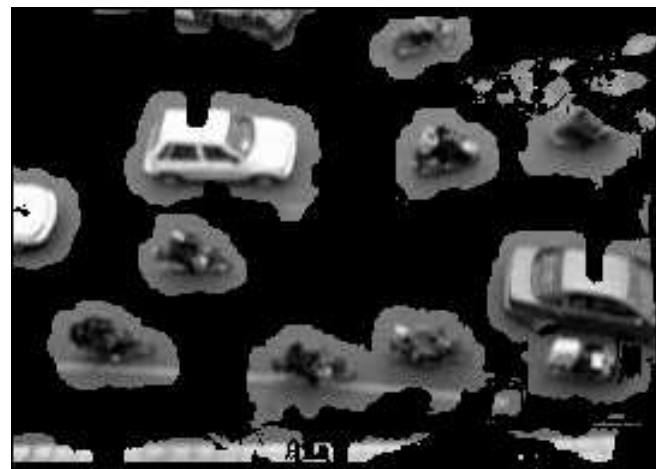


Segmentos

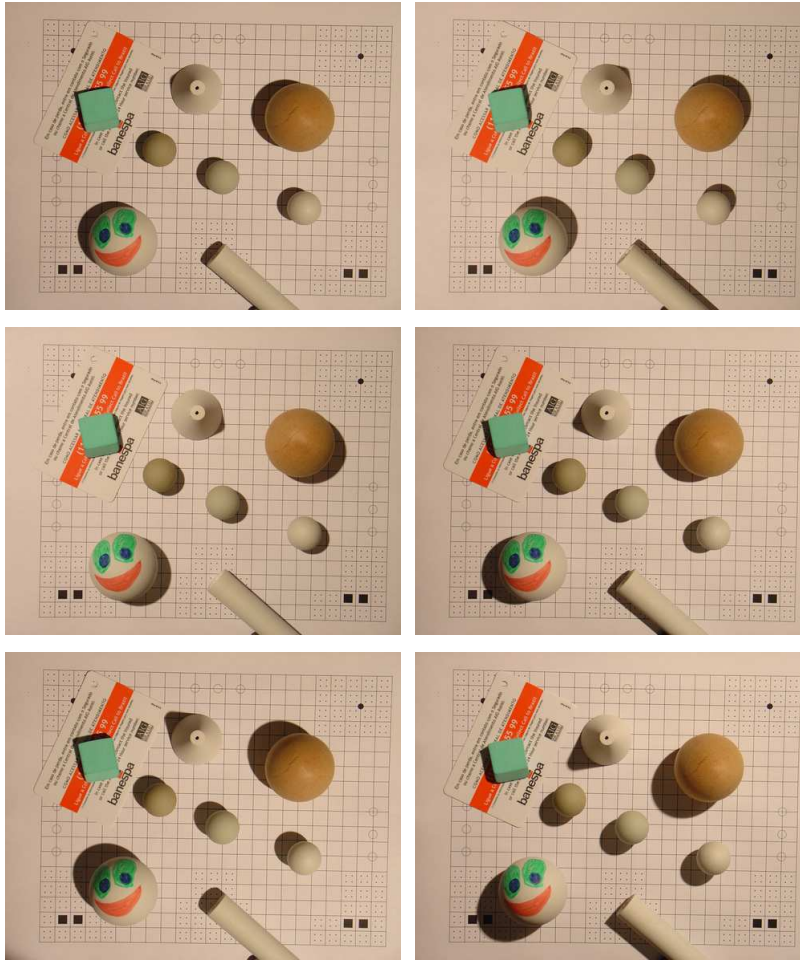
Fluxo óptico



Segmentação por movimento



Estéreo Fotométrico



CONCLUSÕES

- Computação visual usa muita matemática ...
- ... mas principalmente de graduação.
- Robustez e rapidez são mais importantes que precisão.
- Há muito espaço para pesquisa.
- Pesquisa é vizinha da aplicação.
- Resultados podem ser pendurados na parede!