

# COMPUTAÇÃO GRÁFICA

PIPELINE DE VISUALIZAÇÃO

PROF. ALAOR CERVATI NETO

**ICMC**  
SÃO CARLOS



2021/2

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.

Nesta aula introduziremos outros espaços de coordenadas:

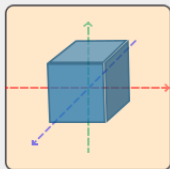
**Espaço Local** Coordenadas iniciais dos vértices (objetos).

**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.

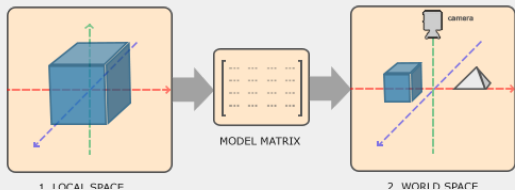
# ESPAÇO DE COORDENADAS



1 LOCAL SPACE

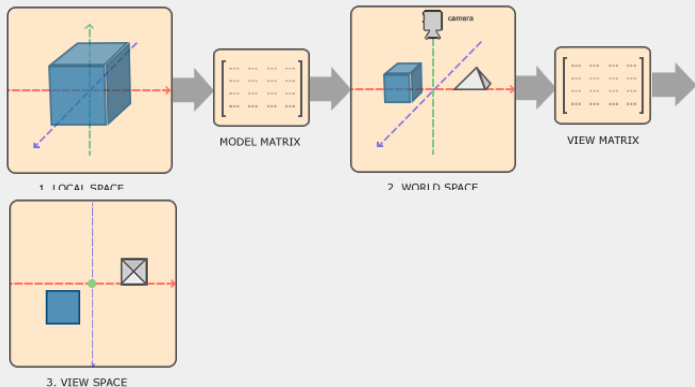
Coordenadas iniciais dos vértices (objetos).

# ESPAÇO DE COORDENADAS



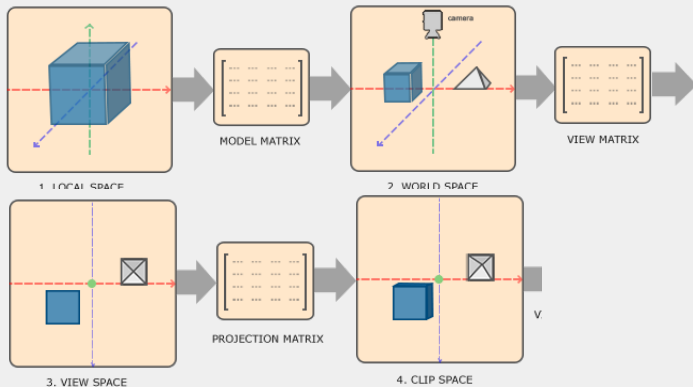
Transformações nos vértices de forma a posicioná-los em relação ao nosso mundo 3D (escala, rotação, translação).

# ESPAÇO DE COORDENADAS



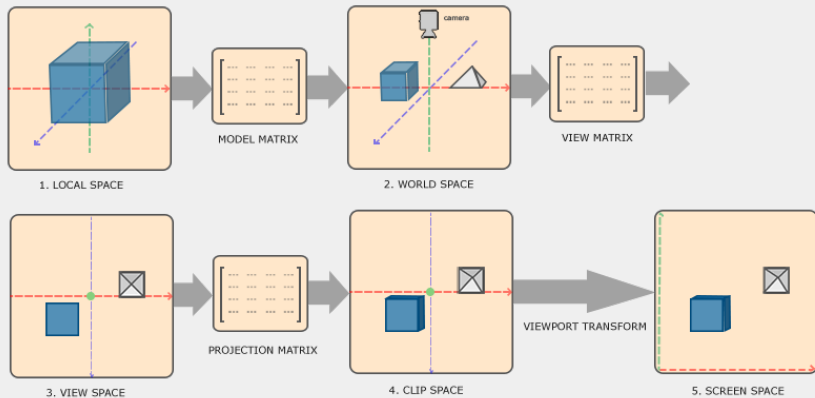
Transformação nos vértices (mundo) para que os objetos sejam visualizados a partir de um ponto de referência (observador ou câmera).

# ESPAÇO DE COORDENADAS



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

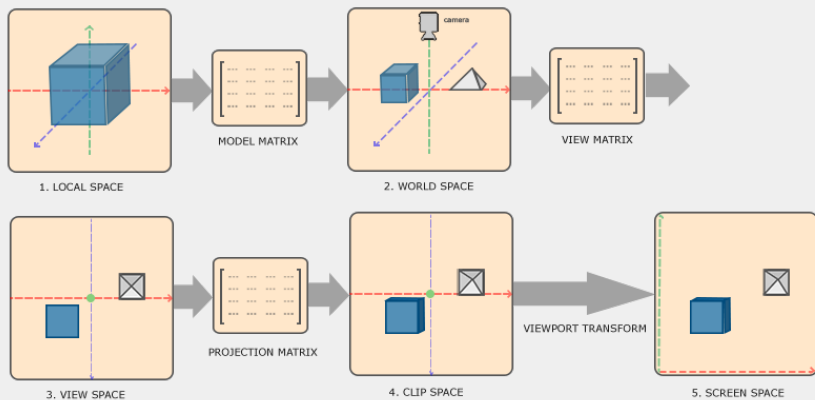
# ESPAÇO DE COORDENADAS



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



# ESPAÇO DE COORDENADAS

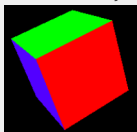


$$P' = \text{Projection} \times \text{View} \times \boxed{\text{Model}} \times P$$

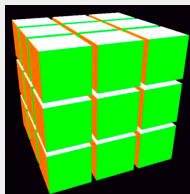
# MATRIZ MODEL

## 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.



- Permite a construção de cenários e compor objetos complexos a partir de objetos simples.



A matriz Model é composta por transformações geométricas 3D:

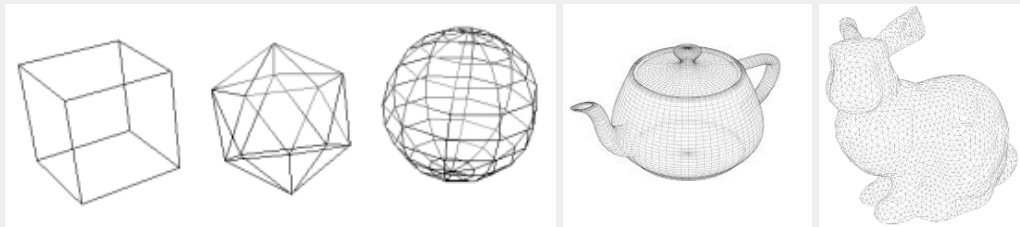
- Translação.
- Rotação.
- Escala.

Já é conhecida.

# 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.



- 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`).

- 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
f 5/1/6 6/10/6 2/9/6
f 5/1/7 8/11/7 6/10/7
f 8/11/7 7/12/7 6/10/7
f 1/2/8 2/9/8 3/13/8
f 1/2/8 3/13/8 4/14/8
```

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
f 5/1/6 6/10/6 2/9/6
f 5/1/7 8/11/7 6/10/7
f 8/11/7 7/12/7 6/10/7
f 1/2/8 2/9/8 3/13/8
f 1/2/8 3/13/8 4/14/8
```

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
f 5/1/6 6/10/6 2/9/6
f 5/1/7 8/11/7 6/10/7
f 8/11/7 7/12/7 6/10/7
f 1/2/8 2/9/8 3/13/8
f 1/2/8 3/13/8 4/14/8
```

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

## 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
f 5/1/6 6/10/6 2/9/6
f 5/1/7 8/11/7 6/10/7
f 8/11/7 7/12/7 6/10/7
f 1/2/8 2/9/8 3/13/8
f 1/2/8 3/13/8 4/14/8
```

Cada triângulo é formato por três vértices, representados por v/vt/vn.

Exemplo: 5/1/1

- A primeira parte indica o vértice na posição cinco (v 1.0000000 1.0000000 -1.0000000).
- 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
f 5/1/6 6/10/6 2/9/6
f 5/1/7 8/11/7 6/10/7
f 8/11/7 7/12/7 6/10/7
f 1/2/8 2/9/8 3/13/8
f 1/2/8 3/13/8 4/14/8
```

Triângulo: f 5/1/1 1/2/1 4/3/1  
Vetor 5: v 1.0000000 1.0000000 -1.0000000  
Vetor 1: v 1.0000000 -1.0000000 -1.0000000  
Vetor 4: v -1.0000000 -1.0000000 -1.0000000  
Após carregar e processar o arquivo, podemos usar o GL\_TRIANGLES, por exemplo.

- 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.

## EXERCÍCIO PARA CÔMPUTO DE PRESENÇA

Com base nos exemplos da aula, importar um objeto no formato *WaveFront* (.obj) e aplicar as operações da Matriz *Model* (translação, rotação, escala) sobre ele. Devem ser exibidos 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.