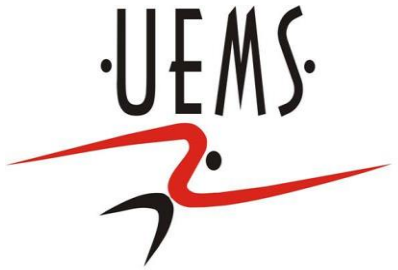


COMPUTAÇÃO GRÁFICA – OPENGL

Profa. Mercedes Gonzales Márquez

Aspectos básicos de OpenGL

- Nos slides a seguir continuamos apresentando objetos disponíveis no OpenGL juntamente com os experimentos do Capítulo 4 do arquivo experimenter.pdf. Falaremos sobre:

1. Objetos disponíveis na glut
2. Objetos disponíveis na GLU (quádricas)
3. Transformações Escala, Translação e Rotação.
4. Composição e hierarquia de Transformações.

Objetos disponíveis

A biblioteca GLUT oferece uma coleção de objetos disponíveis em modo sólido e aramado.

*void **glutWireSphere**(GLdouble radius, GLint slices, GLint stacks);*

- *void **glutSolidSphere**(GLdouble radius, GLint slices, GLint stacks);*
- *void **glutWireCube**(GLdouble size);*
- *void **glutSolidCube**(GLdouble size);*
- *void **glutWireCone**(GLdouble radius, GLdouble height, GLint slices,GLint stacks);*
- *void **glutSolidCone**(idem);*
- *void **glutWireTorus**(GLdouble innerRadius, GLdouble outerRadius,GLint nsides, GLint rings);*
- *void **glutSolidTorus**(GLdouble innerRadius, GLdouble outerRadius,GLint nsides, GLint rings);*

Objetos disponíveis

- *void **glutWireDodecahedron**(GLdouble radius);*
- *void **glutSolidDodecahedron**(GLdouble radius);*
- *void **glutWireOctahedron**(void);*
- *void **glutSolidOctahedron**(void);*
- *void **glutWireTetrahedron**(void);*
- *void **glutSolidTetrahedron**(void);*
- *void **glutWireIcosahedron**(void);*
- *void **glutSolidIcosahedron**(void);*
- *void **glutWireTeapot**(GLdouble size);*
- *void **glutSolidTeapot**(GLdouble size);*

Veja e rode o programa glutObjects.cpp

Transformações em OpenGL

Experimento 4.3: Adicione um comando de escala no programa box.cpp. Assim:

```
//Modeling transformations
glTranslatef(0.0,0.0,-15.0); /*Leva o objeto dentro do v.visualização*/
glScalef(2.0,3.0,1.0);
```

Experimento 4.4: Um objeto menos simétrico é mais interessante para trabalhar as transformações. Por exemplo o teapot. Troque o cubo pela chaleira, da seguinte forma:

```
//Modeling transformations
glTranslatef(0.0,0.0,-15.0);
glScalef(1.0,1.0,1.0);
glutWireTeapot(5.0);
```

Quádricas da GLU

A biblioteca GLU provê a renderização automática de objetos tridimensionais como esferas, cilindros e discos.

- Esferas:

gluSphere(GLUquadricObj *obj, GLdouble radius, GLint slices, Glint stacks)

- Cilindros:

gluCylinder(GLUquadricObj *obj, GLdouble baseRadius, Gldouble topRadius, GLdouble height, GLint slices, GLint stacks)

topRadius == zero, permite criar cone.

- Discos:

gluDisk(GLUquadricObj *obj, GLdouble innerRadius, GLdouble outerRadius, GLint slices, GLint loops)

innerRadius != zero, permite criar discos com furos.

Veja e rode o programa gluQuadrics.cpp da pasta SumantaGuha

Transformações em OpenGL

Mude sucessivamente os parâmetros da escala substituindo-os pelos seguintes:

1. glScalef (2.0,1.0,1.0)
2. glScalef (1.0,2.0,1.0)
3. glScalef(1.0,1.0,2.0)

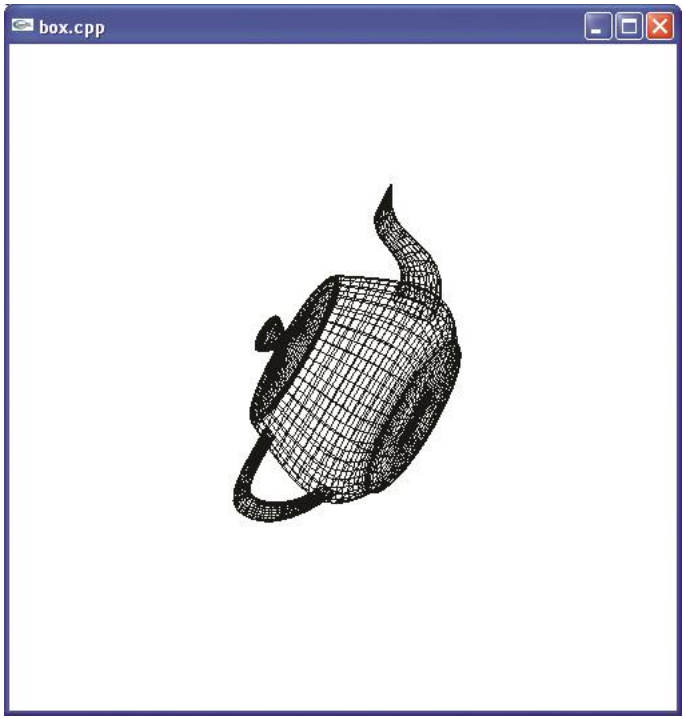
Exercício: A transformação (x,y,z)->(-x,y,z) é uma reflexão (espelhamento) em relação ao plano yz.

4. glScalef(-1.0,1.0,1.0)
5. glScalef(1.0,-1.0,1.0)
6. glScalef(1.0,1.0,-1.0)
7. glScalef(-1.0,-1.0,1.0)

Transformações em OpenGL

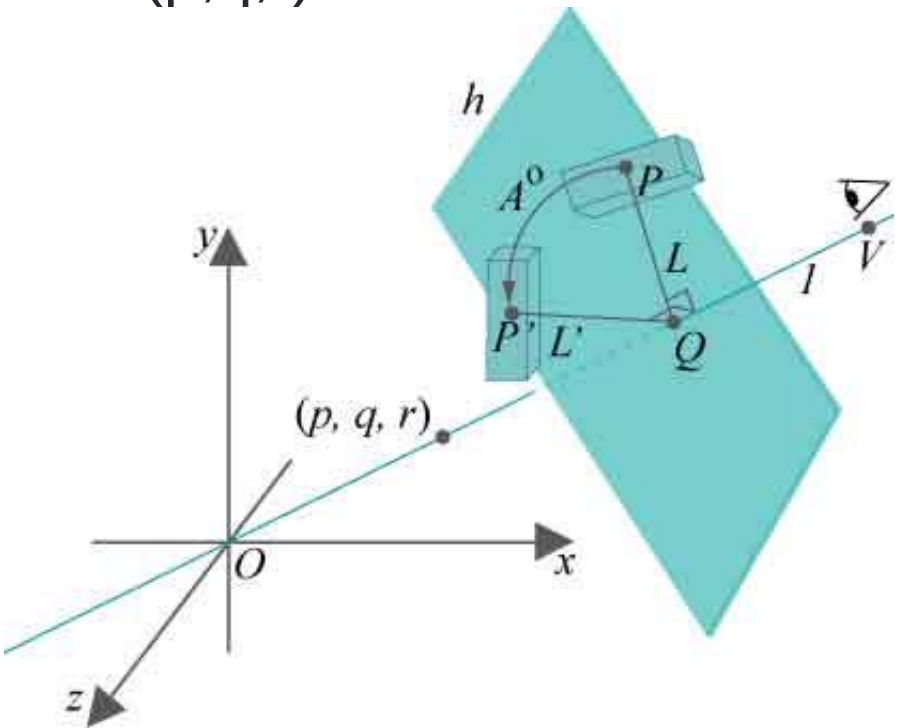
Experimento 4.6: Troque o comando de escala pelo seguinte comando de rotação em box.cpp:

```
//Modeling transformations
glTranslatef(0.0,0.0,-15.0);
glRotatef(60.0,0.0,0.0,1.0);
glutWireTeapot(5.0);
```



Transformações em OpenGL

O comando de rotação glRotatef(A,p,q,r) rotaciona cada ponto de um objeto segundo um eixo ao longo a linha desde a origem O=(0,0,0) ao ponto (p,q,r). O ângulo de rotação é A graus, medido em sentido anti-horário quando vemos a origem desde (p,q,r).



Transformações em OpenGL

Experimento 4.7: Sucessivamente substitua o comando de rotação pelos seguintes, em cada caso tente deduzir qual será o resultado, antes de rodar o programa.

1. glRotatef(60.0,0.0,0.0,-1.0)
2. glRotatef(-60.0,0.0,0.0,1.0)
3. glRotatef(60.0,1.0,0.0.0.0)
4. glRotatef(60.0,0.0,1.0.0.0)
5. glRotatef(60.0,1.0,0.0.1.0)

Compondo Transformações

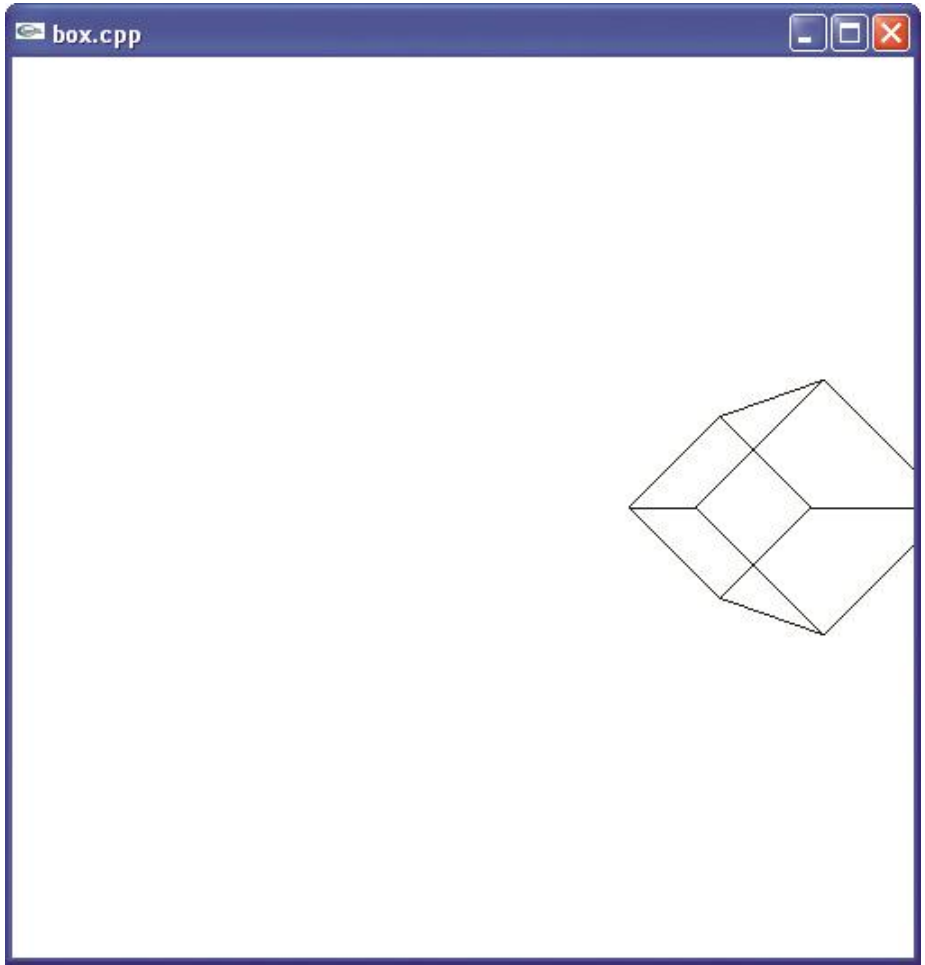
Experimento 4.9: Aplique três transformações substituindo o bloco correspondente no programa box.cpp.

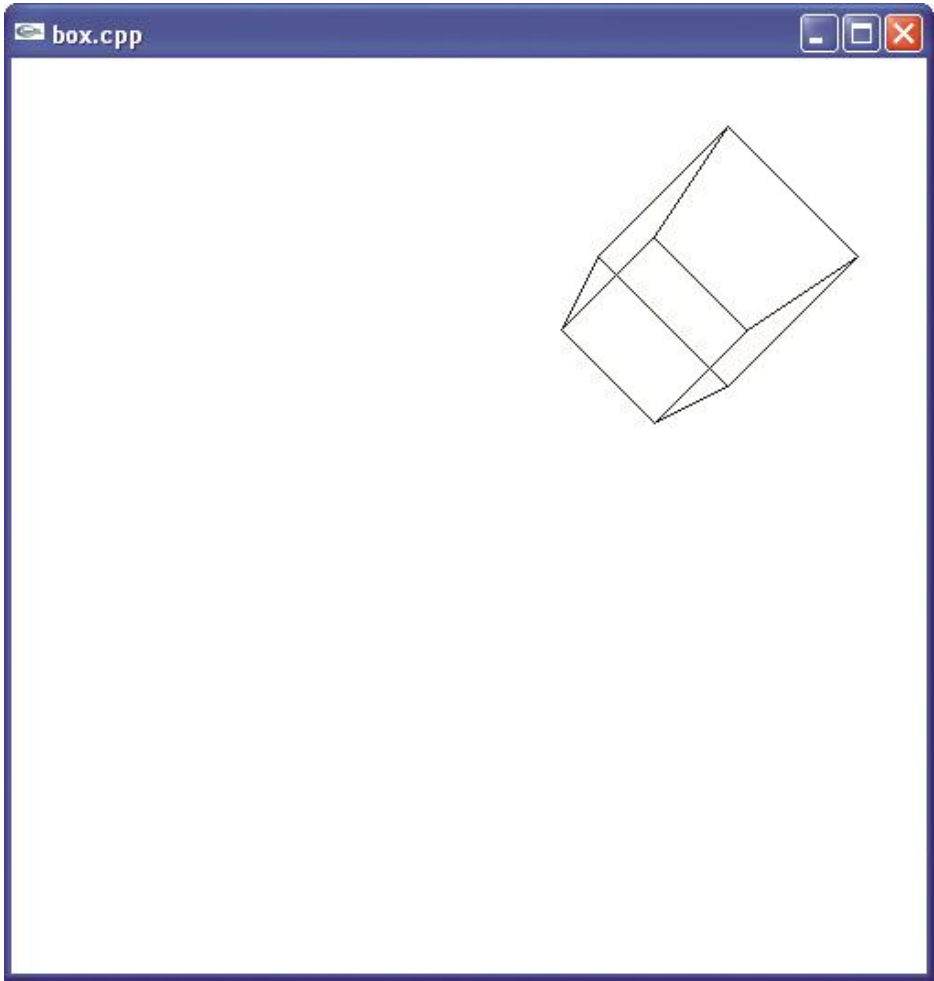
```
//Modeling transformations
glTranslatef(0.0,0.0,-15.0);
glTranslatef(10.0,0.0,0.0);
glRotatef(45.0,0.0,0.0,1.0)
```

A caixa é rotacionada 45 graus ao redor do eixo z e então transladada 10 unidades. A primeira translação (0.0,0.0,-15.0) serve, como já mencionado, para levar a caixa dentro do volume de visualização especificado.

Agora troque as transformações para que a caixa seja primeiro transladada e depois rotacionada.

Compondo Transformações





Compondo Transformações

Exercício: Aplique três transformações, esta vez substituindo o bloco correspondente por:

```
//Modeling transformations
glTranslatef(0.0,0.0,-15.0);
glRotatef(45.0,0.0,0.0,1.0);
glScalef(1.0,3.0,1.0);
```

Troque as transformações de forma que tenhamos:

```
//Modeling transformations
glTranslatef(0.0,0.0,-15.0);
glScalef(1.0,3.0,1.0);
glRotatef(45.0,0.0,0.0,1.0);
```

Diga sua conclusão.

Posicionando múltiplos objetos

Substitua a rotina de desenho do box.cpp original pelo seguinte trecho:

```
void drawScene(void)
{glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
glColor 3f(0.0,0.0,0.0);
glLoadIdentity();
//Modeling transformations
glTranslatef(0.0,0.0,-15.0);
//glRotatef(45.0,0.0,0.0,1.0);
glTranslatef(5.0,0.0,0.0);
```

Posicionando múltiplos objetos

```
glutWireCube(5.0); //Box
//More modeling transformations
glTranslatef(0.0,1.0,0.0);
glutWireSphere(2.0,10,8); //Sphere
glFlush();
}
```

Observe o resultado e compare com o resultado após descomentar o glRotatef.

Compondo transformações

Experimento 4.13: Rode composeTransformations.cpp. Veja o efeito da composição de transformações, pressionando a tecla up sucessivamente.

Pilha de Matrizes (Modelview)

OpenGL mantém três tipos diferentes de pilhas de matrizes: modelview, projection e texture.

- glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
  - Define a matriz de transformação de visualização. Após isso deve-se definir as transformações geométricas glRotate e/ou glTranslate para orientar e posicionar os objetos em relação da câmera (O comando simplificado gluLookAt pode também ser usado como será visto posteriormente).

Pilha de Matrizes (Modelview)

Experimento 4.14: Deseja-se criar um personagem. Inicia-se com o tronco aproximado por um cubo alongado e posiciona-se uma esfera sobre o topo do cube para simular a cabeça. Substitua o rotina de desenho do programa box.cpp pelo seguinte trecho:

Pilha de Matrizes (Modelview)

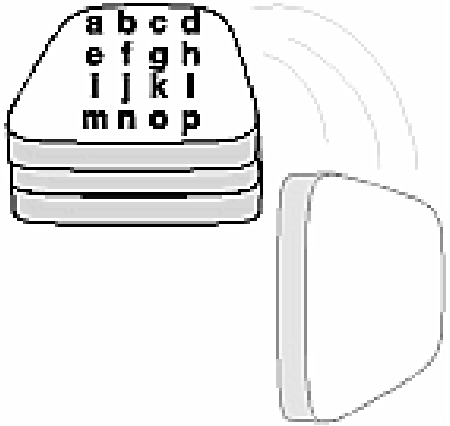
```
Void drawScene (void)
{glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT);
glColor 3f(0.0,0.0,0.0);
glLoadIdentity();
glTranslatef(0.0,0.0,-15.0);
glScalef(1.0,2.0,1.0);
glutWireCube(5.0);
glTranslatef(0.0,7.0,0.0);
glutWireSphere(2.0,10,8);
glFlush();
```

Pilha de Matrizes (Modelview)

O que você obteve como resultado e por que?

Pilha de Matrizes – Hierarquia de objetos

glPushMatrix



glPopMatrix

Pilha de Matrizes – Hierarquia de objetos

Desenhe um automovel asumindo que existem as rotinas que desenham o corpo do carro, a roda e o parafuso.

Example 3-4 : Pushing and Popping the Matrix

```
draw_wheel_and_bolts(){
  long i;
  draw_wheel();
  for(i=0;i<5;i++){
     glPushMatrix();
     glRotatef(72.0*i,0.0,0.0,1.0);
     glTranslatef(3.0,0.0,0.0);
     draw_bolt();
     glPopMatrix();
  }}
```

Pilha de Matrizes – Hierarquia de objetos

```
draw_body_and_wheel_and_bolts(){
  draw_car_body();
  glPushMatrix();
  glTranslatef(40,0,30); /*move to first wheel position*/
  draw_wheel_and_bolts();
  glPopMatrix();
  glPushMatrix();
  glTranslatef(40,0,-30); /*move to 2nd wheel position*/
  draw_wheel_and_bolts();
  glPopMatrix();
... /*draw last two wheels similarly*/
}
```

Exercício

Seguindo as orientações dadas faça um programa que desenhe um carro com cinco parafusos em cada uma das suas quatro rodas.

Curvas de Bézier - Algoritmo

Exercício:

(1) O programa superficies.cpp permite o ingresso interativo (pelo cliques do mouse) de n+1 pontos de controle e constrói a curva de Bézier de grau n, correspondente. Responda as seguintes questões:

a. Qual trecho de código constrói as funções de Bernstein (Jni)
b. Qual trecho de código constrói a curva de Bézier.
c. Em qual trecho de código a curva é desenhada
d. O programa funciona, mas pode ser melhorado. Identifique quais melhoras podem ser feitas.

Curvas de Bézier - Algoritmo

Exercício:

(2) Rode e entenda os programas bezierCurves.cpp e bezierCurveWithEvalMesh.cpp que desenham curvas de Bézier usando comandos de OpenGL. Responda as seguintes questões:

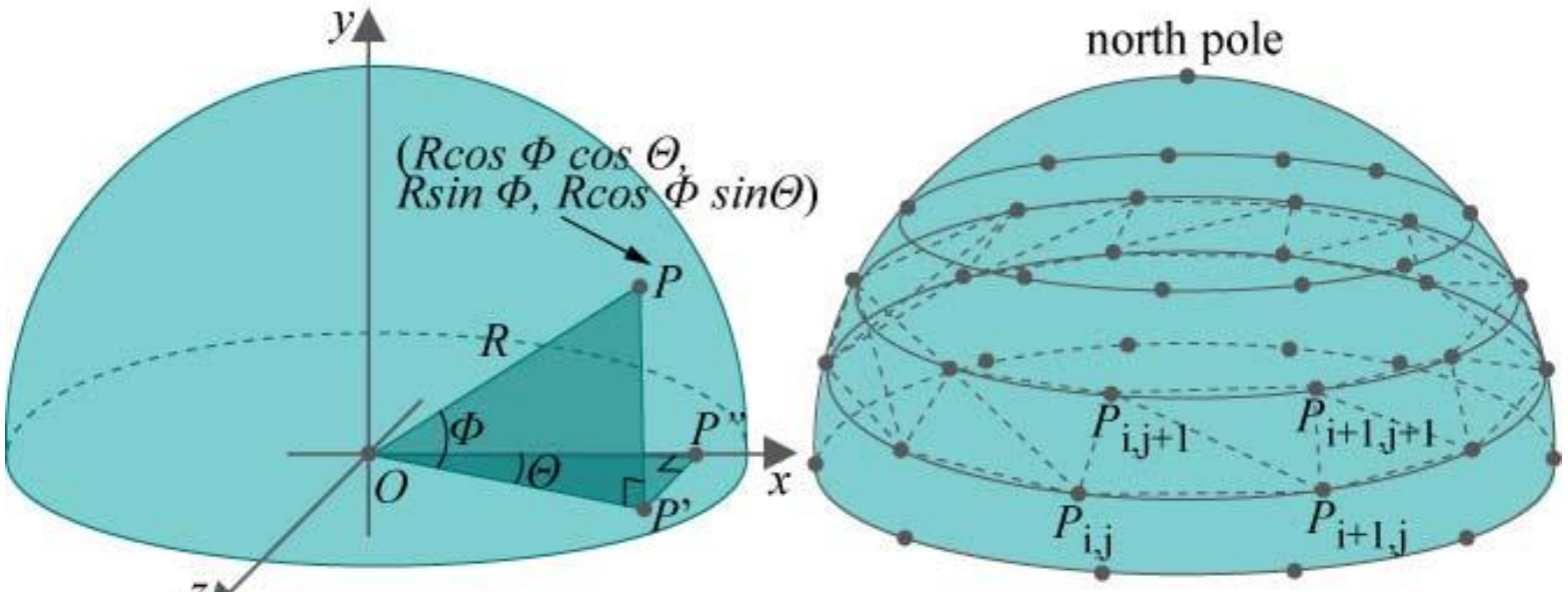
a. Qual trecho de código constrói as funções de Bernstein (Jni)
b. Qual trecho de código constrói a curva de Bézier.
c. Em qual trecho de código a curva é desenhada
d. O programa apresenta uma proposta de interação, você teria outra proposta.

Aproximando Objetos Bi-dimensionais

Considere um hemisfério de raio R, centralizado na origem O e com sua base circular sobre o plano xz. Suponha que as coordenadas esféricas de um ponto P sobre o hemisfério são a longitude theta e a latitude phi.

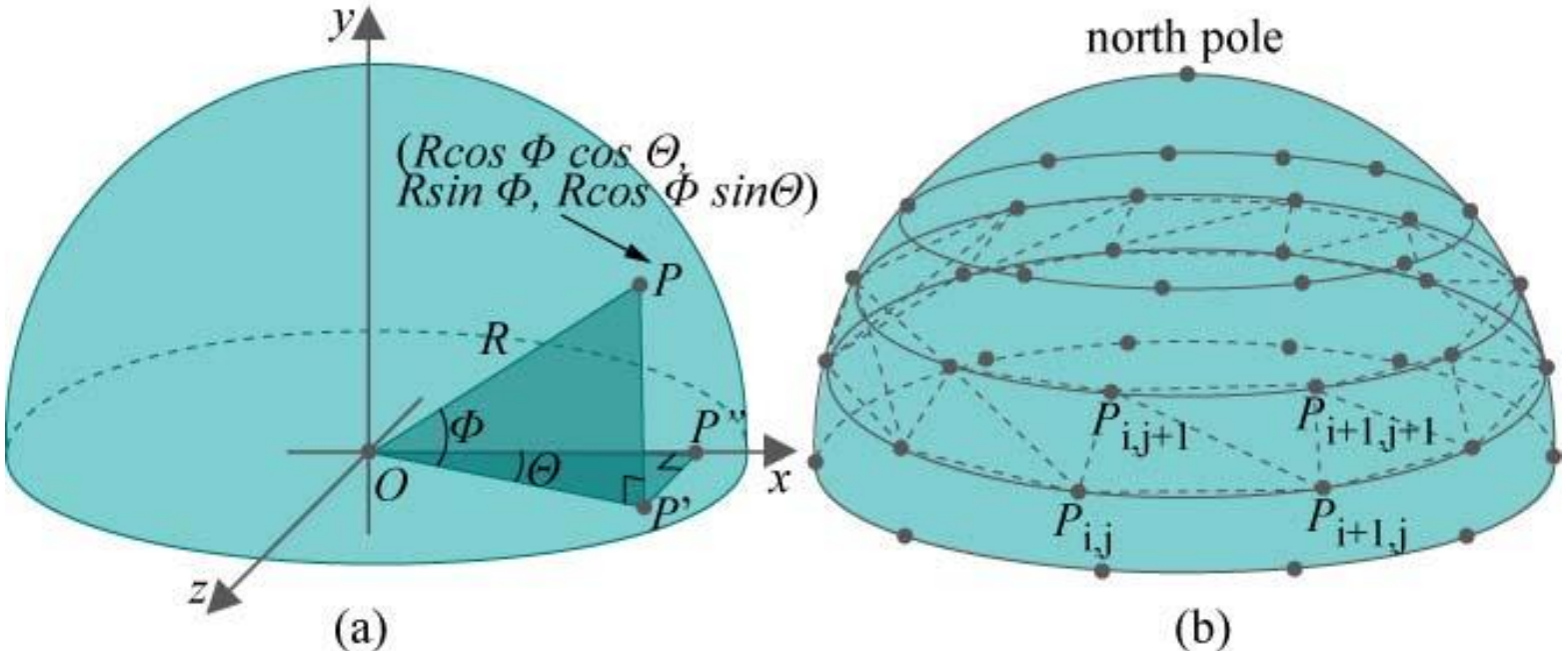
As coordenadas cartesianas são:

$$(RCos\emptyset Cos\theta, RSin\emptyset, RCos\emptyset Sin\theta),$$
$$0 \leq \theta \leq 2\pi \; e \; 0 \leq \emptyset \leq \pi/2$$



Aproximando Objetos Bi-dimensionais

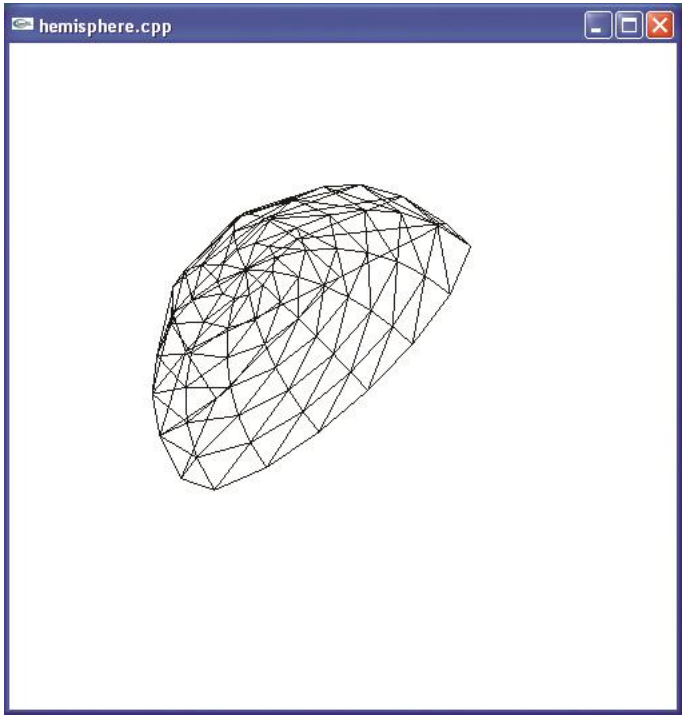
Amostramos o hemisfério em uma malha de (p+1)(q+1) pontos Pij, 0<=i<=p, 0<=j<=q, onde a longitude de Pij é (i/p)*2PI e sua latitude (j/q)*PI/2. Em outros palavras (p+1) pontos longitudinalmente igualmente espaçados são escolhidos entre cada uma das q+1 latitudes igualmente espaçadas. Na figura p=10 e q=4.



Aproximando Objetos Bi-dimensionais

Experimento 2.26. Rode hemisphere.cpp que implementa exatamente a estratégia descrita.

Experimento 2.27.



Aproximando Objetos Bi-dimensionais

even now as the syntax is fairly intuitive. The set of three `glRotatef()`s, particularly, comes in handy to re-align a scene.

Exercise 2.31. (Programming) Modify `hemisphere.cpp` to draw:

(a) the bottom half of a hemisphere (Figure 2.35(a)).

(b) a 30° slice of a hemisphere (Figure 2.35(b)).

Make sure the 'P/p/Q/q' keys still work.

Exercise 2.32. (Programming) Just to get you thinking about animation, which we'll be studying in depth soon enough, guess the effect of replacing `glTranslatef(0.0, 0.0, -10.0)` with `glTranslatef(0.0, 0.0, -20.0)` in `hemisphere.cpp`. Verify.

And, here are some more things to draw.

Exercise 2.33. (Programming) Draw the objects shown in Figure 2.36. Give the user an option to toggle between filled and wireframe renderings.

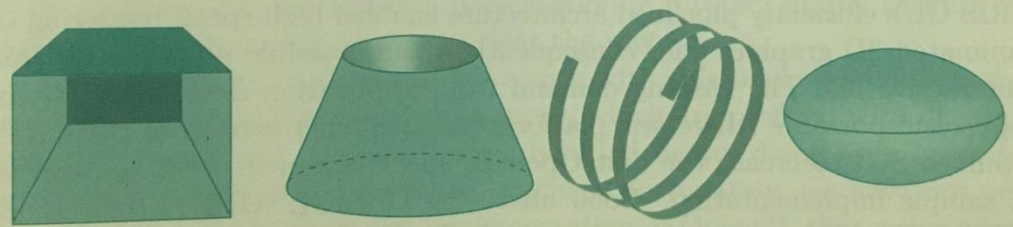


Figure 2.36: More things to draw.

A suggestion for the football, or ellipsoid, is to modify `hemisphere.cpp` to make half of an ellipsoid (a hemi-ellipsoid?). Two hemi-ellipsoids back to back would then give a whole ellipsoid.

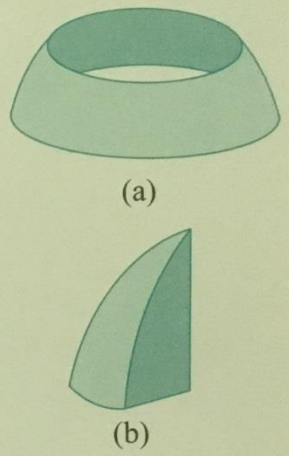


Figure 2.35: (a) Half a hemisphere (b) Slice of a hemisphere.

a

Curvas e Superfícies Bézier em OpenGL

1. Leia e entenda os programas bezierSurface.cpp e bezierCanoe.cpp que desenham superfícies de Bézier usando comandos de OpenGL. Explique os comandos que geram as superfícies em ambos programas.

Modelagem usando Superfícies Bézier e primitivas

1. Leia e entenda o programa torpedo.cpp que desenha um torpedo composto de diferentes pedaços:

(i) Corpo: cilindro da GLU

(ii) Nariz: hemisferio

(iii) Três barbatanas: discos parciais da GLU

(iv) Disco traseiro : disco da GLU

(v) Haste da hélice: cilindro da GLU

(vi) Três pás da hélice: pedaços bicúbicos Bezier

2. Desenhe um avião composto de vários pedaços. Use superfícies de Bézier e quádricas.