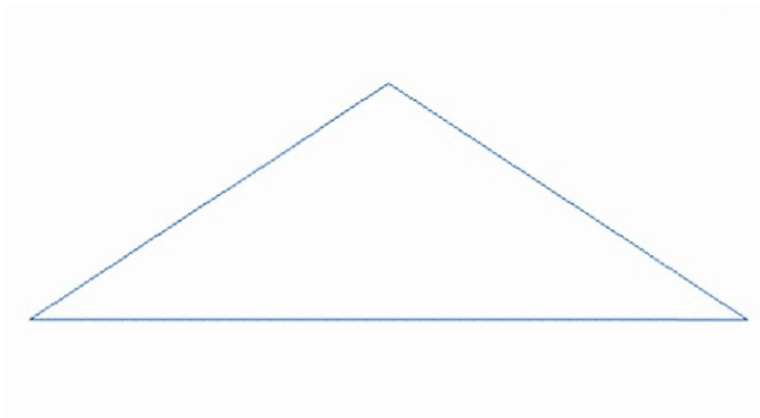


Textura: Mapeamento

Watt – Capítulo 8, Seção 16.2
Redbook – Capítulo 10

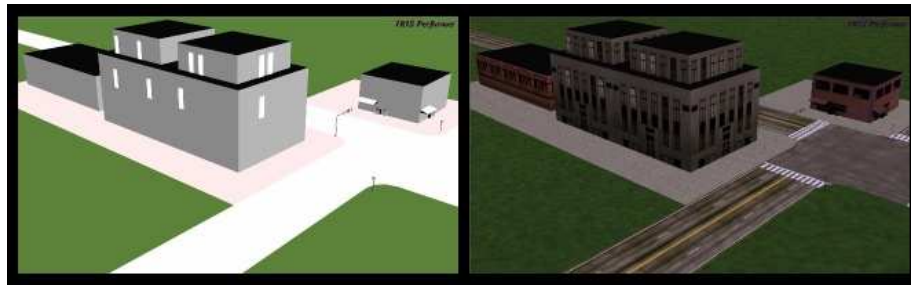
Como aumentar o realismo?

Alternativa 1: modelos geométricos refinados → tonalização



Como aumentar o realismo?

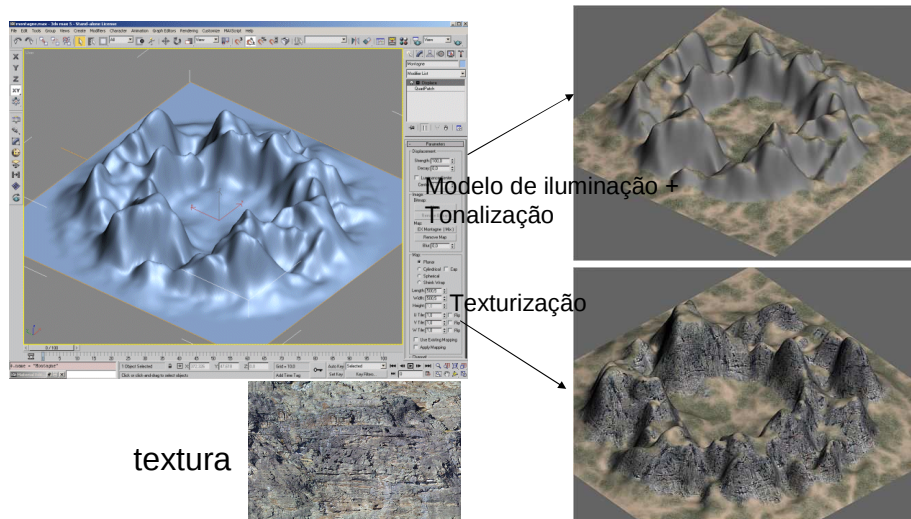
Alternativa 2: modelos geométricos simples → texturização



IA725 – 1s2012 - Ting

Como aumentar o realismo?

Alternativa 2: modelos geométricos simples → texturização



IA725 – 1s2012 - Ting

http://www.amarhys.com/ressources/tutoriaux/tut01_gb.htm

Textura em Síntese de Imagens

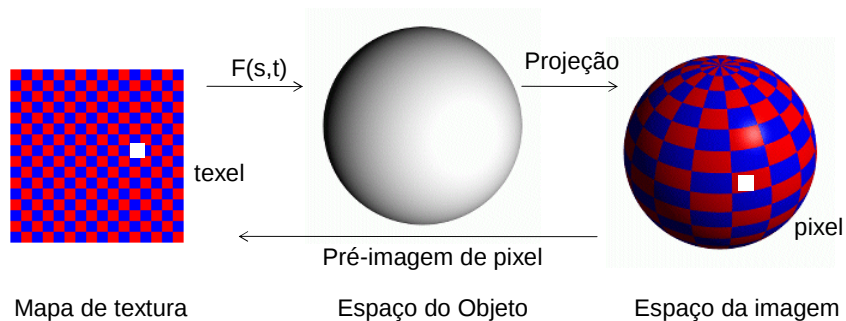
- Prover uma forma eficiente de lidar com as diferenças de reflectância difusa ponto-a-ponto em uma superfície (Catmull, 1975).
- Adicionar detalhes a uma superfície sem onerar o processo de renderização.



IA725 – 1s2012 - Ting

Mapas de Textura

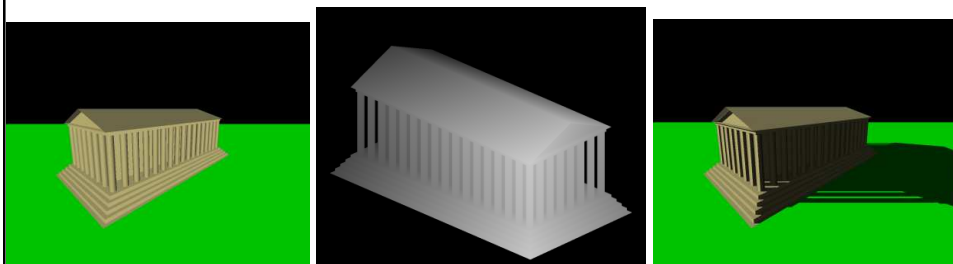
- Funções ou imagens que alteram os atributos de uma figura geométrica. Tal função ou imagem é chamada de mapa de textura.



IA725 – 1s2009 - Ting
IA725 – 1s2012 - Ting

Atributos “Moduláveis”

- Componente Difusa da Cor: (R_d, G_d, B_d)
- Componente Especular da Cor: (R_s, G_s, B_s)



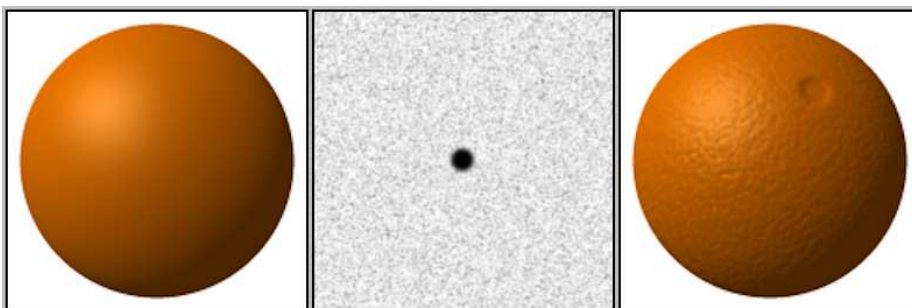
shadow map

IA725 – 1s2012 - Ting

http://en.wikipedia.org/wiki/Shadow_mapping

Atributos “Moduláveis”

- Vetores normais: (n_x, n_y, n_z)



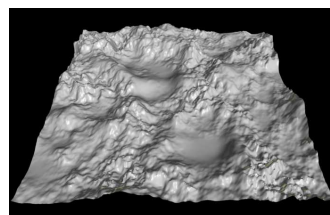
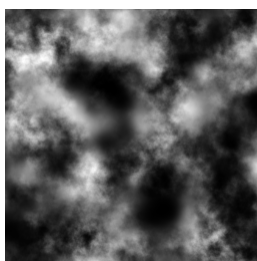
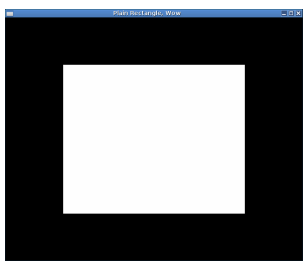
bump map

IA725 – 1s2009 - Ting
IA725 – 1s2012 - Ting

http://en.wikipedia.org/wiki/Bump_mapping

Atributos “Moduláveis”

- Posições: (x,y,z)



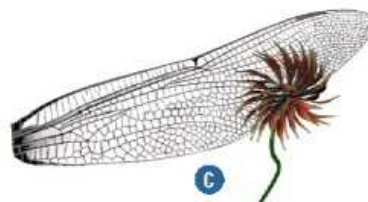
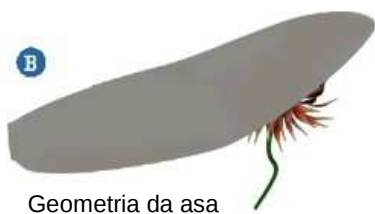
heightmap

IA725 – 1s2009 - Ting
IA725 – 1s2012 - Ting

<http://en.wikipedia.org/wiki/Heightmap>

Atributos “Moduláveis”

- Transparência: opacidade α



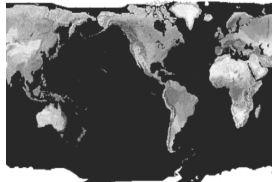
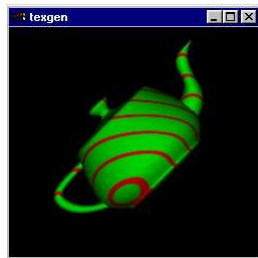
http://softimage.wiki.softimage.com/xsidocs/tex_maps_CreatingaTransparencyMap.htm

IA725 – 1s2009 - Ting
IA725 – 1s2012 - Ting

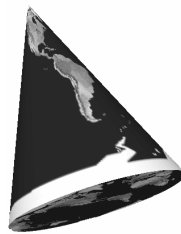
Dimensão de Mapas

Textura 1D

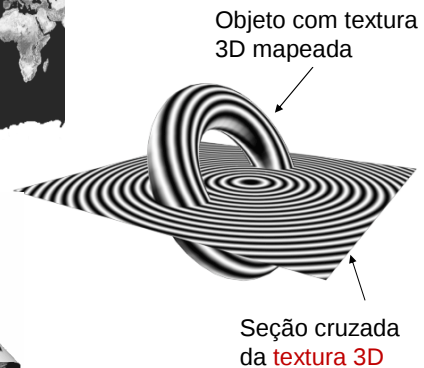
Objeto com textura
1D mapeada



Textura 2D

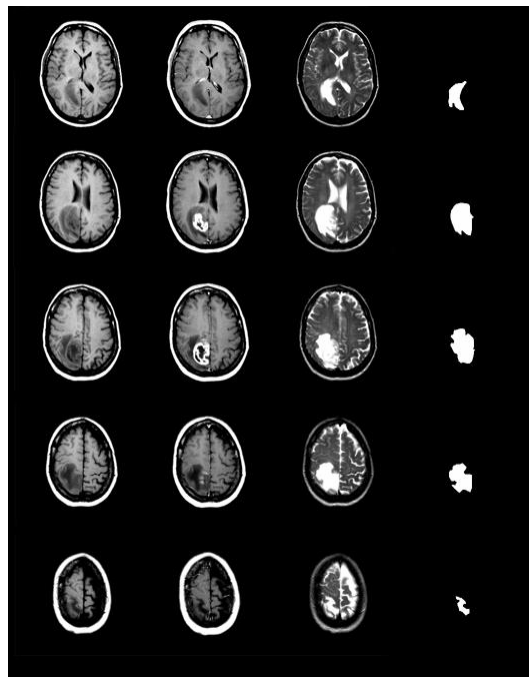
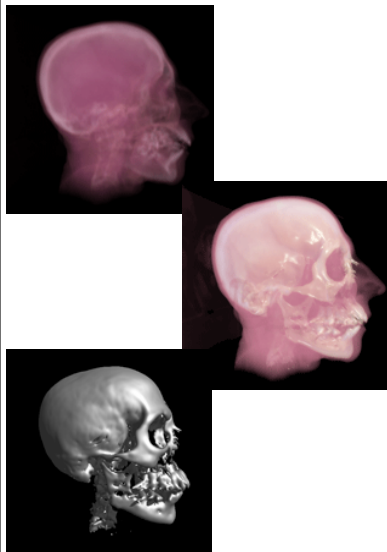


Objeto com textura
2D mapeada



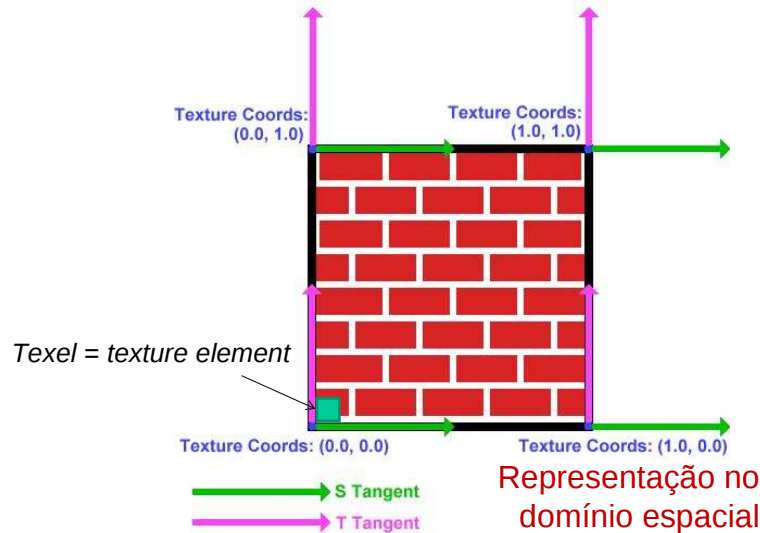
IA725 – 1s2012 - Ting

Textura 3D



IA725 – 1s2012 - Ting

spaço de Mapas de Textura 2D

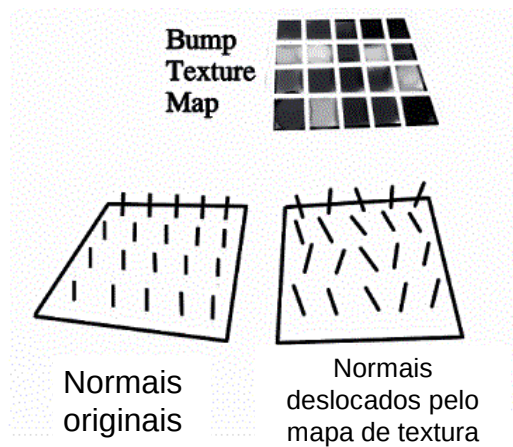
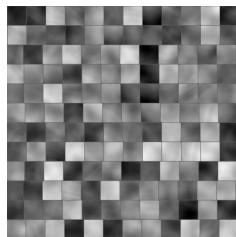


IA725 – 1s2012 - Ting

<http://www.paulsprojects.net/tutorials/simplebump/simplebump.html>

Mapa de Textura

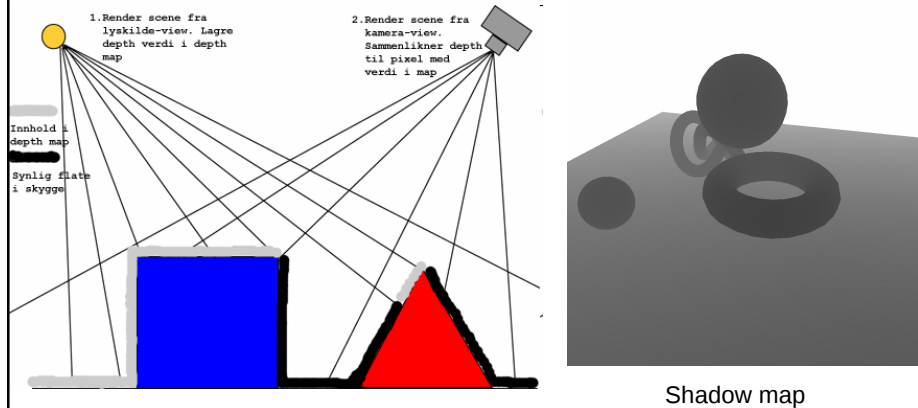
- Utiliza texturas para perturbar a direção do vetor normal de cada ponto da superfície (Blinn, 1978).



IA725 – 1s2012 - Ting

http://viz.aset.psu.edu/gho/sem_notes/color_3d/html/surfaces.html

Mapa de Textura

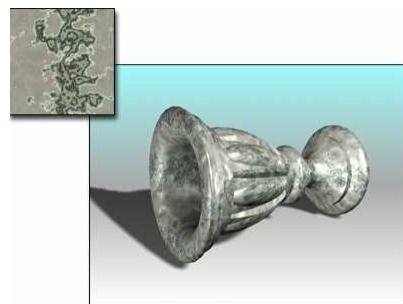
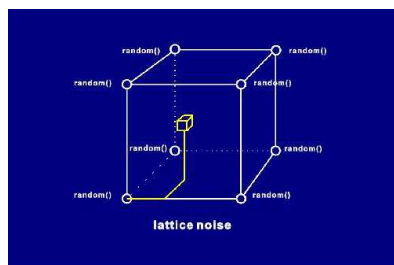
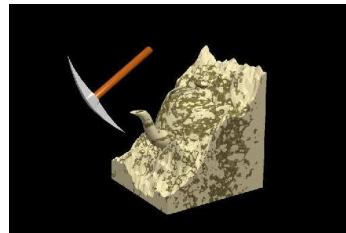


IA725 – 1s2012 - Ting

<http://www.ia.hiof.no/~borres/cgraph/explain/shadow/p-shadow.html>

Textura Procedural Perlin

- Utiliza ruídos (de Perlin) para perturbar os atributos de cada fragmento.
- Textura (de ruídos) pré-computada.
- Outros valores por interpolação trilinear.



IA725 – 1s2012 - Ting

<http://mrl.nyu.edu/~perlin/doc/oscar.html>

Função de Ruído de *Perlin*

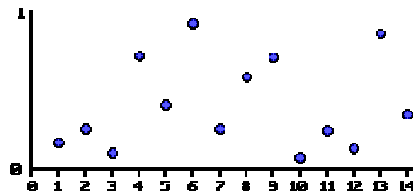
Gerador de valores aleatórios $(x,y,z) \rightarrow$ ruído

$$n = x + y * 57 + z * 13;$$

$$n = (n < 13) \wedge n;$$

$$\text{noise} = 1.0 -$$

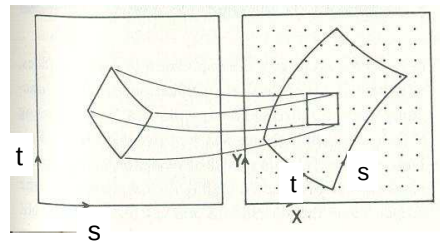
$$((n * (n * 15731 + 789221) + 1376312589) \& 0x7fffffff) / 1073741824.0;$$



IA725 – 1s2012 - Ting

Mapeamento

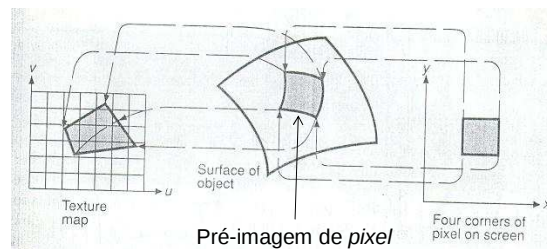
▪ Método Direto



$$x = x(s,t)$$

$$y = y(s,t)$$

▪ Método Inverso



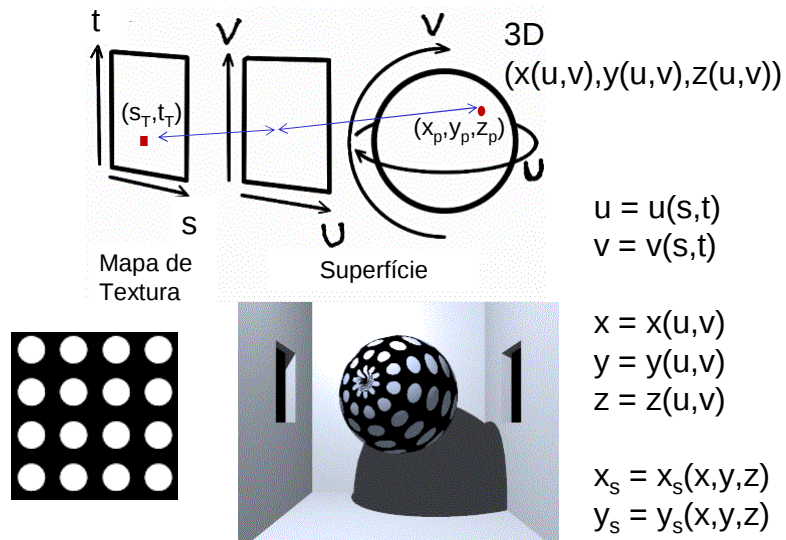
$$s = s(x_s, y_s)$$

$$t = t(x_s, y_s)$$

IA725 – 1s2012 - Ting

Mapeamento

Método Direto

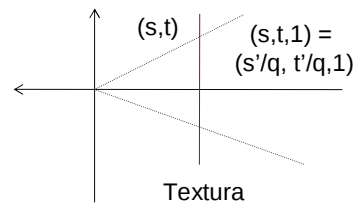


IA725 – 1s2012 - Ting

Texturização de Malhas Poligonais

Mapeamento direto

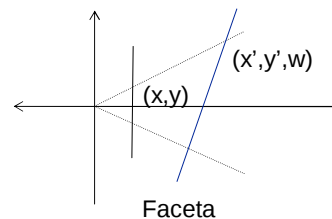
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s' \\ t' \\ q \end{bmatrix}$$



$$(x, y) = (x' / w, y' / w)$$

$$(s, t) = (s' / q, t' / q)$$

$$i = 1$$



IA725 – 1s2012 - Ting

Texturização de Malhas Poligonais

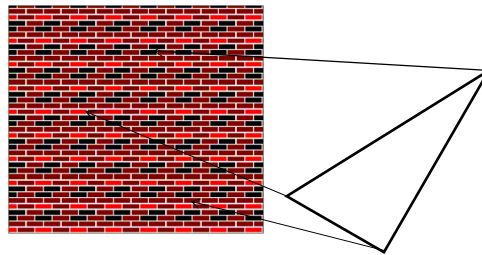
Mapeamento Inverso

$$\begin{bmatrix} s' \\ t' \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ei - fh & ch - bi & bf - ce \\ fg - di & ai - cg & cd - af \\ dh - eg & bg - ah & ae - bd \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ w \end{bmatrix}$$

$$(x, y) = (x' / w, y' / w)$$

$$(s, t) = (s' / q, t' / q)$$

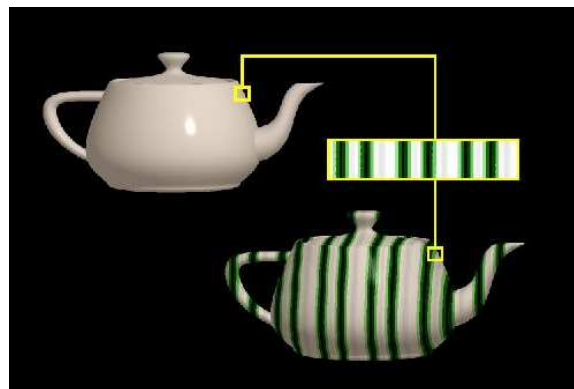
$$i = 1$$



IA725 – 1s2012 - Ting

Mapeamento

Método Inverso



IA725 – 1s2012 - Ting

Texturização

Modo Inverso

Funções de projeção: derivar coordenadas (s,t) a partir das coordenadas do modelo geométrico (x,y)

Modo de Correspondência: modo de tratamento quando as coordenadas (s,t) estiverem fora do domínio

Aplicação da textura sobre fragmentos: modo de aplicação dos valores contidos no texel (s,t) sobre os valores do fragmento (x,y)

IA725 – 1s2012 - Ting

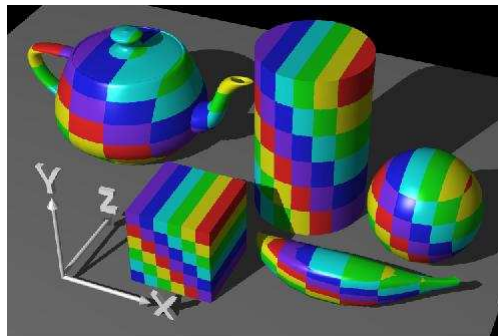
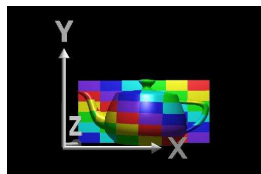
Mapeamento Linear

Método Inverso

- A textura 2D é projetada ortogonalmente em uma dada direção.

Direção z: $s=x$

$t=y$



IA725 – 1s2012 - Ting

Mapeamento Esférico

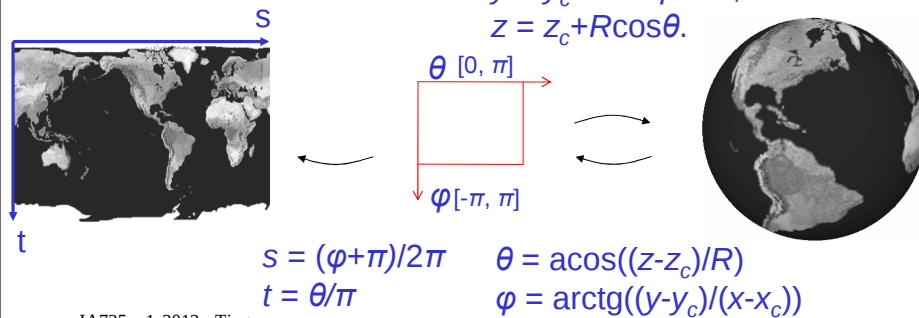
Método Inverso

- Mapeamento de $(u,v) \in [0,1]^2$ sobre a longitude e latitude de uma esfera.
- Para uma esfera de raio R com centro em (c_x, c_y, c_z) , a equação paramétrica dessa esfera é:

$$x = x_c + R \cos \varphi \sin \theta,$$

$$y = y_c + R \sin \varphi \sin \theta,$$

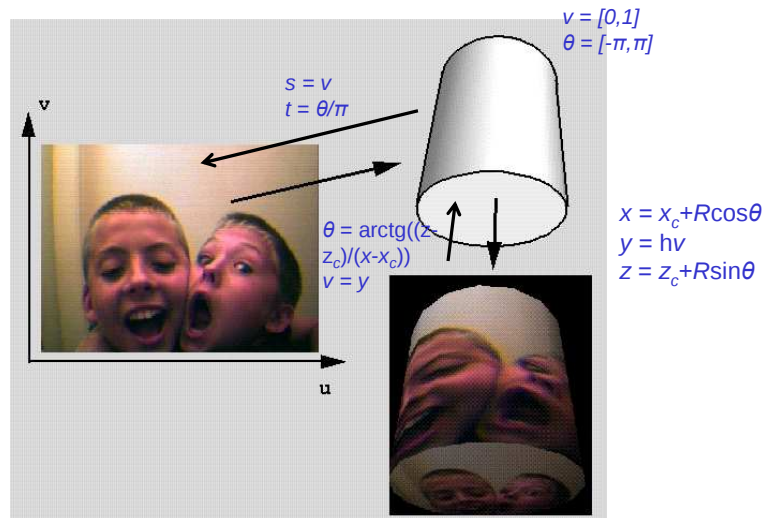
$$z = z_c + R \cos \theta.$$



IA725 – 1s2012 - Ting

Mapeamento Cilíndrico

Método Inverso



IA725 – 1s2012 - Ting

Modo de Correspondência



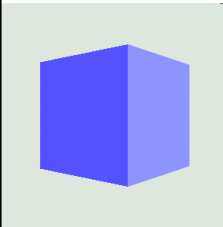
Repetição



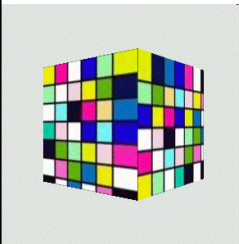
Supressão/clamp



Aplicação de *Texels* sobre Fragmentos



Modelo



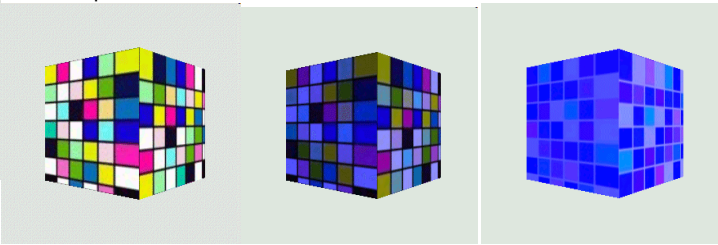
Textura

Mode	Result color	Result transparency
REPLACE	T_{rgb}	T_a
DECAL	$S_{rgb} * (1 - T_a) + T_{rgb} * T_a$	S_a
MODULATE	$S_{rgb} * T_{rgb}$	$S_a * T_a$
BLEND	$S_{rgb} * (1 - T_{rgb}) + B_{rgb} * T_{rgb}$	$S_a * T_a$

Replace/Decal

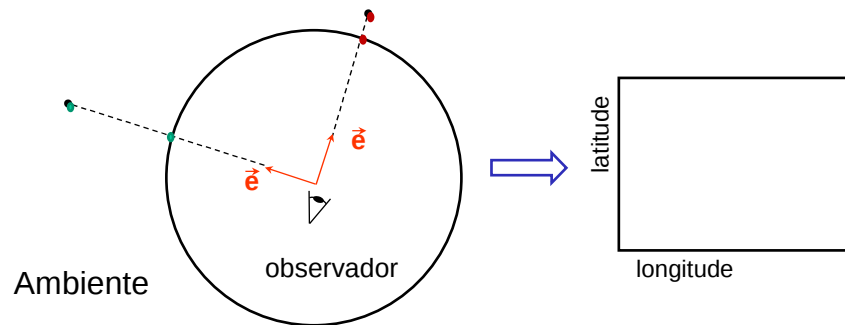
Modulate

Blend



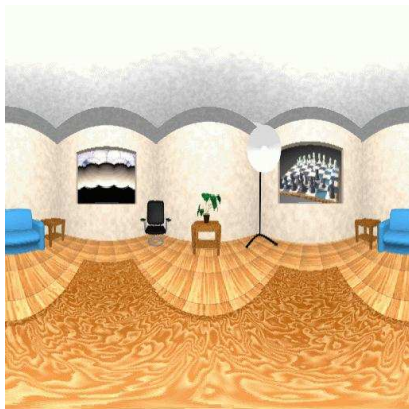
Environment mapping

- Técnica simples e eficaz de simular reflexos produzidos por superfícies espelhadas. Requer o mapa de reflexão.



IA725 – 1s2012 - Ting

Mapa de Reflexão Latitude-Longitude Exemplo



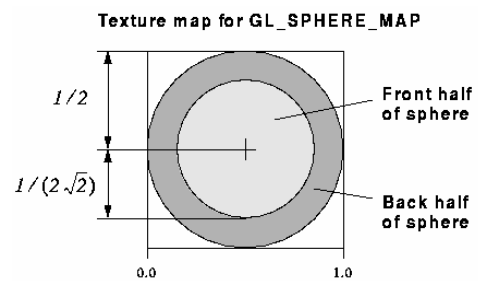
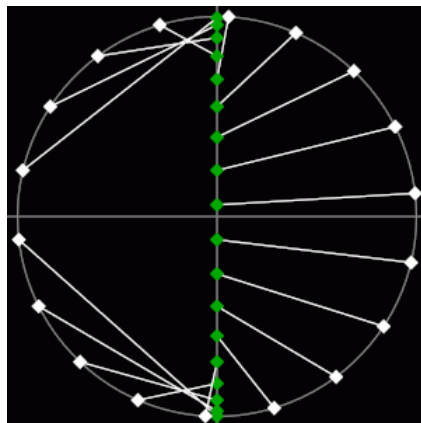
<http://www.reindelsoftware.com/Documents/Mapping/Mapping.html>

IA725 – 1s2012 - Ting

Mapa de Textura de Reflexão



Mapa de Reflexão Esférico



Sphere Mapping

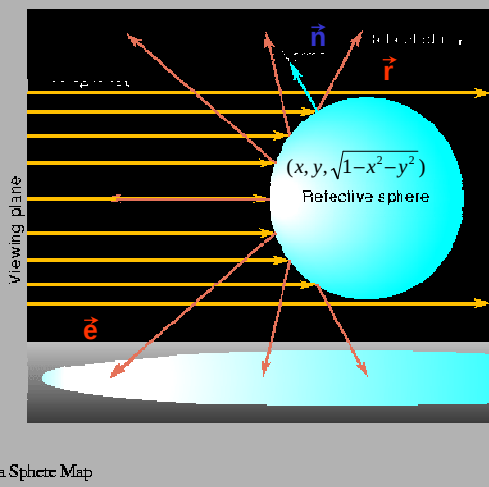


Figure 66. Creating a Sphere Map

1A725 – 1s2012 - Ting

$$\frac{x}{2} = s - \frac{1}{2}$$

$$\frac{y}{2} = t - \frac{1}{2}$$

$$z = \sqrt{1 - x^2 - y^2}$$

$$r = \bar{e} - 2(\bar{e} \cdot \bar{n})\bar{n}$$

$$\bar{e} = (0, 0, -1)$$

$$\bar{n} = (x, y, \sqrt{1 - x^2 - y^2})$$

$$r_x = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}x$$

$$r_y = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}y$$

$$r_z = 2(1 - x^2 - y^2) - 1$$

$$r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2 = 4(1 - x^2 - y^2)$$

Sphere Mapping

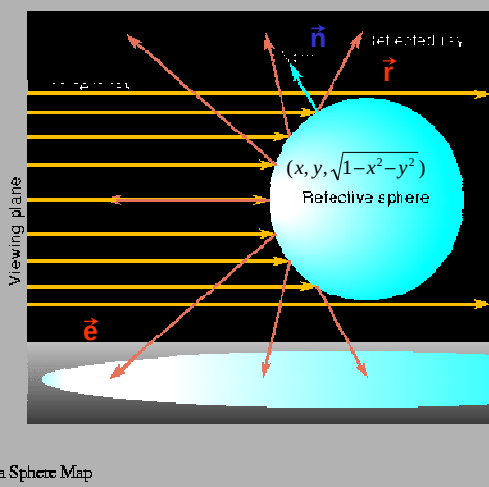


Figure 66. Creating a Sphere Map

1A725 – 1s2012 - Ting

$$\frac{x}{2} = s - \frac{1}{2}$$

$$\frac{y}{2} = t - \frac{1}{2}$$

$$r_x = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}x$$

$$r_y = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}y$$

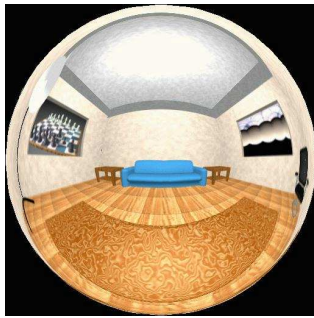
$$\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2} = 2\sqrt{1 - x^2 - y^2}$$

$$s = \frac{r_x}{2\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2}} + \frac{1}{2}$$

$$t = \frac{r_y}{2\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + (r_z + 1)^2}} + \frac{1}{2}$$

Sphere mapping

Exemplo



Mapa de textura

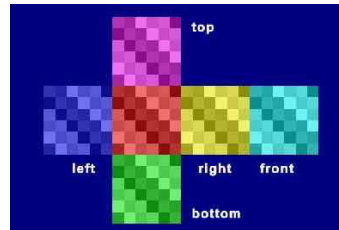
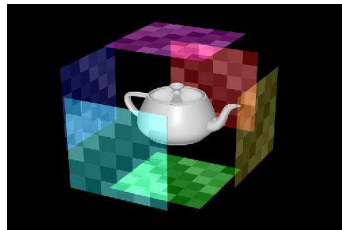


Modelo texturizado

IA725 – 1s2012 - Ting

Mapeamento cúbico

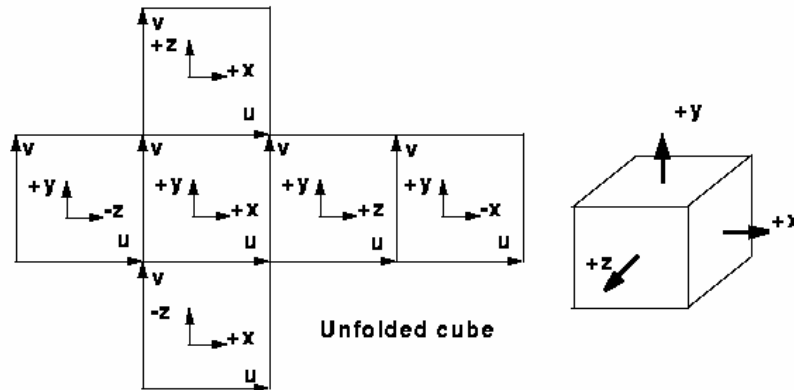
- Mapeamento de $(u,v) \in [0,1]^2$ sobre cada lado de um cubóide. Em vez de usar um mapa de textura, utilizam-se seis mapas – um para cada lado do cubo.



- Ex.: Para mapear os lados da frente e de trás, elimina-se a coordenada z do ponto do objeto. As coordenadas xy restantes são utilizadas como no mapeamento planar.

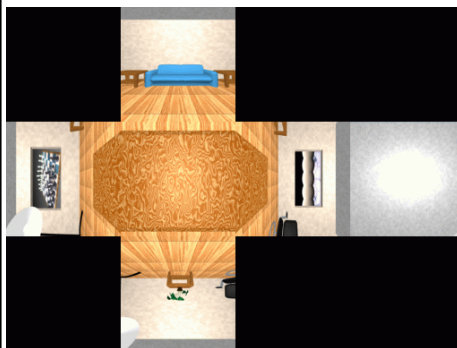
IA725 – 1s2012 - Ting

Mapeamento Cúbico



IA725 – 1s2012 - Ting

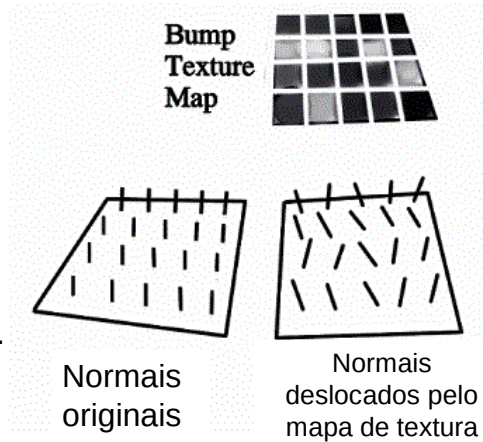
Mapeamento Cúbico



IA725 – 1s2012 - Ting

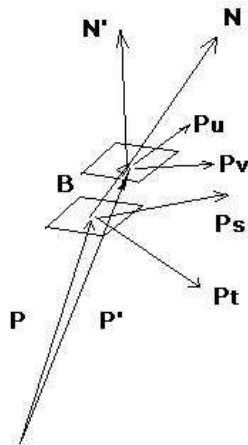
Bump mapping

- Utiliza texturas para perturbar a direção do vetor normal de cada ponto da superfície (Blinn, 1978).
- Não modifica a forma da superfície.
- Modelo de iluminação usa o vetor normal modificado.



IA725 – 1s2012 - Ting

Bump mapping Blinn



$$\vec{N} = \vec{P}_u \times \vec{P}_v$$

$$\vec{P}'(u, v) = \vec{P}_u + B(u, v)\vec{N}$$

$$\vec{N}' = \vec{P}'_u \times \vec{P}'_v$$

$$\vec{P}'_u = \vec{P}_u + B_u\vec{N} + B\vec{N}_u$$

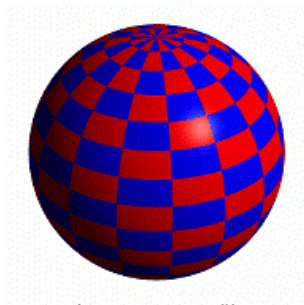
$$\vec{P}'_v = \vec{P}_v + B_v\vec{N} + B\vec{N}_v$$

$$\vec{N}' = \vec{N} + B_u\vec{N} \times \vec{P}_v + B_v\vec{P}_u \times \vec{N} = \vec{N} + B_u\vec{N} \times \vec{P}_v - B_v\vec{N} \times \vec{P}_u$$

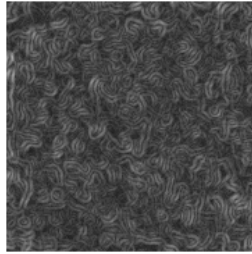
$B \ll 0$

IA725 – 1s2012 - Ting

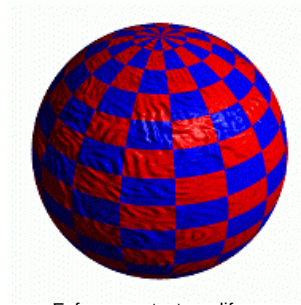
Bump mapping Exemplo



Esfera com textura difusa



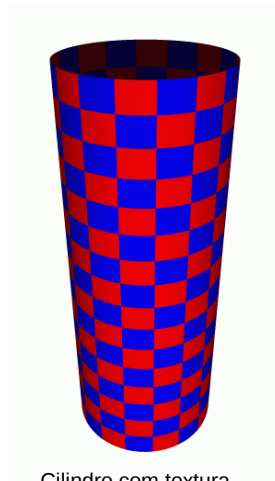
Bump map



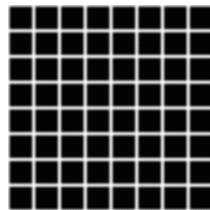
Esfera com textura difusa
e *bump mapping*

IA725 – 1s2012 - Ting

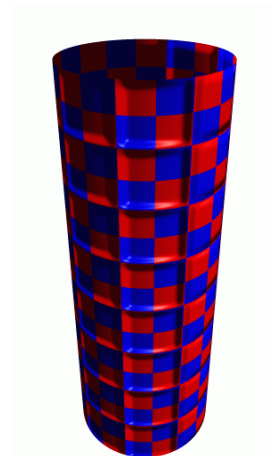
Bump mapping Exemplo



Cilindro com textura
difusa



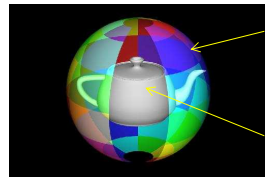
Bump map



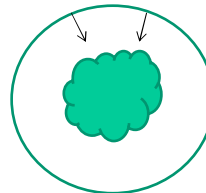
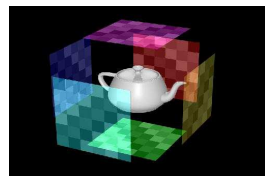
Cilindro com textura difusa
e *bump mapping*

IA725 – 1s2012 - Ting

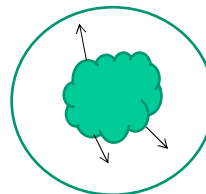
Mapeamento em 2 passos



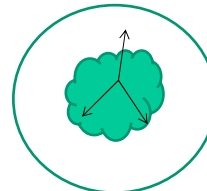
Superfície intermediária
Superfície de interesse



Na direção da normal da superfície intermediária

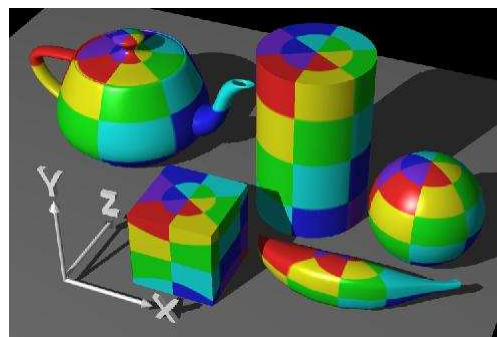


Na direção da normal da superfície de interesse

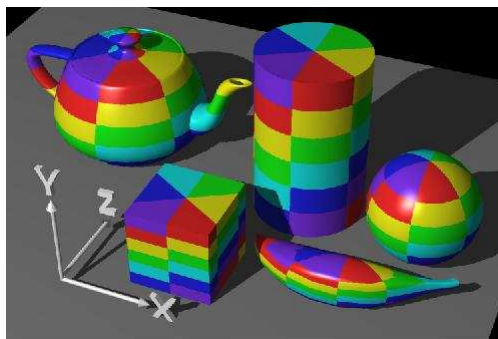


A partir do centro do objeto de interesse

Mapeamento em 2 Passos Esférico

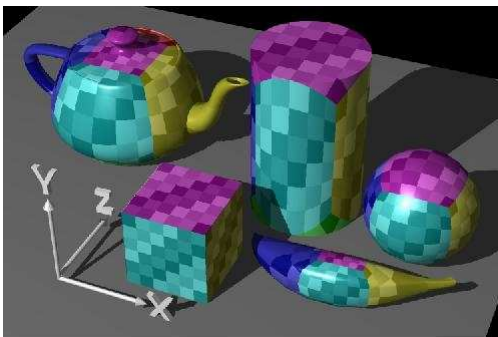
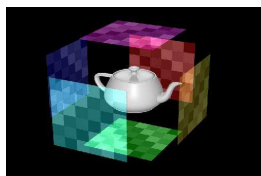


Mapeamento em 2 Passos Cilíndrico



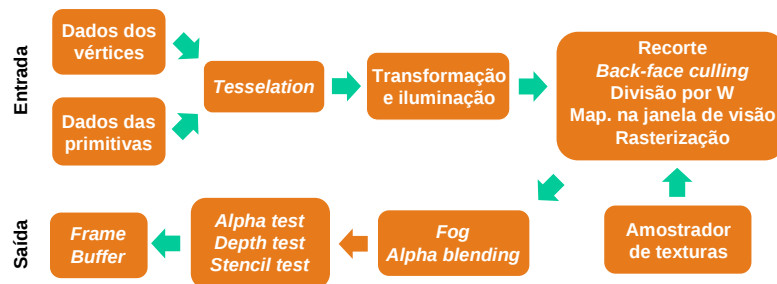
IA725 – 1s2012 - Ting

Mapeamento em 2 Passos Cúbico



IA725 – 1s2012 - Ting

Textura em OpenGL



IA725 – 1s2012 - Ting

Textura em OpenGL

- Passo 1: Criar um objeto de textura e associar uma textura ao objeto.
- Passo 2: Indicar como a textura deve ser aplicada em cada *pixel*.
- Passo 3: Habilitar o mapeamento de textura.
- Passo 4: Desenhar a cena, especificando as coordenadas de textura e as coordenadas do modelo geométrico.

Textura é um arranjo de *texels* cujo formato deve ser explicitamente indicado.

IA725 – 1s2012 - Ting

Textura em *OpenGL*

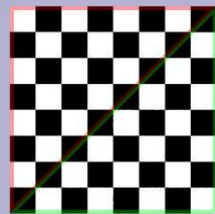
- Como carregar uma imagem como textura?
 - bmp:
http://www.gamedev.net/page/resources/_/technical/game-programming/how-to-load-a-bitmap-r1966
 - png:
<http://blog.nobel-joergensen.com/2010/11/07/loading-a-png-as-texture-in-opengl-using-libpng/>
 - tga:
http://nehe.gamedev.net/tutorial/loading_compressed_and_uncompressed_tga's/22001/

Textura em *OpenGL*

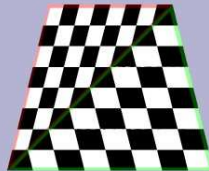
<http://www.gamedev.net/reference/articles/article947.asp>

Problemas

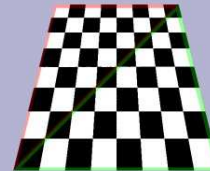
- Distorções perspectivas



Flat



Affine



Correct

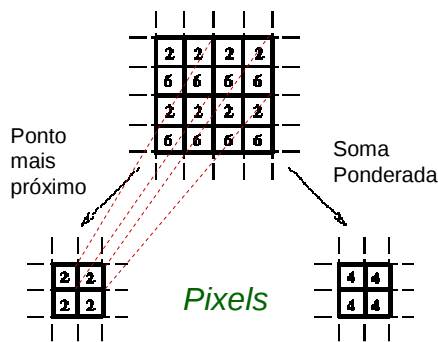
$$u_{\alpha} = (1 - \alpha)u_0 + \alpha u_1$$

$$u_{\alpha} = \frac{(1 - \alpha) \frac{u_0}{z_0} + \alpha \frac{u_1}{z_1}}{(1 - \alpha) \frac{1}{z_0} + \alpha \frac{1}{z_1}}$$

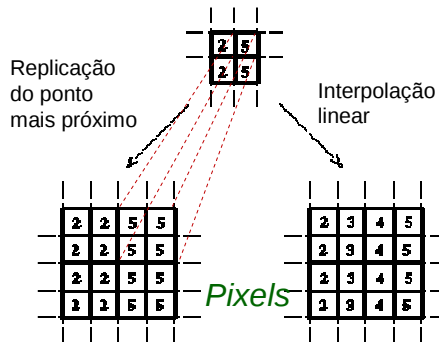
Subamostragem e Superamostragem

Texels

Texels



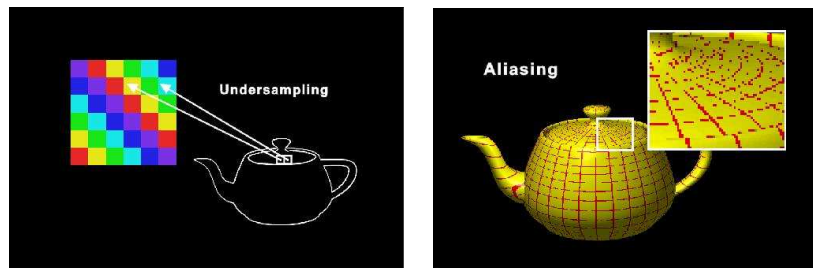
Minimizar
(Superamostragem)



Magnificar
(Subamostragem)

Aliasing

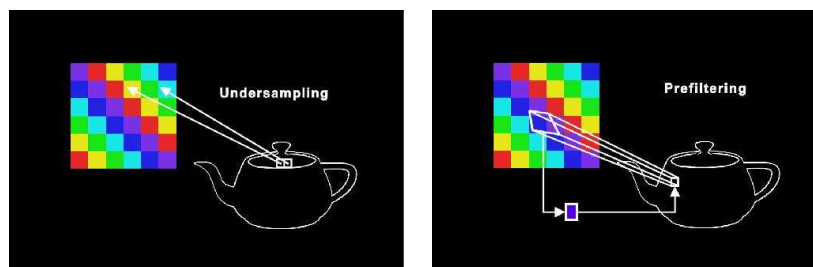
- Resultado da subamostragem da textura.
 - Em mapeamento de textura, *aliasing* ocorre quando dois *pixels* adjacentes do objeto são mapeados em *texels* diferentes, não-adjacentes, do mapa de textura.



IA725 – 1s2012 - Ting

Redução de *Aliasing*

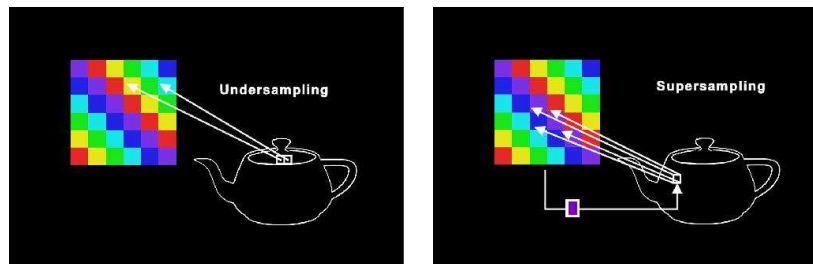
- **Pré-filtragem** (Catmull, 1978): Cada *pixel* do objeto é tratado como uma área. A área do *pixel* é mapeada na textura. A cor média é calculada para os *texels* contidos nesta área.



IA725 – 1s2012 - Ting

Redução de *Aliasing*

- **Superamostragem** (Crow, 1981): Também calcula uma cor média. No exemplo abaixo, cada canto da área do pixel é mapeado na textura. A média dos valores obtidos produz a cor final do objeto.



IA725 – 1s2012 - Ting

Redução de *Aliasing*

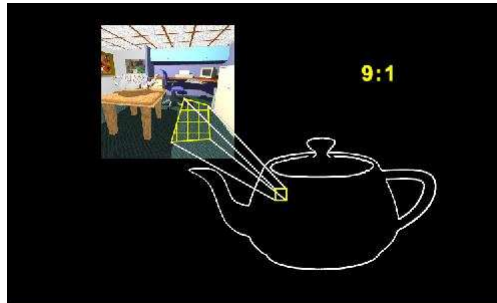
- MIP (*Multum In Parvo* – muito em pouco espaço).
- Método de aceleração do cálculo da cor média para áreas de amostragem da textura (Williams, 1983).
 - Várias versões da textura são criadas (*mipmaps*).
 - Cada *texel* de uma versão contém a cor média de 4 *texels* da versão **anterior**.



IA725 – 1s2012 - Ting

Redução de *Aliasing*

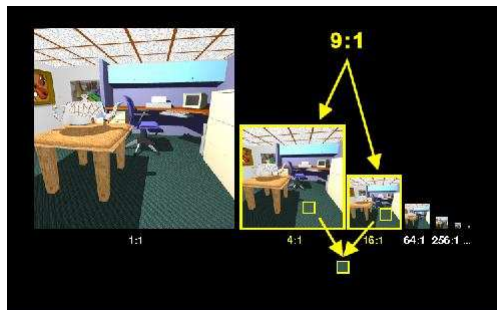
- Na texturização, a área de cada *pixel* do objeto é mapeada no mapa de textura original.
- Cada *mipmap* é associado a uma medida de quantos *texels* da textura original estão na área do *texel* do mipmap. No exemplo abaixo, a razão desses *texels* é de 9:1.



IA725 – 1s2012 - Ting

Redução de *Aliasing*

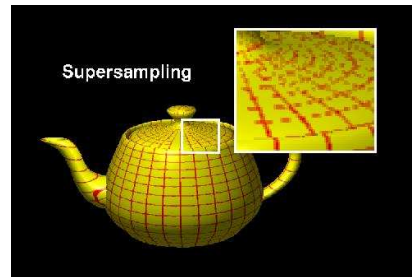
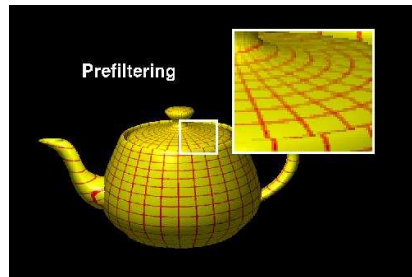
- Para calcular a cor final, encontramos os dois mapas de textura cujas razões de *texels* é a mais próxima da razão do *pixel* atual.
- A cor resultante é a média das cores dos *pixels* amostrados nos dois mapas.



IA725 – 1s2012 - Ting

Redução de *Aliasing*

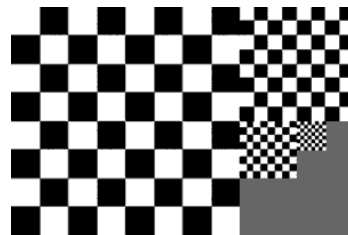
Exemplos



IA725 – 1s2012 - Ting

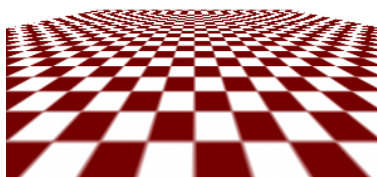
Redução de *Aliasing*

- Superamostragem

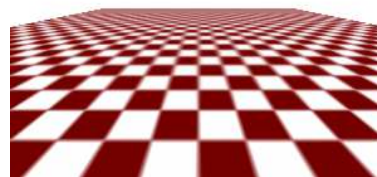


This simple MIP map holds four copies of a chequered texture, all at different scales

Efeito de Moiré



Sem mipmapping



Com mipmapping

IA725 – 1s2012 - Ting