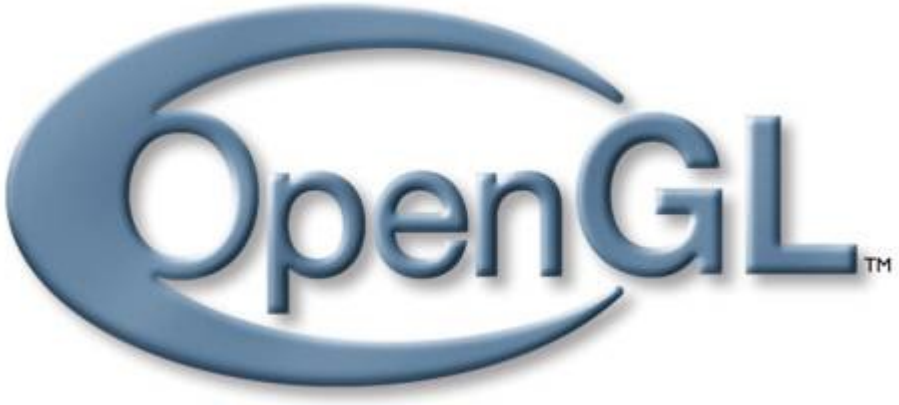
Departamento de Ciência da COMPUTAÇÃO

UDESC Joinville



André Tavares da Silva

andre.silva@udesc.br

The Red Book e http://openglbook.com/the-book.html

O que é OpenGL?

- **Open G**raphics **L**ibrary
- "*Uma interface de software com o hardware gráfico*";
- Atualmente na versão 4.5
- Aproximadamente 600 comandos;
- Uma camada de abstração entre o programa de aplicação e o hardware gráfico;
- Construída na forma de API;

O que é OpenGL?

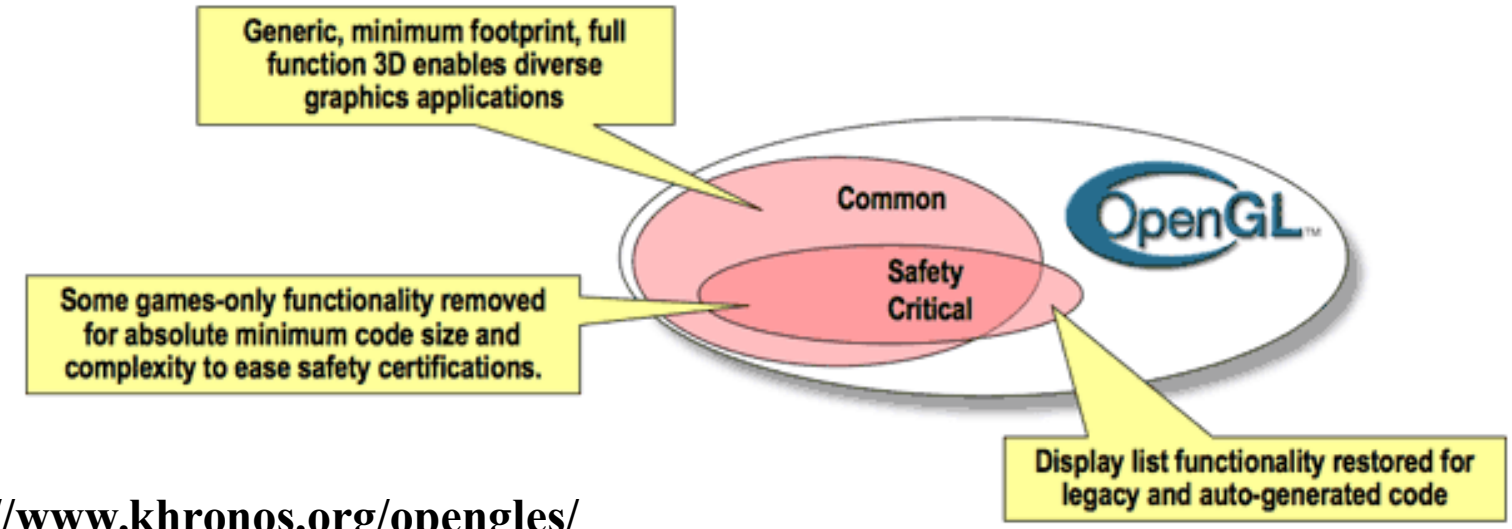
- Independente do sistema operacional e do hardware;
- Projetada para aplicações gráficas interativas 2D e 3D;
- Controlada pelo ARB (Architecture Review Board):

O que é OpenGL?

- Independente do sistema operacional e do hardware;
- Projetada para aplicações gráficas interativas 2D e 3D;
- Controlada pelo ARB (Architecture Review Board):
- www.khronos.org

OpenGL ES

- Subconjunto da OpenGL com algumas extensões.
- OpenGL ES-SC: para aplicações críticas (ex.: aviação e automotiva)



http://www.khronos.org/opengles/

Características

- Rapidez;
- Portabilidade;
- Estabilidade;
- Excelente qualidade visual;
- Padrão de industria;
- Suporte para:
  - Mapeamento de texturas;
  - Iluminação;
  - Transparência;
  - Animação;
  - ...

O que OpenGL faz?

- Constrói formas a partir de objetos primitivos como pontos, linhas, polígonos, imagens e *bitmaps;*
- Permite visualizar essas primitivas de qualquer ponto de um espaço tridimensional;
- Calcula as cores dos objetos, que podem ser pré-definidas, determinadas por condições de iluminação, texturas, ou uma combinação dessas três;
- Converte as primitivas para *pixels* (rasterização);

O que OpenGL **não** faz?

- Tarefas relacionadas a manipulação de janelas;
- Não processa nenhuma entrada de usuário;
- Não possui comandos de alto nível para construir objetos de 3 dimensões;
- Não armazena estrutura de dados;

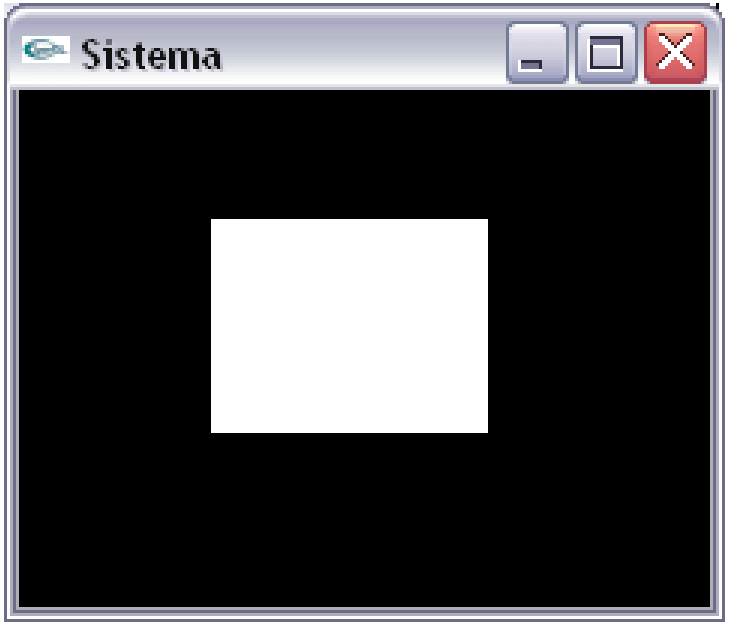
E como fazer?

- Manipulação de janelas e entrada de usuário:
  - **Glut, GLui, SDL, GLX, GLAux, FreeGlut, QT, wxWidgets, GTK, FLTK, GLShell,...**

- Comandos de alto nível para construção de objetos de 3 dimensões: **GLU**

Exemplo de código em OpenGL

```
glClearColor(0.0, 0.0, 0.0, 0.0);
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
glColor3f(1.0,1.0,1.0);
glOrtho(0.0,1.0,0.0,1.0,-1.0,1.0);
glBegin(GL_POLYGON);
  glVertex3f(0.25,0.25,0.0);
  glVertex3f(0.75,0.25,0.0);
  glVertex3f(0.75,0.75,0.0);
  glVertex3f(0.25,0.75,0.0);
glEnd();
glFlush();
```



Aspectos Técnicos

- Primitivas são pontos, linhas, polígonos, imagens e *bitmaps;*
- O desenho das primitivas é afetado pelo estado atual das variáveis de controle:
  - escala, rotação, translação, cor, iluminação, textura, largura de linhas, etc.
- As variáveis de controle têm valores *default;*

GLU - *OpenGL Utility Library*

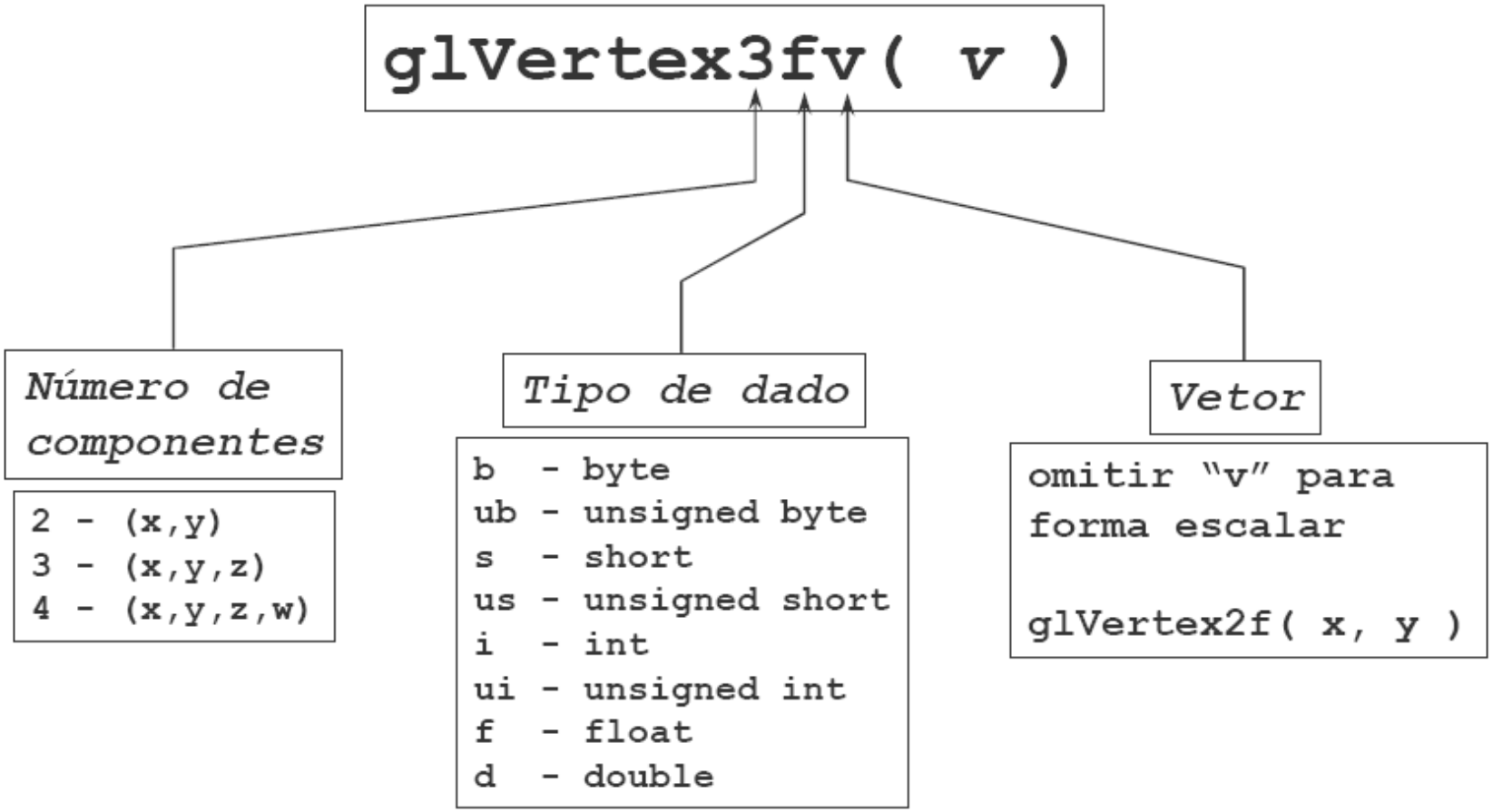
- Conjunto de rotinas utilizadas frequentemente
- Acompanha todas as distribuições OpenGL
- Construídas a partir de comandos OpenGL
- Rotinas para:
  - Manipulação de projeções
  - Desenho de superfícies quádricas
  - NURBS
  - Manipulação de superfícies poligonais

Sintaxe dos Comandos

- Todos os comandos OpenGL seguem um padrão. As funções sempre começam com **gl**.

- Indica:
  - Função
  - Quantidade de parâmetros
  - Tipo de dados dos parâmetros

Sintaxe dos Comandos



Sintaxe dos Comandos

- As constantes começam com GL_ e todas as letras são maiúsculas.

Exemplos:

- GL_COLOR_BUFFER_BIT
- glEnable( )
- glVertex2f( )
- GLfloat vertex_array[] = {0.0, 1.0, 0.0};
- glVertex3fv(vertex_array);

Tipos de Dados

- Problema: Cada compilador ou ambiente possui regras diferenciadas para o tamanho das variáveis.
- Solução:Tipos de dados próprios do OpenGL.
- Portabilidade garantida.

Tipos de Dados

Tipo de dado OpenGL	Representação interna	Tipo de dado C equivalente	Sufixo
GLbyte	8-bit integer	signed char	b
GLshort	16-bit integer	short	s
GLint, GLsizei	32-bit integer	int ou long	i
GLfloat, GLclampf	32-bit floating-point	float	f
GLdouble, GLclampd	64-bit floating-point	double	d
GLubyte, GLboolean	8-bit unsigned integer	unsigned char	ub
GLushort	16-bit unsigned integer	unsigned short	us
GLuint, GLenum, GLbitfield	32-bit unsigned integer	unsigned long ou unsigned int	ui

Máquina de Estados

- Cada estado *OpenGL* vale até o programa explicitamente trocá-lo;
- Ao definir uma cor, ela valerá para qualquer objeto na sequência até um novo comando de cor;
- Outros exemplos de estado: padrão de preenchimento de linhas e polígonos, posições e características de luzes, propriedades dos materiais, transformações...

Máquina de Estados

- Algumas variáveis de estado são habilitadas ou desabilitadas usando glEnable / glDisable;
- glEnable(GL_LIGHTING) habilita o cálculo da iluminação pelas fontes de luz;
- **DICA**: a troca frequente de estados afeta a *performance*. O melhor é "setar" os estados uma vez só, quando possível.

Máquina de Estados

- Os valores das variáveis podem ser recuperados através de funções:
  - glGetBooleanV( ), glGetDoubleV( ), glIsEnable ( )
- É possível salvar e restaurar um conjunto de variáveis em uma pilha, para depois restaurá-las:
  - void glPushAttrib(GLbitfield mask)
  - void glPopAttrib(void)

Desenhando

- Primitivas são delimitadas por glBegin() e glEnd();
- glVertex*()especifica o vértice;
- Atributos de um vértice:
  - glColor*()
  - glNormal*()
  - glMaterial*()

Desenhando

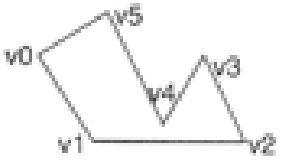
Valor	Descrição
GL_POINTS	Pontos individuais
GL_LINES	Par de vértices = 1 linha
GL_LINE_STRIP	Pontos conectados por linhas
GL_LINE_LOOP	= strip + 1 linha para fechar
GL_TRIANGLES	3 pontos = 1 triângulo
GL_TRIANGLE_STRIP	Série de triângulos conectados
GL_TRIANGLE_FAN	Todos tri compartilham ponto zero
GL_QUADS	4 pontos = 1 quadrilátero
GL_QUAD_STRIP	Série de quads. conectados
GL_POLYGON	Todos pontos = 1 polígono

Desenhando

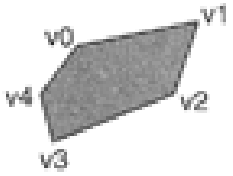
GL_POINTS

GL_LINES

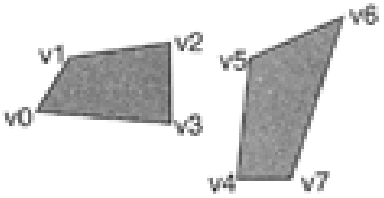
GL_LINE_STRIP



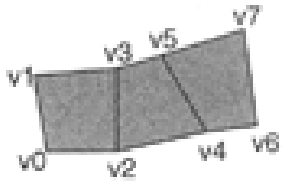
GL_LINE_LOOP



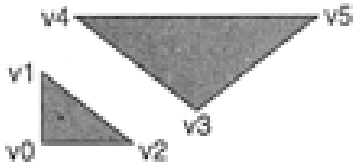
GL_POLYGON



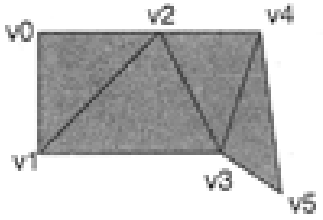
GL_QUADS



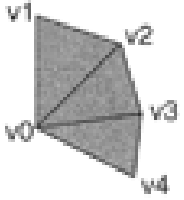
GL_QUAD_STRIP



GL_TRIANGLES



GL_TRIANGLE_STRIP



GL_TRIANGLE_FAN

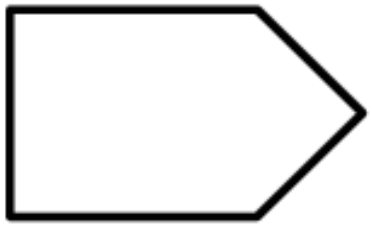
Desenhando

Desenhar um triângulo vermelho no plano z=0

```
glBegin(GL_TRIANGLE);
     glColor3f(1,0,0);   // seta cor para vermelho
     glNormal3f(0,0,1); // seta normal para (0,0,1)
     glVertex3f(0,0,0); // primeiro vértice
     glVertex3f(1,0,0); // segundo  vértice
     glVertex3f(0,1,0); // terceiro vértice
glEnd();
```

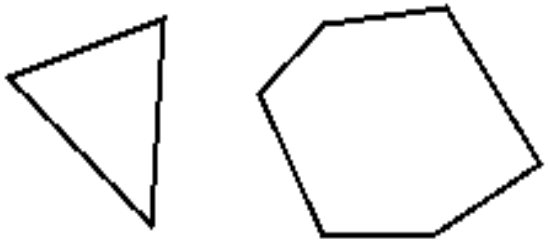
Desenhando

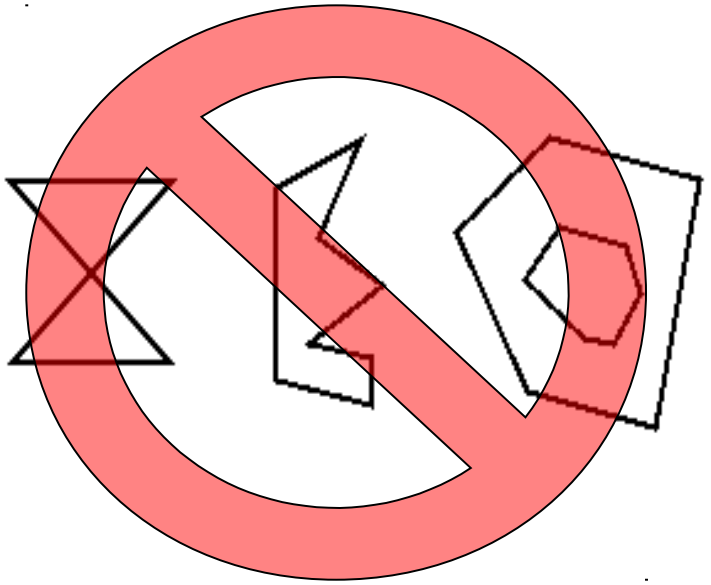
```
glBegin(GL_POLYGON);
    glVertex2f(0.0, 0.0);
    glVertex2f(0.0, 3.0);
    glVertex2f(4.0, 3.0);
    glVertex2f(6.0, 1.5);
    glVertex2f(4.0, 0.0);
glEnd();
```



```
glBegin(GL_POINTS);
    glVertex2f(0.0, 0.0);
    glVertex2f(0.0, 3.0);
    glVertex2f(4.0, 3.0);
    glVertex2f(6.0, 1.5);
    glVertex2f(4.0, 0.0);
glEnd();
```

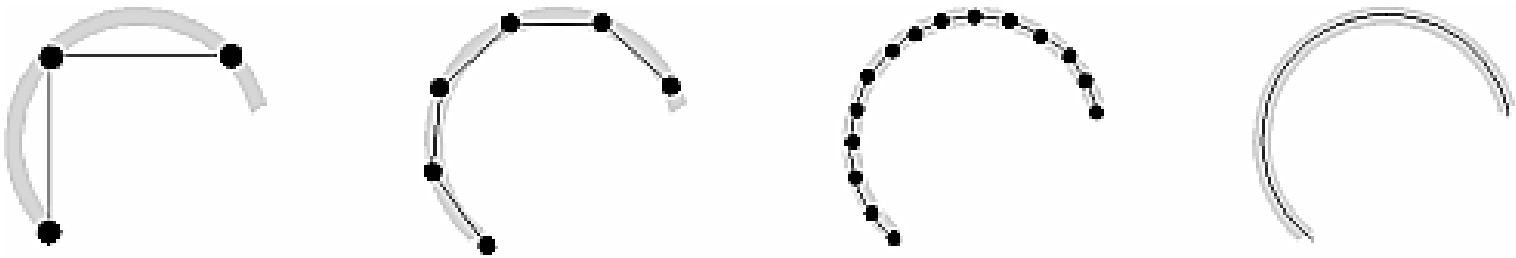
Polígonos Válidos e Inválidos





Apenas são válidos polígonos simples e convexos.

Curvas



Devem ser aproximadas por retas.

Curvas

```
#define PI 3.1415926535898
GLfloat circle_points = 100;
glBegin(GL_LINE_LOOP);
    for (i = 0; i < circle_points; i++)
    {
        angle = 2*PI*i/circle_points;
        glVertex2f(cos(angle), sin(angle));
    }
glEnd();
```

Erros

- Quando ocorre algum erro em OpenGL ou GLU o programa não para; apenas não faz o esperado, o que dificulta a depuração!
- Quando um erro ocorre um *flag* é setado com um código de erro. Para acessar esse código deve-se usar glGetError();
- Por outro lado… cada chamada *OpenGL* a mais afetam a *performance*...Em alguns casos quando queremos renderização em tempo real temos que eliminar o maior número possível dessas chamadas!

Transformações

- Matrizes de Projeção
  - **glFrustum(left,right,bottom,top,near,far)**
  - **glOrtho(left,right,bottom,top,near,far)**
  - **gluPerspective(fovy,aspect,zNear,zFar)**
  - **gluOrtho2D(left,right,bottom,top)**
  - **gluLookAt(eyex, eyey, eyez, centerx, centery, centerz, upx, upy, upz)**

- Coordenadas de Tela
  - glViewport(x, y, width, height)

Transformações

- Modelagem
  - glTranslate{fd}(x, y, z)
  - glRotate{fd} (angle, x, y, z)
  - glScale{fd}(x,y,z)
- Propriedades Materiais glMaterial*()
  - ambiente, difuso, especular
- Fontes de Luz glLight*()
  - cor, posição, atenuação, ...

Matrizes

- Três tipos de matrizes:
  - **GL_MODELVIEW**
  - **GL_PROJECTION**
  - **GL_TEXTURE**

- A matriz *modelview* controla as transformações dos vértices dos objetos da cena
- A matriz de projeção controla como a cena 3-D é projetada em 2-D
- A matriz de texturas (geralmente pouco conhecida e utilizada) transforma as coordenadas das textura para obter efeitos como projetar e deslocar texturas

Exemplo

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
glFrustum(-1, 1, -1, 1, 0.0, 40.0);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glPushMatrix();
   glRotatef(45.0, 1.0, 1.0, 1.0);
   render();
glPopMatrix();
```

Dicas

- A origem do *OpenGL* é no canto esquerdo (*left-hand*);
- Lembre-se de:
  - ativar o modo de preenchimento desejado:

    glEnable(GL_DEPTH_TEST);
  - Limpar os respectivos *buffers:*

    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

Dicas

- Evitar mudanças constantes de estado;
- Ao manipular as matrizes *OpenGL* lembre-se de verificar se o tipo de matriz correto está ativado;

GLUT

OpenGL Utility Toolkit

GLUT

- Graphics Library Utility Toolkit
- Biblioteca de software que se integra com OpenGL (autor: Mark J. Kilgard - SGI)
- Habilita acesso aos eventos do sistema operacional necessários em programas interativos
  - mouse, teclado, display, etc.

GLUT

- Até onde possível, independente do sistema de janelas nativo;
- Programas de tamanho pequeno e médio;
- Não apresenta muitos recursos de interface (apenas menus);
- Programação orientada a eventos;

Programação Interativa

- Programas gráficos são na maioria dos casos Interativos
  - Usuário controla a execução do programa

- Controle é executado via dispositivos de entrada (mouse, teclado, etc.)

Eventos

- Um gerenciador monitora em *background* a ocorrência de *eventos* e os coloca numa fila de eventos.

- *Evento:* mudança no estado do dispositivo causada pela ação do usuário

- Programa principal, à sua conveniência, verifica a fila de eventos

Eventos

- Primeiro evento da fila é removido
- Controle da execução é transferido para execução de uma rotina associada ao evento
- Se a fila estiver vazia, programa principal segue execução (rotina *idle*)
- Exemplos de eventos: click do mouse, tecla pressionada, janela redimensionada, etc.

Rotinas GLUT

- Iniciam com prefixo glut

  glutInitDisplayMode

- (0,0) canto superior esquerdo da janela

- Incluir diretiva: **#include <GL/glut.h>**

- Incluir a lib na compilação: **glut32.lib**

Rotinas GLUT

- **glutInit(int *argc, char **argc);**
  - Inicializa o GLUT; Primeira função GLUT a ser chamada;
- **void glutInitDisplayMode (unsigned int mode);**
  - Define uma série de propriedades associadas às janelas que venham a ser criadas;
- **void glutInitWindowPosition(int x, int y);**
  - Define a posição da janela na tela;
- **void glutInitWindowSize(int largura, int altura);**
  - Define o tamanho da janela;

Rotinas GLUT

- **int glutCreateWindow(char* name);**
  - Abre uma janela com as características previamente definidas. Retorna o identificador da janela;

- **void glutDisplayFunc (void (*func)(void));**
  - Especifica a função a ser chamada sempre que o conteúdo de uma janela tem que ser redesenhado (abertura, pop-up, objetos sobrepostos…);

- **void glutMainLoop (void);**
  - Função para ativação do ciclo infinito de processamento de eventos.

Rotinas GLUT

- **void glutPostRedisplay(void);**
  - Força o redesenho da janela;

- **void glutReshapeFunc(void (*func)(int x, int y));**
  - Especifica a função a ser chamada sempre que a janela é redimensionada;

- **void glutKeyboardFunc(void (*func)(char key, int x, int y));**
- **void glutMouseFunc(void (*func)(int b, int e, int x, int y));**
  - Especificam quais funções iram tratar dos eventos do teclado e do mouse.

Rotinas GLUT

- **void glutMotionFunc(void (*func)(int x, int y));**
  - Especifica a função a ser chamada sempre que o mouse é movido com o botão pressionado;

- **void glutIdleFunc(void (*func)(void));**
  - Especifica qual função irá ser executada enquanto não existem eventos a serem tratados.

Objetos 3D Pré-definidos

- void glutWire*(parâmetros)
- void glutSolid*(parâmetros)

* Objetos Possíveis
  - cylinder cube cone dodecahedron icosahedron octahedron sphere teapot torus
- Exemplos:
  - glutWireCube(GLdouble size);
  - glutSolidCube(GLdouble size);