



**Exame de 2ª Época**  
**Computação Gráfica**

**LEIC/MEIC**

Ano Lectivo de 2008/2009

**Prof. João Brisson Lopes**

**Prof. Mário Rui Gomes**

**24 de Julho 2009**

Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Responda o mais completamente às seguintes questões justificando adequadamente todas as respostas.

O exame tem uma duração de 2h30m.

Todas as páginas devem ter o número e o nome do aluno.

**I**

1. Os sistemas gráficos semelhantes ao OpenGL consideram dois grandes tipos de primitivas que processam de forma diferente.

a) Que tipos são estes?

*São as primitivas geométricas caracterizadas por os seus pontos representativos serem identificados pelas respectivas coordenadas do mundo, sofrendo depois transformações sucessivas para os sistemas de coordenadas dos dispositivos de saída, e as primitivas raster que são conjuntos de quadriculas e não de pontos.*

b) O que sucede a cada um destes tipos de primitivas ao serem processadas pelo pipeline de visualização?

*As primitivas geométricas são primeiro sujeitas às transformações que as colocam na cena a visualizar, são de seguida transformadas de acordo com o tipo de projecção e os parâmetros de câmara virtual, recortadas, eliminadas ou não consoante sejam invisíveis ou não e discretizadas. As primitivas raster são directamente alimentadas aos andares do pipeline que realizam a remoção de invisíveis e a discretização, não passando pelos outros andares.*

- c) Estas primitivas podem ou não ser processadas em modo imediato e modo de retenção (diferido)? O que são estes modos? Que entidade de OpenGL suporta o modo de retenção?

*No modo imediato, todas as primitivas são processadas por todos os andares relevantes do pipeline de visualização e o resultado são fragmentos que são afixados no dispositivo de saída gráfica. No modo de retenção não existe (a não ser opcionalmente) qualquer saída para o dispositivo ficando todos os comandos (depois de algum processamento) englobados numa lista de comandos que, mais tarde, pode ser invocada por um só comando tantas as vezes quanto o necessário. Tanto as primitivas geométricas como as raster podem ser processadas em modo imediato ou em modo de retenção. Este é implementado em OpenGL através das Display Lists.*

2. Em muitos sistemas gráficos interactivos as aplicações funcionam segundo o modelo de acontecimentos (ou eventos).

- a) O que é um acontecimento? Onde são originados os acontecimentos? Apresente exemplos de dois tipos de acontecimentos.

*Acontecimento é a ocorrência de uma acção externa ao sistema desencadeada por um periférico e que se caracteriza pelo envio de uma estrutura de notificação da ocorrência que inclui informação sobre a origem, tipo e demais parâmetros da ocorrência. Um acontecimento simples é, por exemplo, o accionamento de uma tecla (do teclado) ou a deslocação de um dispositivo apontador (como um rato ou uma spaceball).*

- b) Como são processados os acontecimentos em OpenGL?

*O sistema gráfico e o sistema operativo cooperam para que o acontecimento seja entregue à aplicação a que se destina e que, em função do tipo e origem do acontecimento, selecciona uma função de retorno apropriada.*

- c) Como é possível seleccionar os acontecimentos a processar dos acontecimentos a ignorar em OpenGL?

*É possível filtrar os acontecimentos providenciando (isto é, registando) funções de retorno para os tipos de acontecimentos que se deseja processar e não providenciando tais funções para os acontecimentos que não se deseje processar (ou declarando nulas tais funções).*

3. Considere os andares de rasterização (discretização) e de remoção de elementos ocultos de um pipeline de visualização tridimensional.

a) Localize estes dois andares no conjunto de andares do pipeline implementado pelo sistema gráfico OpenGL e justifique essas localizações.

*Em OpenGL a remoção dos elementos ocultos verifica-se depois da atribuição de cor a os fragmentos provenientes da discretização, ou seja, são a última operação realizada através do algoritmo de Z-buffer. Dá-se assim a inversão da sequência clássica de andares num pipeline que prevê a remoção de elementos ocultos antes das discretização e a diferença deve-se ao próprio algoritmo de Z-buffer que opera sobre pixéis individuais. Um outra alteração ao pipeline poderia prever a execução do algoritmo de Z-buffer antes da atribuição da cor aos pixéis dos fragmentos.*

b) Se o dispositivo de saída gráfica for um dispositivo vectorial, a localização dos andares de desenho no dispositivo e remoção de elementos ocultos é a empregue em OpenGL? Porquê?

*Não, é a inversa, a sequência clássica, porque um dispositivo vectorial obriga a realizar a remoção dos elementos ocultos antes do desenho das primitivas gráficas dado que não é possível realizar as operações elementares de apagar ou desenhar por cima permitidas pelos dispositivos de quadrícula (veja-se o caso de um traçador gráfico).*

## II

1. Nos sistemas gráficos é possível realizar dois tipos de projecções: a projecção paralela e a projecção de perspectiva.

a) O que se entende como uma projecção?

*Projecção é a representação sobre uma superfície plana da vista de uma cena tridimensional.*

b) Caracterize o que diferencia estes dois tipos de projecção.

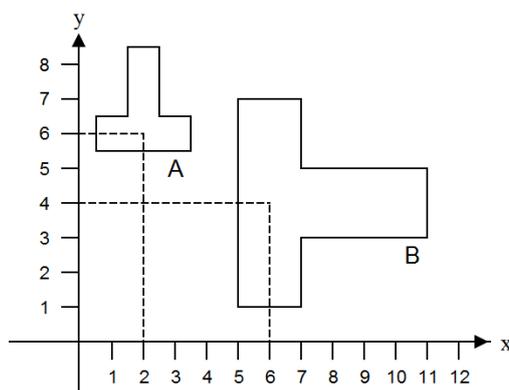
*A diferença essencial entre a projecção paralela e a de perspectiva reside nas linhas projectantes que, no primeiro caso, são paralelas entre si e paralelas à direcção de projecção (a direcção segundo a qual a câmara virtual “olha”) e no caso da perspectiva concorrem no centro de vista ou centro de projecção. O resultado é a manutenção dos*

*comprimentos independentemente da distância dos objectos ao centro de projecção na projecção paralela, enquanto na projecção de perspectiva os comprimentos não são mantidos, aparentando ser maiores comprimentos iguais de objectos mais próximos do centro de projecção.*

- c) Serão semelhantes os volumes canónicos resultantes destes tipos de projecção? Porquê?

*Não, os volumes canónicos da projecção paralela e da projecção de perspectiva são diferentes. O volume canónico da projecção paralela é um paralelepípedo enquanto o volume canónico de perspectiva é um tronco de pirâmide.*

2. Considere uma variante do jogo Tetris em que as peças podem aumentar de tamanho. O movimento da posição A para a posição B corresponde a ampliar a peça, rodá-la  $90^\circ$  no sentido dos ponteiros do relógio e deslocá-la para a direita e para baixo.



- a) Enumere, pela ordem correcta de aplicação, as transformações elementares a aplicar à peça para a deslocar da posição A para a posição B. Na posição B a peça tem uma área 4 vezes maior do que a que tinha na posição A.

*Translação (-2, -6); Rotação (-90°); Escala (2, 2); Translação (+6, +4)*

*ou, em alternativa*

*Translação (-2, -6); Escala (2, 2); Rotação (-90°); Translação (+6, +4)*

- b) Escreva as matrizes correspondentes às transformações elementares e, identificando cada uma por letras (A, B, C, etc.), escreva a expressão matricial correspondente à transformação composta.

*A – Translação (-2, -6)*

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

*B – Rotação (-90°)*

$$\begin{bmatrix} \cos(-90) & -\text{sen}(-90) & 0 \\ \text{sen}(-90) & \cos(-90) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

*C – Escala (2, 2)*

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

*D – Translação (+6, +4)*

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 \\ 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

*D x C x B x A ou D x B x C x A porque, neste caso as transformações rotação e escala são permutáveis.*

3. Apresente dois exemplos diferentes em que exista vantagem em modelar por varrimento e explique a razão ou razões para tal vantagem.

*A forma de uma garrafa pode variar de marca para marca de produto, o que dificulta não só a sua modelação por instanciação de primitivas, como torna demasiado complicada a sua representação por enumeração da ocupação espacial. Mas se considerarmos a forma da garrafa através de uma secção radial segundo o eixo principal e rodarmos essa secção em torno desse eixo, a modelação resume-se então à determinação da cêrcea que é uma linha de (relativamente) fácil determinação.*

*Por um conjunto idêntico de razões, podemos considerar um tubo cuja secção circular varia continuamente (e não necessariamente uniformemente) ao longo do tubo.*

### III

1. Descreva o algoritmo de Sutherland-Hodgman e aplique-o a um triângulo que contém no seu interior o rectângulo de recorte.

*O algoritmo de Sutherland-Hodgman realiza o recorte de polígonos contra os lados do rectângulo de recorte, um de cada vez, a partir da lista de vértices do polígono. Cada lado do rectângulo de recorte determina um semi-plano interior e um semi-plano exterior. As regras são:*

*1) Se os dois vértices de um lado se encontram dentro do semi-plano interior, os dois vértices mantêm-se na lista de vértices.*

2) Se o lado do polígono parte de um vértice no semi-plano interior para um vértice no semi-plano exterior, o vértice exterior é substituído pelo ponto de intersecção do lado do polígono com a recta que contem o lado de recorte.

3) Se o vértice inicial do lado se encontra no semi-plano exterior e o vértice final no semi-plano interior, é adicionado um ponto correspondendo à intersecção do lado do polígono com a recta que contem o lado de recorte e também é adicionado o vértice final.

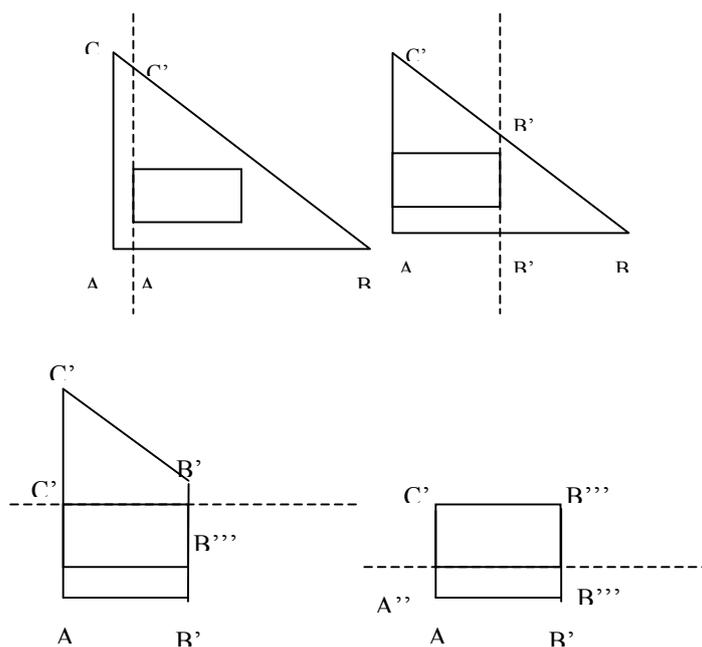
4) Nenhum vértice é adicionado à lista de vértices resultado se os dois vértices de um lado do polígono se encontram no semi-plano exterior.

Considerando primeiro o limite de recorte esquerdo, o ponto A é eliminado e substituído pelo ponto A' e o ponto B é mantido (regra 3), o ponto C é substituído pelo ponto C' (regra 2) e o lado CA é descartado (regra 4). Resultado: A'BC'.

Para o limite direito do rectângulo de recorte, o ponto A' é mantido e o ponto B é substituído pelo ponto B' (regra 2), é adicionado o ponto B'' e o ponto C mantém-se (regra 3). Resultado: A'B'B''C'.

Para o limite superior do rectângulo de recorte, os pontos A' e B' mantêm-se (regra 1), o ponto B''' substitui o ponto B'' e o ponto C' é descartado (regra 2) e adiciona-se o ponto C'' (regra 3). Resultado: A'B'B'''C''.

Finalmente, para o limite de recorte inferior, os pontos A' e B' são descartados (regra 4), o ponto B'''' é adicionado e o ponto B''' mantido (regra 3), o ponto C'' mantido (regra 1) e o ponto A'' substitui o ponto A' (regra 2). Resultado: B''''B'''C''A''.



2. O sistema gráfico OpenGL emprega o algoritmo de Z-buffer.

a) Com que fim emprega o OpenGL este algoritmo?

*O algoritmo de Z-buffer destina-se a remover os elementos ocultos.*

b) Descreva as operações parcelares realizadas pelo algoritmo e as estruturas de dados que emprega.

*O algoritmo de Z-buffer emprega uma estrutura de dados, o Z-buffer, com tantos elementos quantos os pixéis da imagem. Cada elemento contém a profundidade do pixel da imagem correspondente. Quando recebe um novo pixel para verificar, o algoritmo determina se a profundidade do novo pixel é inferior à existente no Z-buffer e, sendo verdade, altera o pixel e o correspondente elemento da estrutura de Z-buffer.*

c) Existe ou não vantagem deste algoritmo face a outros como o algoritmo da linha de varrimento? Porquê?

*Este algoritmo apresenta um desempenho que não depende do número de elementos presentes na cena mas sim linearmente do número total de pontos discretizados.*

3. A discretização de polígonos obedece a regras para contabilizar correctamente o número de intersecções entre a linha de varrimento e os lados do polígono. Apresente estas regras e os objectivos específicos de cada uma delas.

*A primeira regra consiste em descartar todos os lados horizontais dos polígonos de forma a eliminar a indeterminação que estes introduziriam devido ao facto de o número de pontos de intersecção entre tais lados e a linha de varrimento (horizontal) ser infinito.*

*A segunda regra determina que, empregando-se uma linha de varrimento ascendente, as intersecções entre a linha de varrimento e os vértices superiores dos lados do polígono não sejam contabilizadas. O objectivo é evitar que em tais vértices sejam contabilizadas duas intersecções e não uma única intersecção.*

## IV

1. Pretende-se obter um conjunto de 7 cores visual e igualmente espaçadas entre o verde e o vermelho puros. Indique um modelo de cor dos mais adequados para calcular este conjunto de cores e a forma como estas devem ser escolhidas.

*Os modelos RGB obriga a considerar valores variáveis e valores estáticos das componentes verde e vermelha na obtenção de cores igualmente espaçadas entre as duas cores. O mesmo se passa com o modelo CMY. Já no caso dos modelos HSV e HLS é possível fazer variar a componente H (hue, cor pura) de forma a obter 7 cores igualmente espaçadas. Sendo então  $H=0$  para o vermelho e  $H=120$  para o verde, teríamos então a seguinte sequência para os valores de H: 120, 100, 80, 60, 40, 20, 0.*

2. Qual é a diferença entre os métodos de sombreamento de Gouraud e Phong?

*Os dois métodos de sombreamento determinam a cor no interior dos polígonos de uma malha poligonal com base nas normais em cada vértice da malha. No sombreamento de Gouraud, o modelo de iluminação é aplicado a cada vértice para calcular uma cor, sendo as cores das restantes quadrículas do interior do polígono obtidas através da interpolação linear das cores dos vértices do polígono. O método de Phong interpola as normais nos vértices de cada polígono para obter a normal em cada quadrícula interior ao polígono e, com esta informação, aplica então o modelo de iluminação de Phong individualmente a cada quadrícula.*

3. Que função desempenha o termo ambiente empregue nos cálculos de iluminação no método de geração de imagens sintéticas pelo método de ray-tracing? A que modelo de iluminação pertence este termo? Relacione-o com o tipo de iluminação que o método de ray-tracing proporciona.

*O termo ambiente empregue nos cálculos da iluminação de um ponto na geração de imagens sintéticas pelo método de ray-tracing destina-se a representar a luz existente na cena que se reflecte difusamente, ou seja, toda a iluminação de um ponto que não seja devida a iluminação directa, reflexão especular e refração. Este termo representa um contributo de uniforme de luminosidade às cenas, evitando que possam ser geradas imagens em que os objectos pareçam flutuar num espaço escuro. O termo ambiente provém do modelo local de iluminação de Phong.*

### Cotações

	I	II	III	IV	
1.	1,5	1,5	2	1	
2.	2	2	2	1,5	
3.	1,5	1,5	1,5	2	Total
Grupo	5	5	5,5	4,5	20 Valores