

INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

Computação Gráfica

Licenciatura em Engenharia Informática e de Computadores
Taguspark / Alameda**Primeiro Teste**
16 de Março de 2013

O teste tem a duração de **1h00**, tolerância incluída. Responda às questões **unicamente** nestas duas primeiras folhas, justificando adequadamente as respostas de desenvolvimento. Só estas duas folhas deverão ser entregues, e como tal, serão as únicas avaliadas. As restantes folhas podem ser utilizadas como folhas de rascunho. Durante o exame apenas é permitido o uso de caneta. Não é permitido o uso de calculadoras ou telemóveis. Uma resposta errada nas perguntas de escolha múltipla desconta 1/3 da cotação da respectiva questão. Pode encontrar a sintaxe de comandos OpenGL e uma tabela com valores das funções trigonométricas no verso.

Respostas:

1. [1.0v] _____ 2. a) [1.0v] _____ 2. b) [1.0v] _____

3. a) [0.5v] _____ 3. b) [0.5v] _____

4. [2.0v] A=_____ B=_____ C=_____ D=_____ E=_____ F=_____

5. a) [2.0v]

5. b) [1.0v] $P_{wcs}=[\text{_____} \text{ _____} \text{ _____}]^T$ **Identificação do Aluno**

Nome:

Número:

	30°	45°	60°
<i>sin</i>	0,5	0,707	0,866
<i>cos</i>	0,866	0,707	0,5

	30°	45°	60°
<i>sin</i>	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
<i>cos</i>	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$

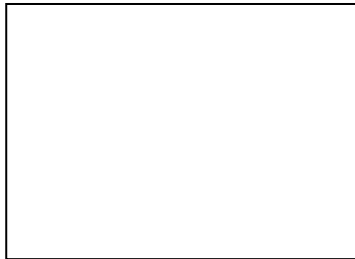
```

void glutInitWindowSize(int width, int height);
void glutInitWindowPosition(int x, int y);
void glViewport(GLint x, GLint y, GLsizei width, GLsizei height);
void glOrtho( GLdouble left, GLdouble right,
              GLdouble bottom, GLdouble top,
              GLdouble nearVal, GLdouble farVal);

```

6. [1.0v] _____

7. [1.0v] $T(d_x, d_y)^{-1} =$



8. a) [2.0v] $M =$



8. b) [2.0v]



9. a) [2.0v] _____ 9. b) [2.0v] _____

10 a) [1.0v] _____ 10 b) [1.0v] _____

Identificação do Aluno

Nome:

Número:

1. [1.0v] O acrónimo *fps* significa:

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

- A:** Figuras poligonais sólidas;
- B:** Funções poligonais simples;
- C:** Frames por segundo;
- D:** Funções puras simples;
- E:** Nenhuma das anteriores.

Resposta correcta: C**2. [2.0v]** Considere o seguinte programa em OpenGL.

```
01:  int main(int argc, char *argv[]) {
02:      glutInit(&argc, argv);
03:      glutInitDisplayMode(GLUT_SINGLE | GLUT_RGB);
04:      glutInitWindowSize (400, 400);
05:      glutInitWindowPosition (-1, -1);
06:      glutCreateWindow("Teste");
07:      glutDisplayFunc(myDisplay);
08:      glutReshapeFunc(myReshape);
09:      glutMainLoop();
10:      return 0;
11:  }
12:  void myReshape(GLsizei w, GLsizei h) {
13:      glViewport(0, 0, w, h);
14:      glMatrixMode(GL_PROJECTION);
15:      glLoadIdentity();
16:      glOrtho(-2.0f, 2.0f, -2.0f, 2.0f, -2.0f, 2.0f);
17:      glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
18:      glLoadIdentity();
19:  }
20:  void myDisplay(void) {
21:      glClearColor(1.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f);
22:      glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
23:      glFlush();
24:  }
```

a) [1.0v] O que faz a linha de código número 7?

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

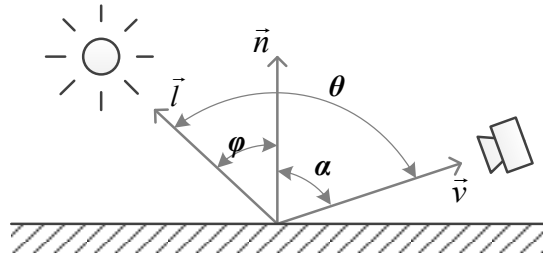
- A:** Preenche o viewport com a cor vermelha
- B:** Invoca a função myDisplay
- C:** Regista a callback myDisplay
- D:** Preenche o viewport com a cor azul
- E:** Cria uma janela de 400 por 400
- F:** Nenhuma das anteriores

Resposta correcta: C

- b) [1.0v] Que linha de código inicia o processamento dos eventos da GLUT?

Resposta: 9

3. [1.0v] Considere três vectores co-planares unitários v , l e n , e os ângulos $\varphi=45^\circ$ e $\theta=115^\circ$, conforme ilustrado na figura abaixo.



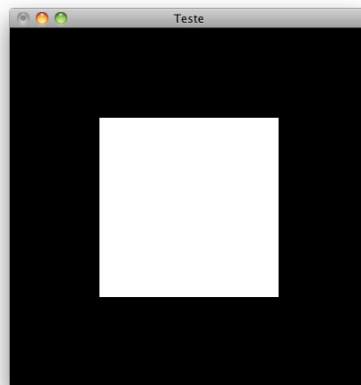
- a) [0.5v] Calcule o valor do ângulo α .

$$\alpha = \theta - \varphi = 115 - 45 = 70^\circ$$

- b) [0.5v] Calcule o valor do produto interno entre os vectores l e n .

$$l \cdot n = 1 \cdot \cos(45) = \sqrt{2}/2$$

4. [2.0v] Considere a seguinte imagem e complete o código OpenGL que a produz, indicando os valores de A, B, C, D, E e F.



```
01: int main(int argc, char *argv[]) {
02:     ...
03:     glutDisplayFunc(myDisplay);
04:     glutMainLoop();
05:     ...
06: }
07: void myDisplay(void) {
08:     glClearColor(A, B, C, 0.0f);
09:     glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
```

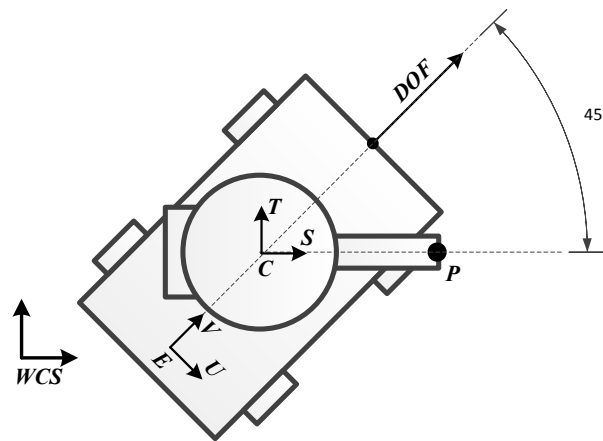
```

10:         glColor3f(1.0f, 1.0f, 1.0f);
11:         glBegin(GL_POLYGON);
12:             glVertex3f(D, -1.0f, 0.0f);
13:             glVertex3f(1.0f, E, 0.0f);
14:             glVertex3f(1.0f, F, 0.0f);
15:             glVertex3f(-1.0f, 1.0f, 0.0f);
16:         glEnd();
17:         glFlush();
18:     };

```

A, B e C = 0.0f D e E = -1.0f F = 1.0f

5. [3.0v] Considere a cena 2D abaixo representada, onde a posição e direcção de um veículo são dadas pelo ponto E e pelo vector DOF, respectivamente. Este veículo está equipado com um canhão sobre uma torre giratória. Esta torre roda sobre o ponto C.



Sabendo que:

- Posição do veículo: $E_{WCS} = [2 \ 0]^T$
- Direcção de veículo (não normalizada): $DOF_{WCS} = [1 \ 1]^T$
- Centro da torre (no referencial do veículo): $C_{UV} = [0 \ 2]^T$
- Ponta do canhão (no referencial da torre): $P_{ST} = [3 \ 0]^T$
- Ângulo de rotação da torre (em relação a DOF): $\theta = 45^\circ$

- a) [2.0v] Apresente a matriz de transformação composta $M_{ST \rightarrow WCS}$, que realiza a mudança do referencial ST para o sistema de coordenadas do mundo.

$$M_{ST \rightarrow UV} = T(0, 2) \cdot R(-45) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos(45) & -\sin(45) & 0 \\ \sin(45) & \cos(45) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 & -\sqrt{2}/2 & 0 \\ \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$|DOF_{WCS}| = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$$

$$V_{WCS} = \frac{DOF_{WCS}}{|DOF_{WCS}|} = \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 \\ \sqrt{2}/2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$U_{WCS} = \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 \\ -\sqrt{2}/2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{UV \rightarrow WCS} = [U \quad V \quad E] = \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & 2 \\ -\sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{ST \rightarrow WCS} = \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & 2 \\ -\sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 & -\sqrt{2}/2 & 0 \\ \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \sqrt{2} + 2 \\ 0 & 1 & \sqrt{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

b) [1.0v] Indique as coordenadas da ponta do canhão, P_{WCS} , em coordenadas do mundo.

$$P_{WCS} = M_{ST \rightarrow WCS} \cdot P_{ST} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \sqrt{2} + 2 \\ 0 & 1 & \sqrt{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 3 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 + \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \\ 1 \end{bmatrix}$$

6. [1.0v] O que se entende por transformação afim?

São transformações que mantêm paralelismo de linhas e em que a imagem do vector (0,0) pode não ser (0,0)

7. [1.0v] Apresente a matriz inversa de uma translação d_x, d_y .

A matriz inversa é a seguinte:

$$T(d_x, d_y)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -d_x \\ 0 & 1 & -d_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

8. [4.0v] Considere uma transformação em 2D composta por uma rotação de 90° seguida de translação de 3 em X e de -2 em Y.

a) [2.0v] Calcule a matriz homogénea da transformação composta.

A transformação composta resulta da multiplicação das matrizes:

$$M_r = \begin{bmatrix} \cos 90 & -\sin 90 & 0 \\ \sin 90 & \cos 90 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_t \times M_r = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 3 \\ 1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

b) [2.0v] Mostre, através do cálculo de uma matriz, se esta transformação composta é comutativa.

Basta verificar se o resultado da multiplicação das matrizes pela ordem inversa é igual:

$$M_r \times M_t = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A transformação composta não é comutativa.

9. [3.0v] Dada a seguinte lista de instruções OpenGL

A: glTranslatef(10.0, 0.0, 0.0);

G: glScalef(0.1, 0.1, 1.0);

B: glTranslatef(10.0, 1.0, 1.0);

H: glScalef(0.1, 1.0, 0.1);

C: glutSolidCube(10.0)

I: glScalef(0.1, 0.1, 0.1);

D: glLoadIdentity();

J: glRotatef(90.0, 1.0, 0.0, 0.0);

E: glPushMatrix();

K: glRotatef(90.0, 0.0, 1.0, 0.0);

F: glPopMatrix();

L: glRotatef(90.0, 0.0, 0.0, 1.0);

- a) [2.0v]** Escolha e ordene as instruções necessárias para instanciar um paralelepípedo de dimensões 1x10x1 (x,y,z) a 10 unidades da origem do referencial segundo x.

Resposta correcta: (E) A H C (F)

- b) [1.0v]** Quais as instruções a alterar se as dimensões do paralelepípedo forem 10x10x5?

Resposta correcta: H

10. [2.0v] Considere o seguinte excerto de código OpenGL:

```
glMatrixMode( GL_MODELVIEW );
glLoadIdentity();
:
void displayer(); {
    glPushMatrix();
    glScalef( 0.5, 1.0, 2.0);           // Transformação S1
    glPushMatrix();
    glTranslatef( -10.0, 10.0, 100.); // Transformação T1
    showObject( obj1 );
    glPushMatrix();
    glRotatef( -90.0, 0.0, 1.0, 0.0); // Transformação R1
    glScalef( 2.0, 1.0, 0.5);         // Transformação S2
    showObject( obj2 );
    glPopMatrix();
    showObject( obj3 );
    glRotatef( 180.0, 1.0, 0.0, 0.0); // Transformação R2
    showObject( obj4 );
    glPopMatrix();
    showObject( obj5 );
    glPopMatrix();
    glFlush();
}
```

Considere as seguintes transformações compostas:

A: S1 T1 R1 S2

E: S1 T1 R1

I: S2 R2

K: S1 T1 R2

B: S2 R1 T1 S1

F: R2 S2 R1

J: T1 S1

L: R2 T1 S1

C: Identidade

G: S1 T1

M: S1

D: R1 S2

H: T1 R1 S2

- a) [1.0v]** Identifique a transformação composta que afecta o objecto obj2 quando a função showObject () é executada.

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

Resposta correta: A (S1 T1 R1 S2)

- b) [1.0v]** Identifique a transformação composta que afecta o objecto obj4 quando a função showObject() é executada.

(escolha múltipla: indique a opção correcta na página de respostas)

Resposta correta: K (S1 T1 R2)