



Fundação CECIERJ - Vice Presidência de Educação Superior a Distância
Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Computação
Disciplina: Computação Gráfica
AD1 2º semestre de 2016.

1) Faça uma pesquisa sobre dispositivos de impressão 3D (1.25 ponto).

Dispositivos de impressão 3D são dispositivos capazes de manufaturar objetos reais a partir de modelos virtuais, através de um processo de adição de material. O objeto a ser manufaturado é subdividido em camadas finas, que são impressas e superpostas umas as outras, produzindo o volume do artefato final. Diferentemente de processos de manufatura por subtração, nenhum material é desperdiçado, já que somente o material necessário é usado na construção do artefato.

Os materiais usados no processo de impressão 3D podem ser termopolímeros ou metais, incluindo alumínio ou aço. O material é aquecido em uma câmara de impressão até uma temperatura ligeiramente mais alta que seu ponto de fusão. A espessura das camadas por sua vez dependem do tipo de material, variando de 0.1 mm para os polímeros e 20 micrones para metais.

Suas aplicações são inúmeras incluindo as de uso doméstico, na indústria automobilística, construção de armamentos, medicina, e muitas outras ainda a serem descobertas.

2) Descreva como representar, em uma linguagem de programação de sua escolha, uma curva poligonal fechada. (1.25 pontos).

Na linguagem C podemos descrever um linha poligonal como uma lista circular duplamente encadeada de pontos.

```
struct _ponto {double x, double y} ponto;
```

```
struct _noLista {ponto p;  
                struct _noLista * prox;  
                struct _noLista * next;} noLista;
```

```
typedef noLista * linhaPoligonal;
```

Deste modo podemos navegar em ambas as direções na lista e efetuar inserções e remoções de forma eficiente, ao contrário de uso de *arrays* que necessitariam remanejamento dos elementos para manter a sequencialidade da estrutura.

3) Considerando que uma imagem é representada matricialmente, faça uma pesquisa sobre como é implementada a operação de “borramento”, tipicamente utilizada em softwares de edição de imagem, como PhotoShop e GIMP. Considere uma imagem onde cada célula contém apenas um inteiro de 0 a 255, representando um tom de cinza. (1.25 pontos).

As operações conhecidas como borramento ou suavização são feitas através de uma operação chamada convolução, que é um nome técnico para uma computação relativamente simples, apesar de possuir uma teoria subjacente sofisticada. A ideia é usar uma janela, descrita por uma submatriz, onde cada elemento representa um peso. A janela é posicionada sobre cada pixel (elemento da matriz da imagem) e um produto pixel a pixel é realizado, cujo resultado é atribuído ao pixel onde a janela é centralizada. A janela é posicionada de forma deslizante em todos os pixels e um novo valor é calculado para cada pixel. Vejamos o exemplo abaixo.

$$I_{i,j} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 50 & 50 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 50 & 50 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$g_{h,k} = 1/9 \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Para obter o valor de um pixel na matriz borrada $I'_{i,j}$, posicionamos a máscara g na posição i,j e somamos os produtos elemento a elemento da matriz (observar que não é um produto matricial conhecido do cálculo vetorial). Por exemplo, para calcular o valor em $I'_{1,1}$.

$$I_{i,j} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \boxed{10} & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 50 & 50 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 50 & 50 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$I'_{1,1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 10 \\ 0 & 10 & 10 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{bmatrix} = 40/9 = 4,4$$

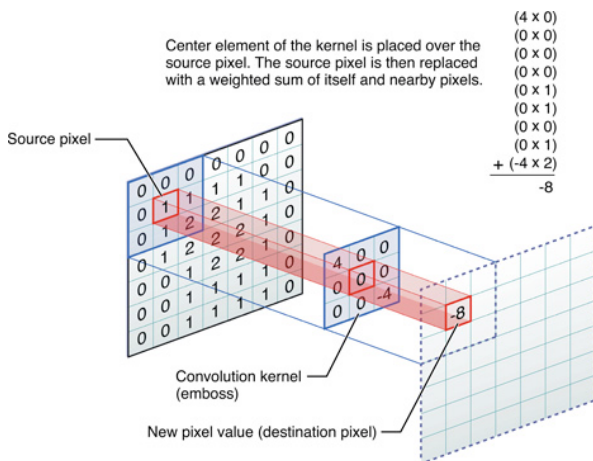
Observe que o valor reduziu, pois é uma média dos valores na vizinhança do pixel $I_{1,1}$. Como efetuamos médias dos valores em vizinhanças dadas por submatrizes 3×3 , a tendência é que variações bruscas diminuam gerando um dado mais suave.

Tecnicamente, uma convolução 2D de um sinal bidimensional $I_{i,j}$ por um filtro (núcleo) $g_{h,k}$ é dado pela expressão que segue:

$$I'_{i,j} = I_{i,j} * g_{h,k} = \sum_{h=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} I_{i,j} g_{i-h, j-k}$$

Tal expressão nada mais é que a soma dos produtos elemento a elemento do filtro, transladado para a posição i,j , com os elementos da imagem. A conta $i-h$ e $j-k$ é responsável pelo alinhamento do filtro com a posição desejada. Na prática, os filtros são de dimensão, finita então os valores infinitos são substituídos pelo tamanho da matriz que determina o filtro.

Veja na figura abaixo o processo como é feito:



fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/7-steps-becoming-deep-learning-expert-ankit-agarwal>

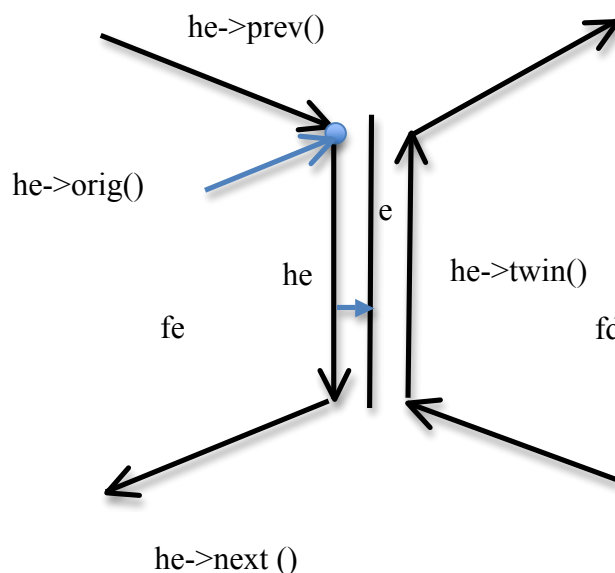
Para finalizar, observe que não fizemos a conta para o primeiro elemento da matriz uma vez que haveria elementos indefinidos, fora da imagem. Isso pode ser resolvido assumindo que tais valores são nulos, espelhando a imagem, ou copiando o valor da borda.

A operação de convolução está por trás das famosas Redes de Convolução, muito usadas atualmente em uma técnica de aprendizado denominada Deep Learning.

3) Faça uma pesquisa sobre a estrutura de dados *Half-edge* para representação de malhas. (1.25 pontos).

A Half-edge é uma estrutura de dados topológica que possui semelhanças com a estrutura Winged-edge. É uma estrutura de dados que armazena as informações de adjacência e incidência dos elementos de uma malha com foco na ideia de semi-aresta. Cada aresta de uma malha é vista como formada por duas partes, uma semi-aresta, correspondendo ao sentido de circulação na face **fd** a sua direita e outra correspondendo ao sentido de circulação na face à esquerda **fe**. Assim pode-se entender que uma aresta é formada por duas half-edges (semi-arestas), exceto se a aresta for do bordo da malha.

Cada semi-aresta mantém uma referência para a face adjacente e referências para a aresta seguinte e para aresta anterior em tal face. Além disso, toda semi-aresta guarda informação do vértice origem da aresta. Cada semi-aresta conhece a sua aresta gêmea, isto é, a semi-aresta na face oposta.



A Half-edge é provavelmente a estrutura de dados mais comumente utilizada para representar malhas. Juntamente com as informações da half-edge é preciso manter uma lista de faces, vértices e arestas, bastando para cada elemento manter uma referência para uma única half-edge.

5) Faça uma pesquisa sobre CSG (*Constructive Solid Geometry*) (1.25 pontos).

Uma representação CSG é um modelo para representação de sólidos baseado em três elementos básicos: primitivas geométricas, transformações do espaço e operações booleanas.

As primitivas são em geral formas muito simples de descrever no computador. No plano são regiões como: um quadrado unitário ou um disco unitário. Já no espaço citamos como exemplo uma esfera unitária e um cubo unitário.

As transformações são utilizadas tanto para posicionar as primitivas no espaço quanto deformá-las. Em geral utiliza-se para posicionamento translações e rotações (movimentos rígidos) para transformar o sistema de coordenadas local da primitiva no sistema de coordenadas global. As transformações de deformação são utilizadas para gerar diferentes formas a partir das básicas.

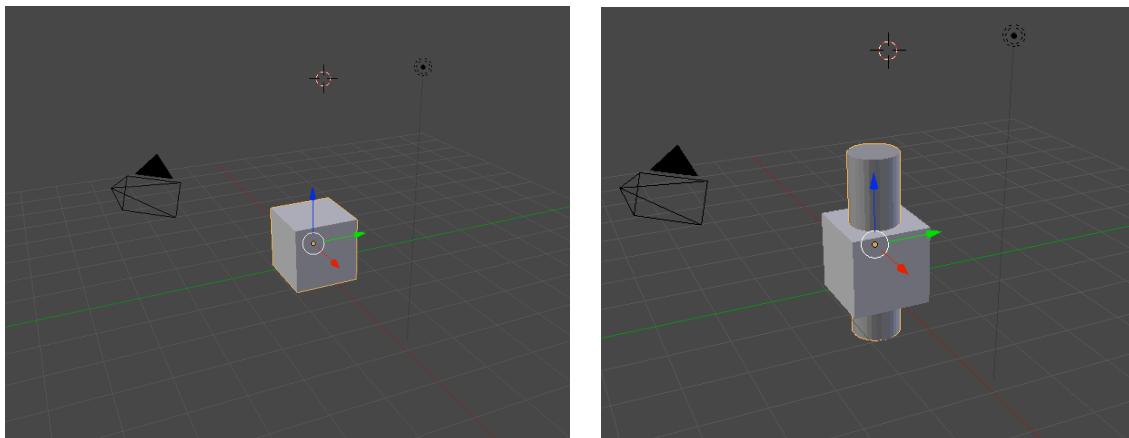
As operações booleanas valem-se de operadores de união, interseção e diferença para gerar novas formas, considerando os pontos que compõem cada primitiva como conjuntos.

Finalmente, um modelo CSG pode ser descrito de forma hierárquica, através de uma árvore onde os nós podem ser primitivas ou operações de transformação ou booleanas.

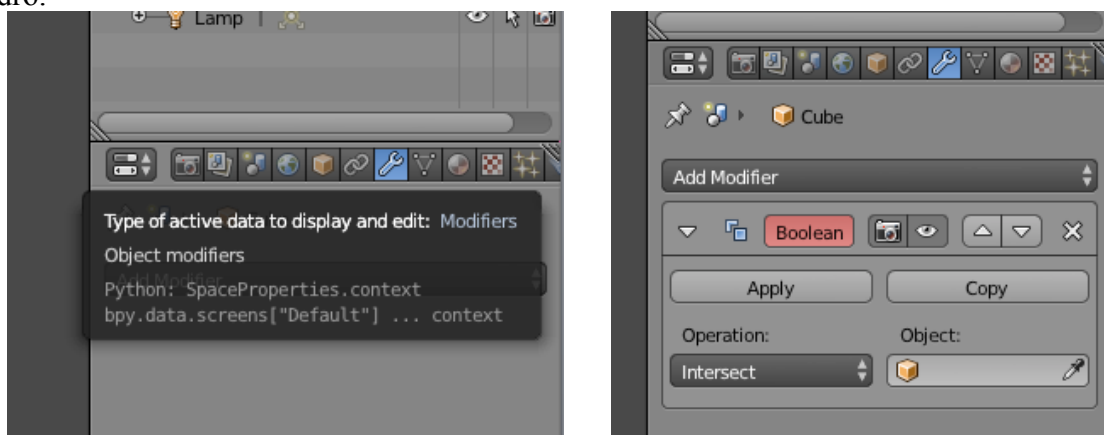
6) No software Blender, ou em um modelador 3D de sua preferência, realize uma operação de diferença entre dois sólidos, por exemplo, subtraia uma esfera de um cubo (1.25 pontos).

Para efetuar a diferença entre dois sólidos usa-se o modificador booleano (*Boolean Modifier*) que permite realizar 3 tipos de operações entre formas: interseção, união e diferença.

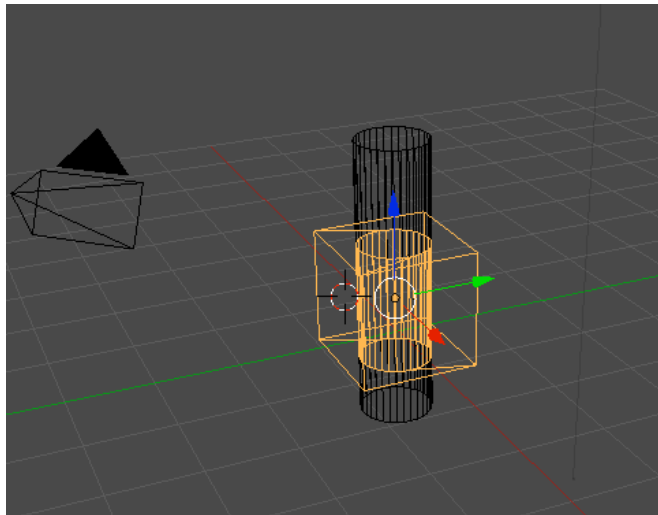
Considere o cubo abaixo. Vamos criar um cilindro e subtrair do cubo gerando um furo usando o **modificador booleano** no modo **diferença**.



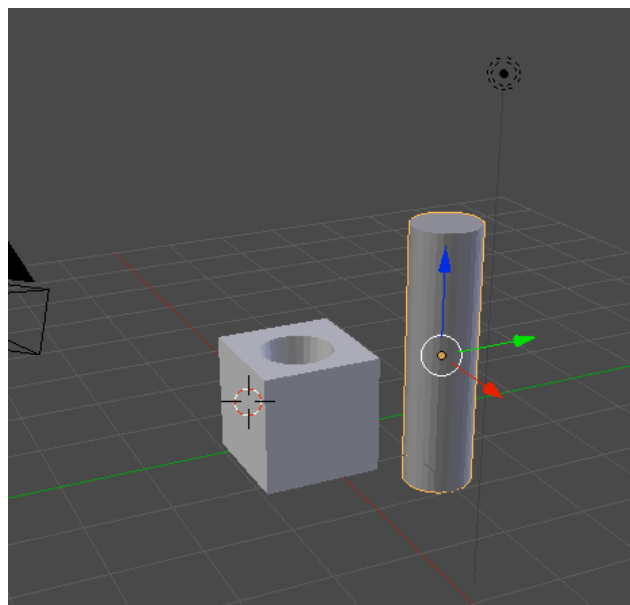
Após selecionar o cubo, escolhemos o comando modificador e aplicamos o operador diferença sobre o cilindro.



Assim obtemos o resultado da diferença. Observe a malha do cubo como foi modificada.



Aplicamos a operação de modo definitivo apertando o botão **apply**.



Como poder ser visto, os modificadores interseção, diferença e união implementam os operadores booleanos de CSG (Constructive Solid Geometry) em sólidos representados por fronteira (b-rep).

7) Que tipo de objeto gráfico é utilizado para representar os terrenos do jogo Minecraft? Faça um pesquisa como é feito o *rendering* do jogo (1.25 pontos).

No jogo Minecraft, o ambiente é construído utilizando voxels, renderizados como cubos texturizados. Logo é um objeto gráfico espacial tridimensional. A grande vantagem desta representação é a facilidade de alteração do ambiente, permitindo remover, adicionar e transportar as partes (descritas pelos voxels) de um lado para outro. Praticamente o jogo é construído sobre um modelador de voxels com um esquema de interação, desafio e cooperatividade, com uma quantidade minimalista de regras.

8) Descreva as vantagens e desvantagens de se utilizar um modelo baseado em *voxels* (decomposição espacial) para descrever um sólido (1.25 pontos).

Modelos descritos por decomposição espacial regular permitem tratar objetos gráficos em três dimensões do mesmo modo que tratamos formas em duas dimensões, vistas como subconjuntos conexos em uma imagem. Deste modo, qualquer tipo de operação aplicada a imagens pode ser estendida para um modelos tridimensionais. Operações de suavização, realce de características, segmentação podem ser efetuadas de mesmo modo que com imagens.