



2º Teste / 1º Exame de Computação Gráfica 2º Ano

Licenciatura em Eng. Informática e de Computadores

Prof. responsável – Mário Rui Gomes

4 de Julho de 2000

Nº _____ Nome: _____ Sala: _____

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. Se necessário utilize o verso da respectiva folha.

Ao 2º teste pertencem todas as 15 perguntas dos grupos VI a IX. Ao 1º Exame pertencem todas as perguntas menos as dos grupos V a IX assinaladas com *.

1º Parte

I

1. Enumere os 4 critérios principais de classificação das aplicações gráficas e aplique-os na classificação de uma aplicação a usar na produção de imagens de alçados num projecto de Arquitectura.

Os critérios a utilizar são os seguintes:

- 1) Dimensionalidade dos objectos representados e tipo de imagens produzidas, no nosso caso 2D;
- 2) Tipo de interacção c/ o utilizador (CG Passiva versus CG activa), no nosso caso é um editor pelo que é classificada como CG activa;
- 3) Papel desempenhado pela imagem, no nosso caso a imagem é o fim a atingir;
- 4) Relação lógica e temporal entre objectos e imagens, no nosso caso é obtida uma imagem de cada vez do respectivo alçado.

2. Quais foram dois dos principais factores que conduziram ao sucesso do “rato” relativamente ao seu principal competidor? Que dispositivo era esse?

Em finais da década de 60 o “rato” aparece como competidor da caneta luminosa. Os factores de sucesso são bastantes numerosos entre os quais a fadiga do braço, o facto de a manipulação ser efectuada directamente sobre o ecrã (escondendo o braço parte do seu conteúdo).

II

1. Determine a matriz de transformação 2D em coordenadas homogéneas correspondente a uma escala de 2 em x e 0,5 em y seguida de uma rotação de $+90^\circ$. Porque é que, em geral, é necessário empregar espaços homogéneos?

As matrizes de escala e rotação em coordenada 2D homogéneas são, respectivamente

$$M_s = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M_r = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\text{sen} \theta & 0 \\ \text{sen} \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

que, multiplicadas levam-nos a

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -0,5 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

O emprego de espaços homogéneos torna-se necessário porque as transformações de translação não são lineares quando consideradas no espaço original em que ocorrem mas, se fizermos a transformação para o espaço homogéneo correspondente, passam a ser lineares e, portanto, podem-se tratar todas as transformações como sendo lineares e existirá assim uma forma única para todas as transformações.

2. Numa câmara virtual com distorção de perspectiva existe uma relação entre os ângulos de visão nos planos horizontal e vertical e a relação de aspecto da câmara. Descreva esta relação.

A relação de aspecto numa câmara virtual é o quociente da largura L pela altura H da janela no plano de projecção e que irá corresponder aos limites segundo x e y para o recorte da cena projectada depois de ter sido normalizada. Sejam Θ_L e Θ_H os ângulos horizontal e vertical de abertura da câmara e d a distância da posição da câmara ao plano de projecção. Teremos então

$$L/2d = \text{tg } \Theta_L$$

$$H/2d = \text{tg } \Theta_H$$

Dividindo, obteremos a relação pretendida

$$L/H = \text{tg } \Theta_L / \text{tg } \Theta_H$$

III

1. Escreva em sistema de coordenadas apropriado a matriz de transformação de uma projecção perspectiva em que o plano de projecção diste de 5 (cinco) unidades do centro de projecção.

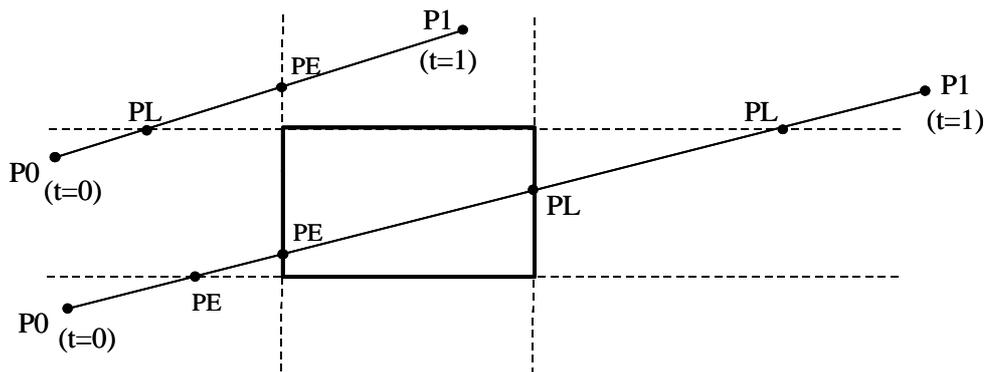
A matriz de transformação de projecção perspectiva é

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/d & 0 \end{bmatrix}$$

que, quando $d=5$, se transforma em

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

- Na figura apresentam-se dois exemplos da aplicação do algoritmo de Cyrus-Beck. O que se designa por PL e PE e como é possível saber se um ponto de intersecção é do tipo PL ou PE? O que é necessário fazer quando existem vários PL e PE, como no caso do segmento de recta com maior comprimento? Através da simples comparação entre P_i como é possível calcular se existe ou não recorte?



Por PL designa-se os pontos de saída potencial (leaving) e os PE os pontos de entrada potencial (entering). Se $N_i \cdot D < 0 \Rightarrow PE$, se $N_i \cdot D > 0 \Rightarrow PL$ em que N_i é a normal exterior ao polígono (no exemplo rectângulo) de recorte e $D = [P_1 - P_0]$ para cada segmento de recta.

Quando existem vários PL e PE é necessário escolher o valor do parâmetro com T_e maior e o T_l mais pequeno.

Se $T_l < T_e$ (segmento de recta mais pequeno) não existe intersecção. Se $T_l > T_e$ (2º segmento) o resultado do recorte é $[P(T_e) P(T_l)]$.

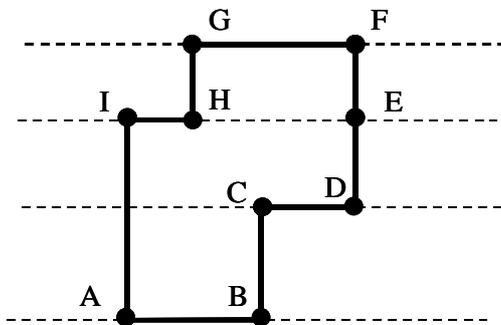
IV

- O que se entende por *rasterização*? Qual a origem do “efeito de escada” e qual a sua relação com essa operação?

Por *rasterização* entende-se a operação que transforma uma descrição vectorial de um objecto pertencente a uma cena num conjunto de quadrículas como se ilustra na figura. O “efeito de escada” o qual também se pode observar na figura resulta de ao transformar-se uma representação num espaço de coordenadas contínuo (vectorial) num espaço de coordenadas discreto (quadrículas) estarmos a introduzir um erro que conduz ao denominado “efeito de escada”.

- No preenchimento de polígonos é necessário calcular a intersecção entre a linha de varrimento e as arestas do polígono. O que deve ser feito no caso em que os dois segmentos de recta são colineares? Ilustre esse tipo de situação para o caso concreto de um polígono de Manhattan.

Nessa situação não deve ser contabilizada qualquer intersecção como se ilustra na figura seguinte, mas tem que se ter o cuidado de definir a regra de preenchimento da aresta colinear, como se pode observar na figura na qual, como foi pedido, todos os ângulos do polígono são múltiplos inteiros de 90° .



[F,G] não é preenchido

[H,I] não é preenchido

[C,D] é preenchido

[A,B] é preenchido

V

1. Escreva o código VRML que lhe permitiria definir duas luzes pontuais (PointLight) de cor amarela com 60% da intensidade máxima permitida colocados em [0 0 0] e [10 10 10] empregando um único nó do tipo PointLight em todo o código. A assinatura de um nó PointLight é

```
PointLight {
  exposedField SFFloat ambientIntensity 0
  exposedField SFVec3f attenuation 1 0 0
  exposedField SFCOLOR color 1 1 1
  exposedField SFFloat intensity 1
  exposedField SFVec3f location 0 0 0
  exposedField SFBool on TRUE
  exposedField SFFloat radius 100
}
```

PROTO luz

```
[ field SFVec3f posicao 0 0 0 ]
{ PointLight { intensity 0.6
                color 1 1 0
                position IS posicao
              } }
luz
luz { posicao 10 10 10 }
```

2. Como é que, em VRML, especificaria que um cubo de cor verde reflecte apenas 40% da luz ambiente que sobre ele incide? (Nota: tenha em conta que a assinatura de um nó do tipo Material contém os campos ambientIntensity, diffuseColor, emissiveColor, shininess, specularColor e transparency.)

Atribuir-se-iam os valor de 0,4 ao campo ambientIntensity e 0 1 0 ao campo diffuseColor do nó Material inserido no nó Shape cuja geometria seria Box.

2º Parte (2º Teste)

1. Caracterize quanto à precisão, adequabilidade e complexidade os algoritmos remoção de elementos invisíveis conhecidos como de “Precisão Imagem”.

A **precisão** dependente da resolução do dispositivo de visualização (a visibilidade é determinada em cada quadrícula).

São algoritmos **adequados** para dispositivos “raster”, pelo que susceptíveis a fenómeno do “aliasing”.

Para n objectos e p quadrículas a **complexidade** é algorítmica ($n \times p$), mas as operações são, normalmente, elementares e de baixa carga computacional.

2. Descreva os custos principais e benefícios do algoritmo de remoção de elementos invisíveis de Catmull. Como classificaria este algoritmo quanto tipo de ordenação

O algoritmo de remoção de elementos invisíveis de Catmull, mais conhecido por Z-Buffer, baseia-se na existência de uma memória, o Zbuffer, na qual é armazenada a profundidade do objecto mais próximo do ponto de vista e visível através de uma quadrícula. Requisito: Frame-Buffer com profundidade Z.

Assim exige um custo adicional de memória (Zbuffer) mas, em contrapartida não é necessário efectuar-se a ordenação de polígonos nem o cálculo de intersecções.

Quanto ao tipo de ordenação o algoritmo do tipo (XYZ) sem ordenação explícita.

3. * Descreva, sucintamente, a estratégia seguida pelo algoritmo de cálculo de elementos visíveis por Baseado em Árvore BSP e quais as suas características quanto ao tipo de processamento requerido. Descreva uma aplicação em que a utilização deste tipo de algoritmo seja adequada.

O algoritmo de cálculo de elementos visíveis por Baseado em Árvore BSP baseia-se no cálculo da relação de visibilidade entre um agrupamento de polígonos estáticos (clusters) visto a partir de um ponto arbitrário.

Trata-se de um tipo de algoritmos que necessita de um pré-processamento inicial pesado mas, em contrapartida o processamento de desenho é baixo.

Este tipo de algoritmo é adequado nas situações em que a cena se mantém inalterável e só o ponto de vista muda, por exemplo numa aplicação de Realidade Virtual a ser usada em testes de Vertigens.

VII

1. Descreva a Representação Paramétrica de uma superfície e enumere 3 das suas vantagens principais.

A superfície é definida em função de 2 parâmetros s, t do seguinte modo:

$$x = f(s, t); y = g(s, t); z = h(s, t) \text{ com } 0 \leq s, t \leq 1$$

As vantagens principais são:

- Mais níveis de liberdade para controlo da forma da curva (mais parâmetros a concretizar).
 - As expressões paramétricas suportam declives infinitos, curvas fechadas ou multi-valor.
 - Elementos geométricos definidos parametricamente são inerentemente limitados ($0 \leq u \leq 1$).
 - As expressões paramétricas são facilmente traduzidas na forma de vectores e matrizes.
 - Utilização de um só modelo matemático para representar qualquer curva ou superfície.
2. A que tipo de modelação geométrica pertence a descrição de objectos através de malhas poligonais? Que variantes apresenta esta descrição e como devem estas ser aplicadas?

Pertence ao tipo de modelação geométrica por descrição de fronteira. As malhas poligonais mais comuns são as de lista explícita, lista de vértices e lista de arestas. O seu

emprego depende das operações que se pretenda realizar ao processar a malha. Por exemplo, se se processar cada polígono independentemente de todos os outros, a malha poligonal de lista explícita é suficiente.

3. Apresente as várias formas de modelação geométrica por descrição de trajectória, indicando as suas diferenças, e cite casos em que este tipo de modelação se mostra mais adequado.

A modelação geométrica por descrição de trajectória pode ser realizada por translação (uma secção é deslocada linearmente no espaço gerando um volume), por extrusão e por rotação (a secção gera um volume ao rodar em torno de um centro de rotação). Esta modelação é mais apropriada quando se pretende modelar objectos cujo fabrico é realizado por processos mecânicos como a extrusão ou o corte por arranque de apara.

4. * Descreva 2 dos principais objectivos que se pretenderam alcançar com as superfícies B-Spline?

Podemos considerar os seguintes objectivos principais:

- Obter superfícies facilmente ligáveis com continuidade C^2 e que permitam controlo local (evitar a propagação global).
- Ser possível o controlo local da forma da superfície => Utilizar funções de mistura de influência local.
- O grau do polinómio ser definido pelo valor de uma variável K e não pelo número de pontos de controlo. Para um dado valor de K obtém-se uma aproximação polinomial de grau $(K-1)$.

VIII

1. Durante o teste de um monitor a cores empregando a tecnologia de tubos de raios catódicos com tubos para o vermelho, verde e azul, verificou-se que o monitor não permitia reproduzir todas as cores do espectro visível. Que cores não eram reprodutíveis e por que razão (razões) isso não era possível? (sugestão: use o diagrama CIE x,y na sua explicação)

As cores primárias que são reproduzidas pelos monitores que empregam a tecnologia de tubos de raios catódicos não são as cores vermelha, verde e azul puras tal como definidas exactamente pelo modelo CIE, mas sim cores correspondentes a pontos próximos dos pontos das cores vermelha, verde e azul no diagrama CIE. As cores intermédias são misturas em proporções variáveis das cores primárias que o monitor pode apresentar e encontram-se, no diagrama CIE, dentro de um triângulo cujos vértices são as cores primárias que o monitor produz. Todas as outras cores existentes dentro da área em forma de ferradura do diagrama CIE e fora deste triângulo não são reproduzidas pelo monitor.

2. Explique em que consiste a diferença principal entre o modelo de cor da CIE e todos os outros modelos de cor (RGB, CMY, etc.).

A principal diferença entre o modelo CIE e os outros modelos de cor é que o modelo CIE é um modelo exacto que apresenta uma definição exacta das cores enquanto todos os outros modelos dependem das cores que os dispositivos de saída gráfica permitem. Por exemplo, o modelo RGB não define exactamente o que são as suas cores principais e, portanto, as cores vermelha, verde e azul puras podem variar de dispositivo par dispositivo.

3. No Modelo de Iluminação de Phong existe um parâmetro que pretende simular o facto das superfícies não serem reflectoras especulares puras. Que factor é esse e qual a contribuição na forma global?

O parâmetro de brilho, n determina as dimensões da área especular: quanto mais brilhante for a superfície, menor deverá ser a área de brilho, ou seja, n elevado. Pelo contrário, quanto mais baça for a superfície maior será a dimensão dessa área e portanto n baixo

Na fórmula a componente especular aparece como: $K_S (R \cdot V)^n$ em que:

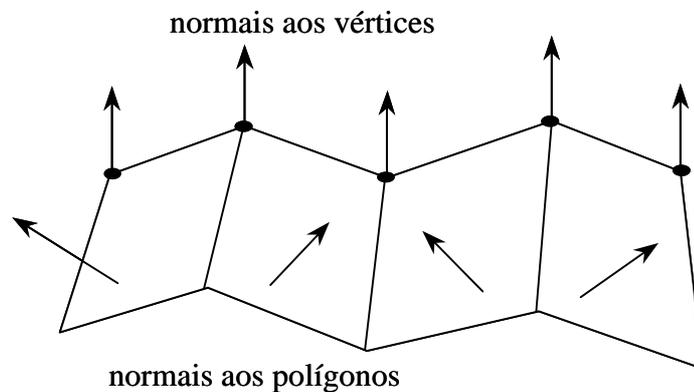
K_S é o coeficiente de reflexão especular, de valor constante e dependente das propriedades ópticas do material,

R é o raio reflectido e

V é o raio em direcção ao ponto de vista.

4. * Descreva, justificando, um problema comum aos Modelos de Sombreamento de Gouraud e Phong relacionado com o modo como são calculadas as normais.. Proponha uma solução para este tipo de problema.

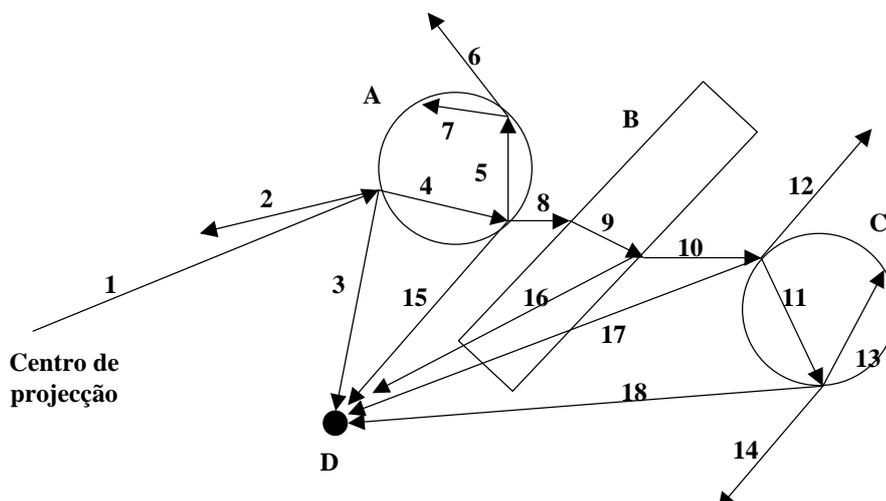
Podem ocorrer erros porque as normais aos vértices são calculadas pela média das normais aos polígonos. Por se pode observar na figura pode ocorrer um falso alisamento de troços da superfície, quando a aproximação poligonal é pouco rigorosa e se observa uma conjunção indesejada dos valores das normais em polígonos adjacentes.



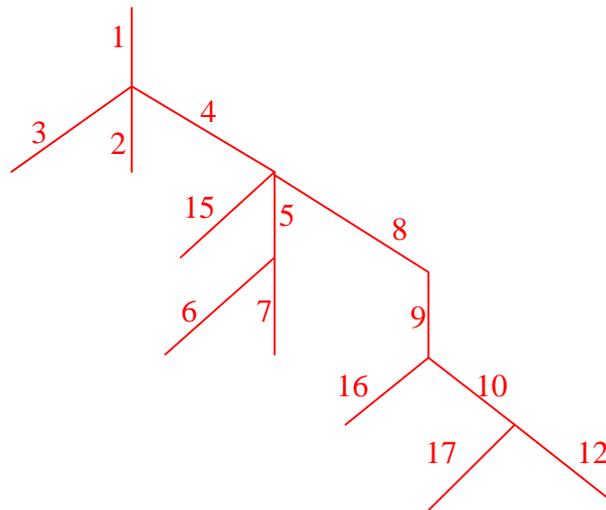
A solução é trivial, basta utilizar um Modelo de Sombreamento não Interpolado também designado por Método Directo.

IX

1. Observe a figura anexa em que se encontram representados os raios empregues no cálculo da cor de um pixel de uma imagem gerada por ray tracing. As características dos objectos são: A é transparente; B é semi-transparente; C é espelhado e D é uma fonte de luz. Diga quais os raios que devem ser considerados e estabeleça a respectiva árvore de raios.



A figura não representa todos os raios que deveriam ser considerados para calcular a cor do pixel em questão. Tomando apenas os raios representados na figura, devem-se considerar todos os raios à exceção do raio 11 (sendo espelhado, o corpo C é opaco) e os raios que dele derivam (13, 14 e 18).



- Qual é a finalidade do método do hemicubo nos algoritmos da radiosidade? Apresente a sua vantagem e explique em que consiste a analogia de Nusselt.

O cálculo dos factores de forma é primordial para calcular as radiosidades das superfícies de uma cena mas este cálculo é complexo e, muitas vezes, não existem expressões analíticas para os determinar. A analogia de Nusselt diz que o factor de forma segundo o qual uma superfície A vê a superfície B e a superfície C é o mesmo se as duas superfícies B e C ocuparem exactamente o mesmo ângulo sólido. O método do hemicubo emprega esta propriedade dos factores de forma, substituindo a superfície B por uma superfície C que ou é paralela ou perpendicular à superfície A, casos em que existem expressões conhecidas para os factores de forma.

- * Em ray tracing existem dois tipos de raios. Que tipos são estes e quantos raios de cada tipo serão necessários para calcular uma imagem com a resolução de 512x512 pixels quando na cena a representar existem 4 corpos esféricos em que a luz se reflecte mas não refracta e o nível máximo de recursividade é de 5? Justifique a sua resposta.

Raios primários e raios secundários. Os raios primários unem o centro de visão com o centro do pixel a determinar, enquanto os raios secundários têm origem em pontos de intersecção de raios primários ou secundários com os objectos da cena e destinam-se a determinar a iluminação desses pontos, determinando se o ponto é iluminado por uma fonte de luz, se o ponto é iluminado por luz reflectida e se é iluminado por luz transmitida.

Neste caso são necessários $512 \times 512 = 262144$ raios primários que constituem o primeiro nível. De cada ponto de intersecção só podem ser gerados raios de reflexão dado que nada se diz quanto a fontes de luz e afirma-se que os corpos são opacos. No pior dos casos existirão 4 raios secundários sucessivos por cada raio primário, num total de $4 \times 262144 = 1048576$ raios secundários.

- * A recursividade em ray tracing tem como consequência um processo recursivo que necessita de critérios de paragem para evitar ciclos infinitos. Apresente e descreva 3 (três) critérios de paragem deste processo recursivo.

A geração recursiva de raios secundários deve parar quando:

- O raio secundário sai da cena sem intersectar qualquer objecto;

- b) A contribuição do raio secundário para a iluminação do ponto original da cena atingido pelo raio primário é inferior a um dado valor arbitrado (2%, por exemplo).
- c) Atinge-se o valor máximo de níveis de recursividade arbitrado (5 níveis, por exemplo).

Cotação do 2º Teste

	VI	VII	VIII	IX	Total
1.	2	2	2	2	
2.	1	1	1	1	
3.	1	1	1	1	
4.		1	2	1	
Total	4	5	6	5	20 Valores

Cotação do 1º Exame

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total
1.	1.5	1	1	1	1.5	1.5	1	1	1.5	
2.	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	
3.							1	1		
Total	2.5	2	2	2	2.5	2	2.5	2.5	2	20 Valores