



**2º Teste / 1º Exame**  
**Computação Gráfica**

LEIC

Prof. João Brisson Lopes

Prof. Mário Rui Gomes

28 de Junho 2005

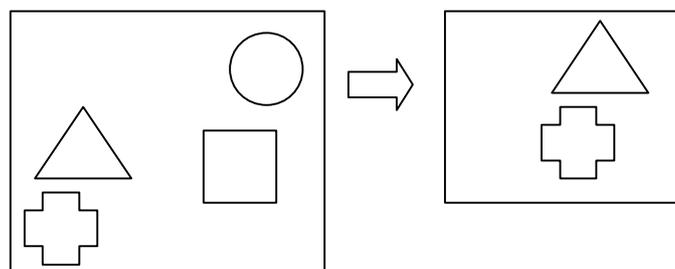
Nº \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Responda às questões seguintes justificando adequadamente todas as respostas. O 2º teste tem uma duração máxima de 1h30m e o 1º exame tem uma duração máxima de 2h30m. Todas as páginas devem ter o nº de aluno.

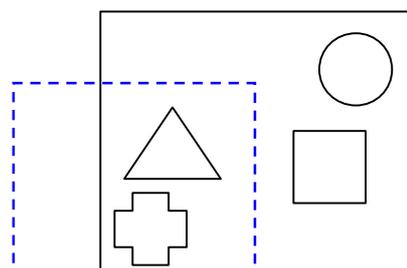
Ao 2º Teste pertencem todas as perguntas dos grupos IV a VI. Ao 1º exame pertencem todas as perguntas excepto as assinaladas como (TESTE)

**I**

1. Considere a figura seguinte:



a) Represente a janela de visualização (na cena) que permite obter a vista ilustrada na figura acima. Justifique a sua resposta.



A janela de visualização é a que está representada na figura. Como os objectos contidos na vista não se encontram alterados em relação à cena, a janela tem que ter a mesma proporção que o *viewport* onde a imagem é representada.

b) Pode ter várias vistas da mesma cena? Se sim, explique como. Se não, justifique.

Sim, posso ter várias vistas da mesma cena. Para isso basta definir vários pares janela-viewport sobre a cena dada.

2. Considere que em ambas as imagens abaixo ilustram duas janelas de visualização sobre uma mesma cena, constituída pelas arestas de um paralelepípedo.



Vista A



Vista B

- a) Sabendo que apenas um parâmetro da câmara virtual necessita de ser alterado para produzir uma ou outra vista, identifique o que varia entre elas, indicando que valor toma em cada um dos casos.

O que varia entre estas duas vistas é o tipo de projecção utilizada pela câmara virtual.

Na vista A foi aplicada uma projecção perspectiva enquanto na vista B foi aplicada uma projecção ortogonal.

- b) Apresente o critério que utilizou para fundamentar a sua afirmação anterior.

Sabendo que o objecto representado é um paralelepípedo, basta analisar o paralelismo das arestas do mesmo em cada uma das vistas.

Como na vista B o paralelismo é mantido, sabemos que foi usada uma projecção ortogonal. Por outro lado, na vista A, a existência de pontos de fuga aponta para o uso de uma projecção perspectiva.

3. Considere a seguinte afirmação: “A composição de transformações, em geral, não é comutativa”.

a) A afirmação é verdadeira ou falsa. Justifique.

A afirmação é verdadeira, porque a composição de transformações corresponde ao produto de matrizes, e este não é geralmente comutativo. No entanto, existem alguns casos como translações+translações, escala+escala e rotação+rotação em 2D que são comutativos.

b) Qual o significado desta matriz de transformação? (considere que estão a ser usadas coordenadas homogéneas)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Esta transformação representa uma translação no espaço 3D, com uma deslocação de 3 unidades em X, 1 unidade em Y e 5 unidades em Z.

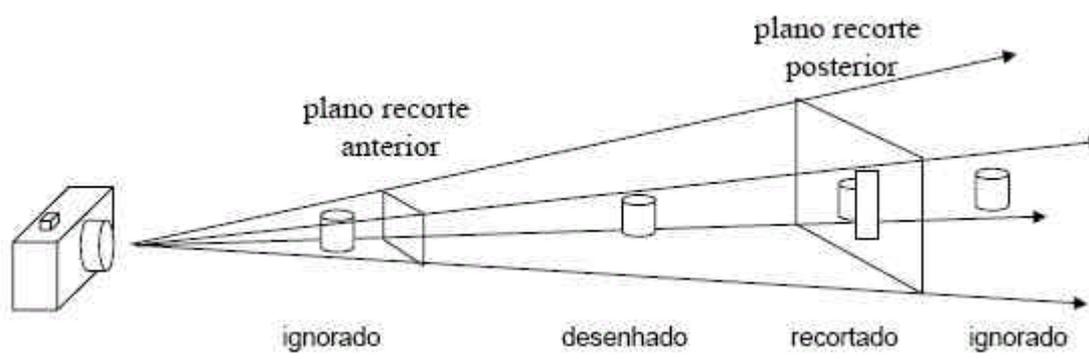
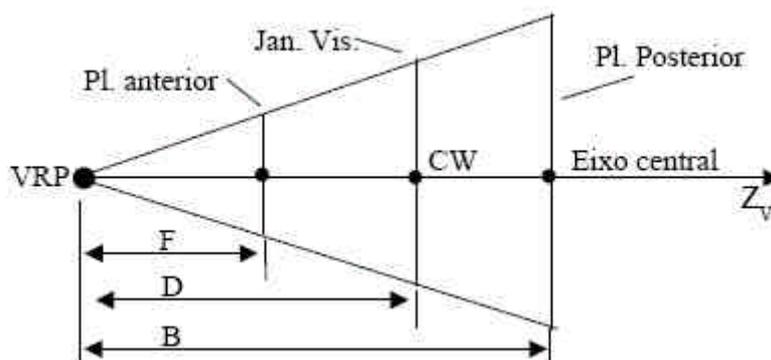
## II

1. A utilização de volumes de visualização infinitos tem algumas consequências negativas, que são particularmente evidentes no caso das projecções perspectiva.

a) Descreva sucintamente a solução para este problema.

A solução passa por definir planos de recorte paralelos ao plano de projecção a uma distância do ponto VRP medida ao longo da direcção VPN. Especifica-se, assim, um plano de recorte anterior a uma distância  $F$  e um plano de recorte posterior a uma distância  $B$ . Da incorporação destes planos de recorte resultam volumes de visualização finitos.

b) Ilustre através de uma figura a aplicação da solução anterior, considerando que tem três objectos na cena, um muito perto da câmara, outro muito afastado e outro no meio dos anteriores em que apenas o objecto do meio deve aparecer na janela de visualização.



2. Numa cena contendo uma superfície de cor amarela existe uma fonte de luz branca. A cena é também iluminada por luz ambiente de cor verde em que a intensidade de cada componente é 50% da intensidade respectiva da fonte de luz branca. A superfície é caracterizada por apresentar coeficientes de reflexão ambiente iguais a um terço dos coeficientes de reflexão difusa (0,6, 0,6 e 0,0, para as componentes R, G e B, respectivamente) e coeficientes de reflexão especular idênticos e iguais a 0,1. Nestas condições, determine a cor com que a superfície será visualizada com e sem reflexão especular.

Contribuição da iluminação pela fonte de luz branca:

$[1,1,1]$  pela superfície  $[0,6 \ 0,6 \ 0]$   $\rightarrow [0,6 \ 0,6 \ 0]$

Contribuição da iluminação ambiente

$[0 \ 0,5 \ 0]$  da luz ambiente reflectida por  $[0,2 \ 0,2 \ 0]$   $\rightarrow [0 \ 0,1 \ 0]$

Cor da superfície sem reflexão especular:

$[0 \ 0,7 \ 0]$

Reflexão especular:

$[1 \ 1 \ 1]$  da fonte de luz reflectida especularmente  $[0,1 \ 0,1 \ 0,1]$   $\rightarrow [0,1 \ 0,1 \ 0,1]$

Cor da superfície com reflexão especular:

$[0,1 \ 0,8 \ 0,1]$

### III

1. Na geração por ray-tracing da imagem de uma galeria de espelhos onde existe uma pequena bola opaca verde de pequenas dimensões, que apenas reflecte difusamente, os espelhos apresentam um coeficiente de reflexão especular de 0,98. Sabendo que a galeria é um recinto fechado, diga quais são os critérios de paragem da recursão que podem ser aplicados neste caso e qual deles deverá ser o que, mais provavelmente, parará a recursão.

Dado que se trata de um recinto fechado, não existe a possibilidade de que um raio, primário ou secundário, possa sair do recinto. Também como a bola é pequena, reduzido será igualmente o número de raios que a atingem, não se gerando mais raios de recursão visto que a bola é opaca e reflecte apenas difusamente. Assim, ficamos reduzidos aos critérios de paragem baseados no nível limite para a recursão e na contribuição de um raio secundário abaixo de um dado valor percentual. Se este valor for de 0,05 (5%), e para o coeficiente de reflexão citado (0,98), a contribuição de um raio secundário só se tornaria inferior a 5% ao fim de  $n = \ln 0,05 / \ln 0,98$ , ou seja, 148 reflexões, o que é demasiado. Assim, o critério de paragem que mais provavelmente será empregue será o do nível limite de recursão.

2. Na geração da imagem de uma cena pelo método da radiosidade, considerou-se inicialmente uma divisão de todas as superfícies num total de 100 áreas. Porém, da subdivisão adaptativa resultou que 25% das áreas fossem subdivididas uma vez e 30% duas vezes.
  - a) Diga o que entende por subdivisão adaptativa.

A consideração, logo de início, de pequenas áreas pode originar que a malha não seja suficientemente fina em partes da cena (obrigando a cálculos desnecessários) e seja demasiado grossa noutras (obtendo-se resultados visuais com variações abruptas de cor). Para evitar estes problemas, é preferível adoptar a subdivisão adaptativa que, partindo de uma malha grossa, proceda à subdivisão apenas onde tal seja necessário, para que as variações de radiosidade entre áreas contíguas não excedam um determinado valor.

- b) Calcule o número de factores de forma que é necessário calcular para cada uma das áreas após a subdivisão e a ordem do sistema de equações que é necessário resolver para calcular todas as radiosidades.

Das 100 áreas originais, 25 dividiram-se uma vez em 50 áreas, 30 duas vezes dando origem a 120 e 45 mantiveram-se, o que perfaz um total de 215 áreas. Isto significa que, para calcular cada área, são necessários 215 factores de forma (a área pode ser concava) e que a ordem do sistema será de  $3 \times 215 = 645$  porque se torna necessário calcular separadamente as componentes RGB de cada radiosidade.

## IV

3. Considere um acetato de uma apresentação que utiliza um número limitado de cores.

a) Qual o formato de imagem em que ele deverá ser armazenado? Justifique

b) Se pretender disponibilizar 100 acetatos do mesmo tipo através da Web qual o formato de imagem que escolheria? Justifique.

a) Como tenho um número limitado de cores devo usar um formato que não introduza artefactos ou ruído, o que é conseguido através do formato GIF.

b) Ao pretender disponibilizar um elevado número de acetatos através da Web depende de qual a variável mais importante se a velocidade de transmissão se a qualidade da visualização. A melhor solução continuaria a ser o formato GIF e, em alternativa, o formato PNG dado que, muito provavelmente, se trate de imagens com variações bruscas de cor.

4. Qual dos dois segmentos de código seguintes

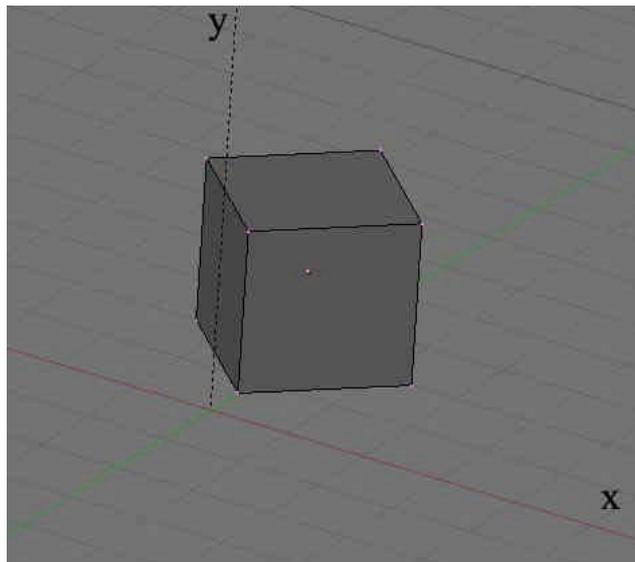
**Código 1 (POV-Ray)**

```
box {
  <-0.5,-0.5,-0.5>, <0.5,0.5,0.5>
  scale <2,2,2>
  translate <0,1,1>
  rotate <0,45,0>
}
```

**Código 2 (VRML)**

```
Transform {
  children [
    Shape { geometry Box { size 1 1 1 } }
  ]
  scale 2 2 2
  translation 0 1 -1
  rotation 0 1 0 0.785
}
```

permite alcançar a configuração expressa na seguinte imagem, onde o centro da base do cubo dista 2 unidades da origem do referencial ao longo do eixo ZZ? Justifique, descrevendo as configurações alcançadas em cada caso (use diagramas como auxílio). (Lembre-se que os sistemas de coordenadas são distintos nestas plataformas).

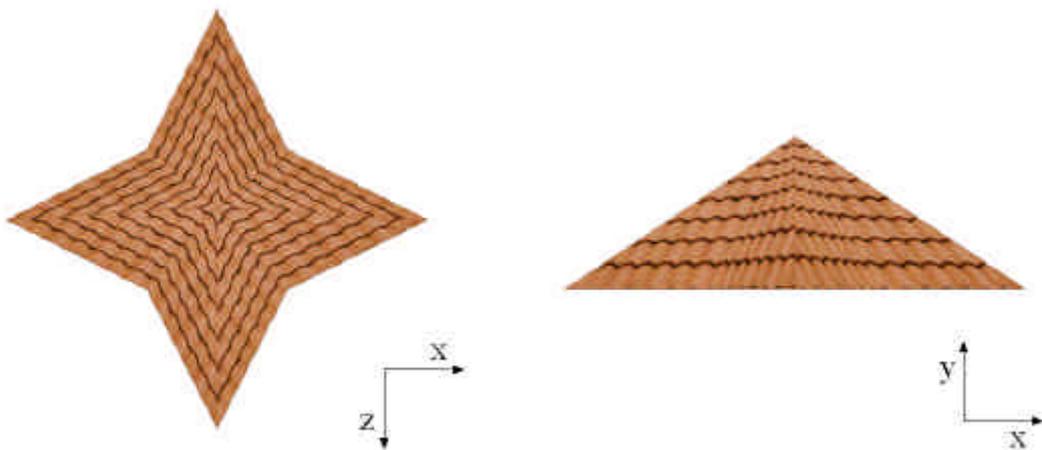


O código 1 (POV-Ray) escala o cubo de face unitária deixando-o centrado na origem. O centro do cubo é depois deslocado de uma unidade segundo Y e outra segundo Z. A rotação de  $45^\circ$  do cubo em torno do eixo dos YY vai manter o seu centro à mesma distância (uma unidade) pelo que este código não satisfaz o requerido.

Para o código VRML (código 2) é necessário ter em conta que, ao contrário do POV-Ray, o VRML aplica as transformações por uma ordem fixa (Scale, Rotation, Translation). A escala e a rotação do segmento de código mantêm o cubo centrado na origem. Por fim, a translação é aplicada mas, porque na direcção dos ZZ a deslocação é de apenas uma unidade, o efeito pretendido não é obtido.

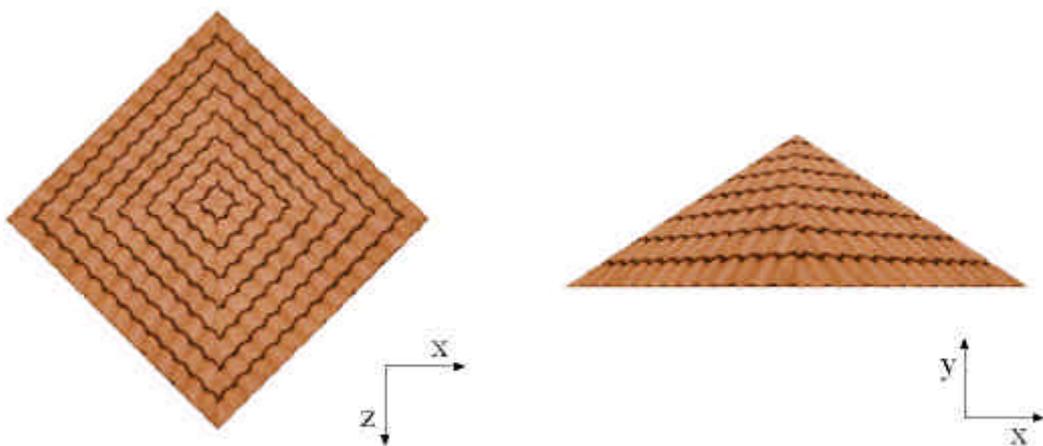
Conclui-se assim que nenhum dos segmentos de código apresentados satisfaz o requerido.

5. (TESTE) Considere um telhado modelado em VRML, recorrendo a uma malha poligonal, a que correspondem as imagens e o código seguintes:



```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  geometry IndexedFaceSet {
    coord Coordinate {
      point [
        0 2 0 ,
        -1 0 1 ,
        0 0 3 ,
        1 0 1 ,
        3 0 0 ,
        1 0 -1 ,
        0 0 -3 ,
        -1 0 -1 ,
        -3 0 0
      ]
    }
    coordIndex [
      0 1 2 -1
      0 2 3 -1
      0 3 4 -1
      0 4 5 -1
      0 5 6 -1
      0 6 7 -1
      0 7 8 -1
      0 8 1
    ]
    solid FALSE
    texCoord TextureCoordinate {
      point [
        0.5 0.8 ,
        0.1 0.2 ,
        0.5 0.2 ,
        0.9 0.2
      ]
    }
    texCoordIndex [
      0 2 3 -1
      0 1 2 -1
      0 2 3 -1
      0 1 2 -1
      0 2 3 -1
      0 1 2 -1
      0 2 3 -1
      0 1 2
    ]
  }
  appearance Appearance {
    texture ImageTexture {
      url "textura.jpg"
    }
  }
}
```

Imagine que está a criar um LOD de dois níveis para o telhado e que a representação simplificada está de acordo com as imagens seguintes:



- a) Mantendo os pontos definidos no campo *coord*, indique que valores deve o campo *coordIndex* assumir para se obter a representação simplificada.

```
coordIndex [
    0 2 4 -1
    0 4 6 -1
    0 6 8 -1
    0 8 2

```

]

- b) Tendo em conta a textura utilizada e mantendo os pontos definidos pelo campo *texCoord* (ver imagem seguinte), indique que valores deve ter o campo *texCoordIndex* para se obter a representação simplificada.



```
texCoordIndex [
    0 1 3 -1
    0 1 3 -1
    0 1 3 -1
    0 1 3

```

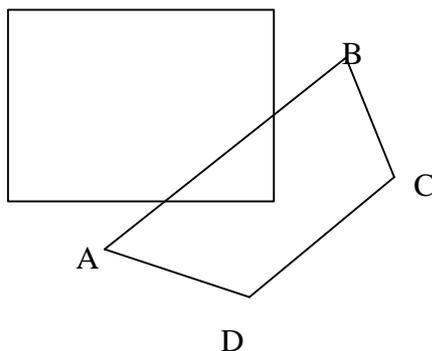
]

## V

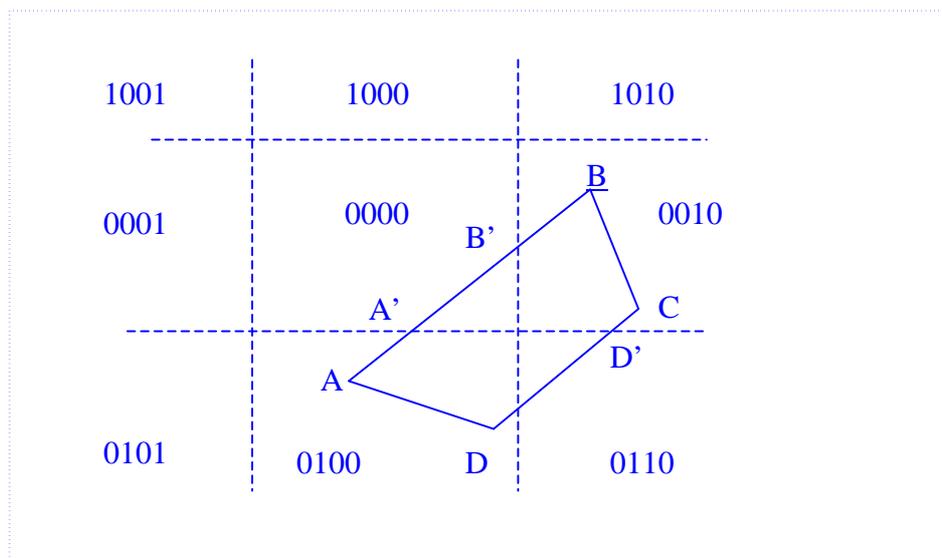
1. Os andares denominados “remoção de invisíveis”, “projecção” e “recorte” fazem parte do pipeline de visualização tridimensional. Indique a ordem pela qual estes andares devem ser executados e quais os seus objectivos.

A sequência correcta é “projecção”, “recorte” e “remoção de invisíveis”. O objectivo destes andares é, respectivamente, proceder à projecção dos objectos gráficos, eliminar os objectos e as partes dos objectos que se encontrem fora do volume canónico e, finalmente, remover as partes das superfícies dos objectos que não sejam visíveis, seja porque são superfícies traseiras, seja porque se encontram por detrás de outras superfícies em relação ao observador.

2. Considere a figura seguinte:



- a) Explique como seria recortada a linha poligonal ABCD usando o algoritmo de Cohen-Sutherland. Além de calcular os códigos explique também o critério seguido na subdivisão dos segmentos.



Para os segmentos AD e BC temos que:

-  $OCA \ \& \ OCD = 0100 \ \& \ 0100 \ \< \ 0 \Rightarrow$  Rejeitado

-  $OCB \ \& \ OCC = 0010 \ \& \ 0010 \ \< \ 0 \Rightarrow$  Rejeitado

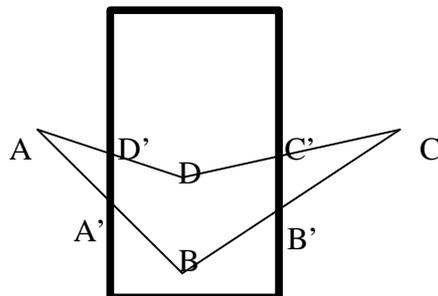
Para o segmento AB temos que  $OCA \ \& \ OCB = 0100 \ \& \ 0010 = 0 \Rightarrow$  É preciso calcular as intersecções. Analisando o outcode de A vemos que tem o segundo bit a um, logo a intersecção vai ser feita com o lado inferior do rectângulo. Desta intersecção resulta o ponto A' com outcode 0000. Analisando o outcode do segundo vértice (B) vemos que tem o terceiro bit a um, logo a intersecção vai ser feita com o lado direito do rectângulo. Desta intersecção resulta o ponto B' com o outcode 0000. Como A' e B' têm ambos o outcode 0000, este segmento é trivialmente aceite.

Para o segmento DC temos que  $OCD \ \& \ OCC = 0100 \ \& \ 0010 = 0 \Rightarrow$  É preciso calcular intersecções. Analisando o outcode de D vemos que tem o segundo bit a um, logo a intersecção vai ser feita com o lado inferior do rectângulo. Desta intersecção resulta o ponto D' com outcode 0010. Como tem o mesmo outcode do segundo vértice (C), o segmento de recta é trivialmente rejeitado.

- b) Indique, justificando, duas situações em que o algoritmo de Cohen-Sutherland é particularmente eficiente.

Este algoritmo é particularmente eficiente quando a janela de recorte é bastante grande – logo a maior parte dos segmentos são trivialmente aceites; e quando o rectângulo de recorte é muito pequeno – a maior parte dos segmentos são rejeitados.

3. (TESTE) Aplique o algoritmo de Sutherland-Hodgman ao recorte do polígono ABCD, pelo rectângulo de recorte da figura, indicando o polígono (lista ordenada de vértices) que resulta da aplicação de cada uma das suas etapas.



Começando pela aresta esquerda do rectângulo de recorte temos:

- A é exterior logo não se junta à lista de vértices
- AB: transição Exterior->Interior – Calcula-se a intersecção A' e adiciona-se à lista, assim como o vértice B (A'B)
- BC: transição Interior->Exterior - Calcula-se a intersecção B' e adiciona-se à lista (A'BB')
- CD: transição Exterior->Interior – Calcula-se a intersecção C' e adiciona-se à lista, assim como o vértice D (A'BB'C'D)
- DA: transição Interior->Exterior - Calcula-se a intersecção D' e adiciona-se à lista (A'BB'C'DD')

## VI

1. A localização de um ponto em um dos dois semi-planos definidos por uma recta está na base do algoritmo de discretização de segmentos de recta de Bresenham.
  - a) Explique como é que essa informação é utilizada no referido algoritmo.

No algoritmo considera-se unicamente a discretização dos segmentos de recta com declives entre 0 e 1. Nesse caso o que é necessário, sempre que se incrementa o valor de X, é saber se será a quadrícula imediatamente à direita (evolução E) ou a acima dessa (evolução NE) a ser escolhida. A posição do segmento de recta relativamente ao ponto intermédio entre essas duas quadrículas, isto é o sinal da função implícita do segmento de recta nesse ponto, é suficiente para ser usado como critério de selecção.

- b) Poderá usar o mesmo facto para discretizar curvas como uma circunferência? Como o poderia fazer?

Para discretizar outro tipo de curva teria que o fazer por troços, comparando a posição do ponto médio entre duas quadrículas candidatas com a intersecção da curva com a linha que une as quadrículas.

2. Existem analogias entre o algoritmo de preenchimento de facetas, implementado no laboratório e a remoção de elementos ocultos por linha de varrimento.
  - a) Indique, justificando, que novo conceito é que foi necessário introduzir para a remoção de elementos ocultos.

Neste tipo de algoritmos é necessário comparar todos os polígonos entre si, de modo a identificar, para cada quadrícula, qual o polígono mais próximo. Assim foi necessário introduzir o conceito de lista de polígonos e de lista de polígonos activos, com objectivos semelhantes à lista de arestas e lista de arestas activas.

- b) Compare, quanto à complexidade, este algoritmo com o que foi implementado no laboratório.

A complexidade deste algoritmo é bastante maior do que a do Z-Buffer, dependendo do número de quadrículas e de polígonos.

3. (TESTE) Considere o algoritmo de discretização de polígonos por linha de varrimento implementado nas aulas de laboratório.

- a) Qual o resultado que obterá ao discretizar a faceta da figura se não retirasse as arestas horizontais?



Se não fossem retiradas as arestas horizontais, a linha respectiva não é preenchida uma vez mas tão só o primeiro vértice e, consoante a implementação, seria dado um alarme de erro (número de arestas activas ímpar) ou seria preenchido todo o spam desde o 2º vértice até ao limite do desenho.

- b) Descreva, justificando, dois testes que poderia usar para testar o seu algoritmo.

Qualquer figura pode ser usada desde que seja definido o que se pretende testar. Por exemplo uma figura com:

- arestas compridas e quase horizontais, para testar problemas de arredondamentos nos ys, à medida que se vai evoluindo em Z
- polígonos com um elevado número de arestas numa mesma linha de varrimento, para testar os pares de valores (Y, X) de cada uma das arestas.

**Cotação do 2º Teste**

	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>Total</b>
<b>1.</b>	2	2	3	
<b>2.</b>	3	2	2	
<b>3.</b>	2	2	2	
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>20 Valores</b>

**Cotação do 1º Exame**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>Total</b>
<b>1.</b>	1,5	1	2	1,5	1,5	2	
<b>2.</b>	1	2	1,5	2	1,5	1,5	
<b>3.</b>	1						
<b>Total</b>	<b>3,5</b>	<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>20 Valores</b>