

Transformação Geométrica

Até o momento, aprendemos:

- ▶ Primitivas para desenhar objetos.
- ▶ Transformações geométricas (2D e 3D):
 - ▶ Translação.
 - ▶ Escala.
 - ▶ Rotação.

Tudo que fizemos está representado em um Espaço de Coordenadas Local.

Espaço de Coordenadas

Nesta aula introduziremos outros espaços de coordenadas:

Espaço Local Coordenadas iniciais dos vértices (objetos).

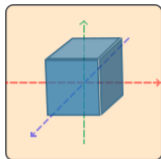
Espaço Mundo Transformações nos vértices de forma a posicioná-los em relação ao nosso mundo 3D (escala, rotação, translação).

Espaço Visão Transformação nos vértices (mundo) para que os objetos sejam visualizados a partir de um ponto de referência (observador ou câmera).

Espaço Clip Transformação nos vértices (visão) para determinar o que, de fato, será apresentado na tela.

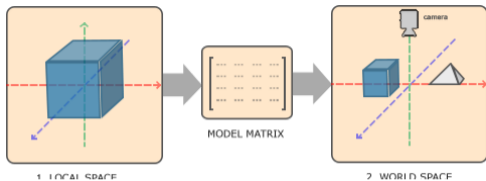
Pipeline de Visualização

The background of the slide features a minimalist design with teal-colored geometric shapes. Two large teal triangles point towards each other from the left and right sides, meeting at a point near the bottom center. A smaller, darker teal triangle is positioned at the very bottom center, partially overlapping the base of the other two.

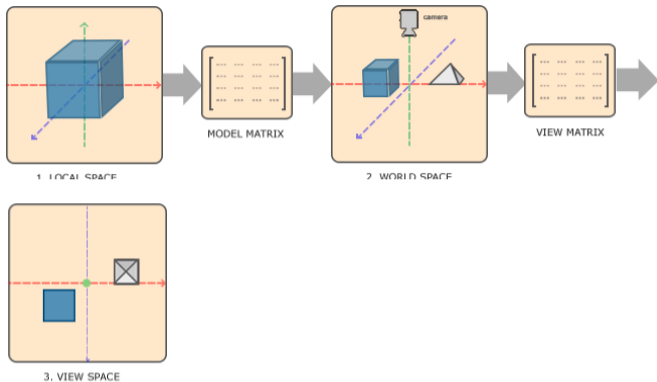


1 LOCAL SPACE

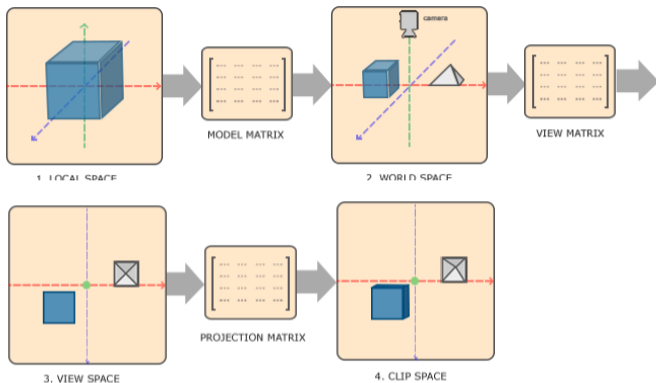
Coordenadas iniciais dos vértices (objetos).



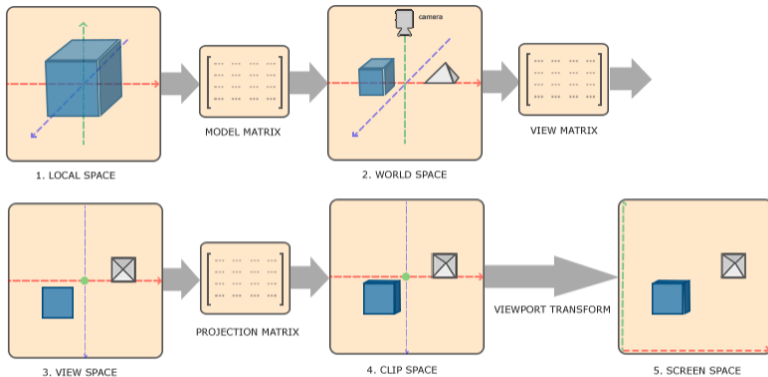
Transformações nos vértices de forma a posicioná-los em relação ao nosso mundo 3D (escala, rotação, translação).



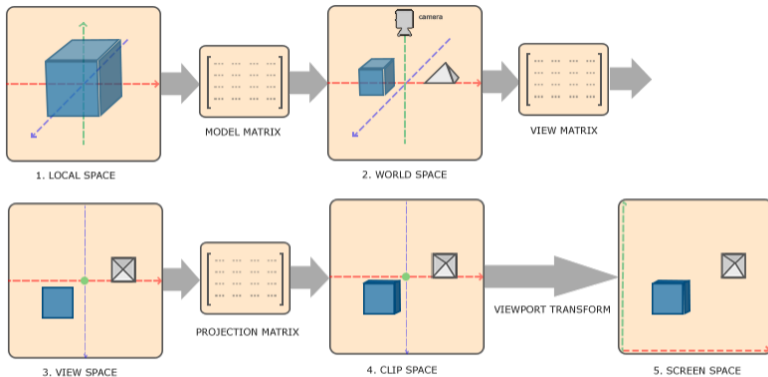
Transformação nos vértices (mundo) para que os objetos sejam visualizados a partir de um ponto de referência (observador ou câmera).



Transformação nos vértices (visão) para determinar o que será apresentado na tela.



$$P' = \text{Projection} \times \text{View} \times \text{Model} \times P$$

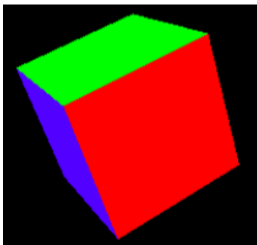


$$P' = \text{Projection} \times \text{View} \times \boxed{\text{Model}} \times P$$

Matriz *Model*

Espaço Local → Espaço do Mundo

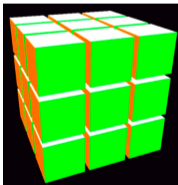
- ▶ É comum que cada objeto seja inicializado com seu centro na origem do sistema de coordenadas local.
- ▶ Cada objeto tem sua própria matriz *Model* para posicioná-lo no mundo.



Matriz *Model*

Espaço Local → Espaço do Mundo

- ▶ É comum que cada objeto seja inicializado com seu centro na origem do sistema de coordenadas local.
- ▶ Cada objeto tem sua própria matriz *Model* para posicioná-lo no mundo.
- ▶ Permite a construção de cenários e composição de objetos complexos a partir de objetos simples.



Matriz *Model*

A matriz *Model* é composta por transformações geométricas 3D:

- ▶ Translação.
- ▶ Rotação.
- ▶ Escala.

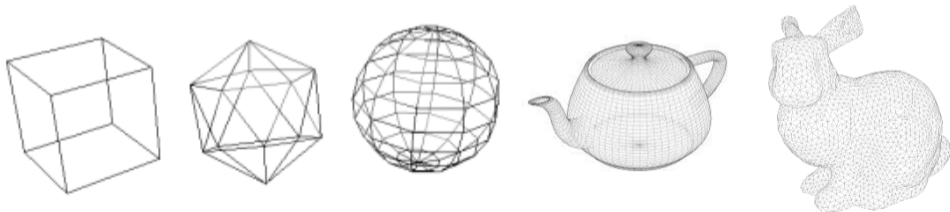
Já é conhecida.

Formato *WaveFront*

Malha Poligonal

Malha poligonal é uma coleção de faces, onde cada face é um conjunto de vértices:

- ▶ Formam triângulos (ou quadriláteros).
- ▶ Triângulos facilitam a renderização de objetos complexos.



Malha Poligonal

- ▶ Até o momento, os vértices dos objetos foram escritos no código.
- ▶ Não é muito prático.
- ▶ Carregaremos modelos a partir de arquivos.
- ▶ Facilita reutilizar diferentes modelos pré-existentes (de outros autores).
- ▶ Formato *WaveFront* (Extensão .obj).

Formato *WaveFront*

Objetos/Modelos no Formato *WaveFront*:

- ▶ Extensão .obj.
- ▶ São arquivos de texto com conteúdo facilmente interpretado.
- ▶ Um dos formatos mais utilizados.

Formato *WaveFront*

Cubo.obj

```
# Blender3D v249 OBJ File
v 1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 1.000000 -1.000000
v 0.999999 1.000000 1.000001
v -1.000000 1.000000 1.000000
v -1.000000 1.000000 -1.000000

f 5/1/1 1/2/1 4/3/1
f 5/1/1 4/3/1 8/4/1
f 3/5/2 7/6/2 8/7/2
f 3/5/2 8/7/2 4/8/2
f 2/9/3 6/10/3 3/5/3
f 6/10/4 7/6/4 3/5/4
f 1/2/5 5/1/5 2/9/5
```

O caractere inicial de cada linha indica a função:

Comentários.

v Vértices.

vn Normal.

vt Coordenadas de textura.

f Faces.

Formato *WaveFront*

Cubo.obj

```
# Blender3D v249 OBJ File
v 1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 1.000000 -1.000000
v 0.999999 1.000000 1.000001
v -1.000000 1.000000 1.000000
v -1.000000 1.000000 -1.000000

f 5/1/1 1/2/1 4/3/1
f 5/1/1 4/3/1 8/4/1
f 3/5/2 7/6/2 8/7/2
f 3/5/2 8/7/2 4/8/2
f 2/9/3 6/10/3 3/5/3
f 6/10/4 7/6/4 3/5/4
f 1/2/5 5/1/5 2/9/5
```

O arquivo deve ter uma lista de vértices, como visto anteriormente.

Formato *WaveFront*

Cubo.obj

```
# Blender3D v249 OBJ File
v 1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 1.000000 -1.000000
v 0.999999 1.000000 1.000001
v -1.000000 1.000000 1.000000
v -1.000000 1.000000 -1.000000

f 5/1/1 1/2/1 4/3/1
f 5/1/1 4/3/1 8/4/1
f 3/5/2 7/6/2 8/7/2
f 3/5/2 8/7/2 4/8/2
f 2/9/3 6/10/3 3/5/3
f 6/10/4 7/6/4 3/5/4
f 1/2/5 5/1/5 2/9/5
```

- ▶ Cada face é um triângulo.
- ▶ O conjunto de triângulos dará forma ao modelo (malha).

Formato *WaveFront*

Cubo.obj

```
# Blender3D v249 OBJ File
v 1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 1.000000 -1.000000
v 0.999999 1.000000 1.000001
v -1.000000 1.000000 1.000000
v -1.000000 1.000000 -1.000000

f 5/1/1 1/2/1 4/3/1
f 5/1/1 4/3/1 8/4/1
f 3/5/2 7/6/2 8/7/2
f 3/5/2 8/7/2 4/8/2
f 2/9/3 6/10/3 3/5/3
f 6/10/4 7/6/4 3/5/4
f 1/2/5 5/1/5 2/9/5
```

Cada triângulo é formado por três vértices, representados por v/vt/vn. Exemplo: 5/1/1:

- ▶ A primeira parte indica o vértice na posição cinco (v 1.000000 1.000000 -1.000000).
- ▶ As outras partes indicam textura e normal (serão ignoradas por enquanto).

Formato *WaveFront*

Cubo.obj

```
# Blender3D v249 OBJ File
v 1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 1.000000 -1.000000
v 0.999999 1.000000 1.000001
v -1.000000 1.000000 1.000000
v -1.000000 1.000000 -1.000000

f 5/1/1 1/2/1 4/3/1
f 5/1/1 4/3/1 8/4/1
f 3/5/2 7/6/2 8/7/2
f 3/5/2 8/7/2 4/8/2
f 2/9/3 6/10/3 3/5/3
f 6/10/4 7/6/4 3/5/4
f 1/2/5 5/1/5 2/9/5
```

Triângulo: f 5/1/1 1/2/1 4/3/1

Vértice 5: v 1.000000 1.000000 -1.000000

Vértice 1: v 1.000000 -1.000000 -1.000000

Vértice 4: v -1.000000 -1.000000 -1.000000

Após carregar e processar o arquivo, podemos usar
GL_TRIANGLES, por exemplo.

Material de base para a aula

- ▶ Hughes, J. F., Van Dam, A., Foley, J. D., McGuire, M., Feiner, S. K., & Sklar, D. F. (2014). Computer graphics: principles and practice. Terceira Edição. Pearson Education.
- ▶ LearnOpenGL. Coordinate-Systems.
<https://learnopengl.com/Getting-started/Coordinate-Systems>. Acesso em Abril/2020.
- ▶ Computação Gráfica: Aula 06. Slides de Ricardo M. Marcacini. Disciplina SCC0250/0650, ICMC/USP, 2021.

Exercícios

The background of the slide features a minimalist design with teal-colored geometric shapes. Two large teal triangles point towards each other from the left and right sides, meeting at a point at the bottom center. Below this meeting point, there is a smaller, darker teal triangle pointing upwards. The top half of the slide is a plain white background where the title is located.

Exercícios

Com base nos exemplos da aula:

1. Importar um objeto no formato *WaveFront* (.obj).
2. Aplicar as operações da Matriz *Model* (translação, rotação, escala) sobre ele.
3. Exibir os vértices do objeto antes e depois da operação.

Algumas sugestões de onde encontrar objetos:

- ▶ <https://free3d.com/3d-models/> (filtrar por .obj).
- ▶ <https://www.blendswap.com/> (necessário abrir com *Blender* e exportar para .obj).
- ▶ Pesquise. Há muitos outros sites com modelos gratuitos.