

DCC192

2025/1



Desenvolvimento de Jogos Digitais

A26: Gráficos 3D — Introdução

Prof. Lucas N. Ferreira

Plano de Aula



- ▶ Computação Gráfica
- ▶ Modelos 3D
 - ▶ Vértices e Atributos
 - ▶ Formatos de especificação
- ▶ Pipeline Gráfico
 - ▶ Shaders de Vértice e Fragmentos
- ▶ Visão geral de um programa OpenGL/GLSL
 - ▶ Compilando Shaders
 - ▶ Contexto OpenGL e Buffers

Computação Gráfica



Um dos principais problemas da área de Computação Gráfica consiste em gerar uma *imagem* (i.e., arranjo bidimensional de pixels) a partir de uma cena composta por:

▶ **Objetos 3D**

Geralmente representados por conjuntos de vértices.

▶ **Câmera**

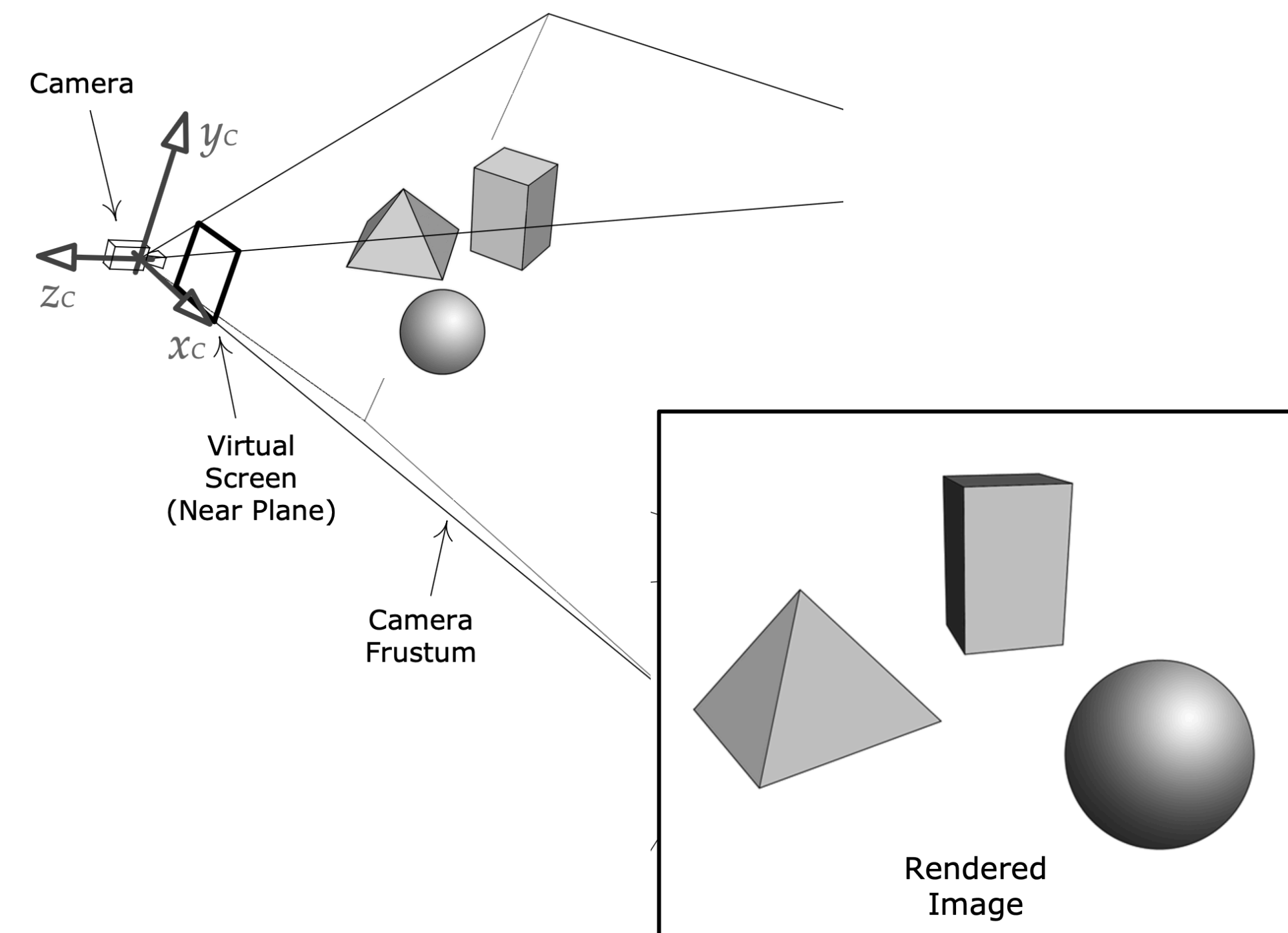
Geralmente representada por uma posição, orientação, distância focal e planos de recorte próximo e distante

▶ **Fonte de Luz**

Vários tipos de fontes de luz podem ser especificadas: direcional, ambiente e spot.

▶ **Materiais**

Propriedades visuais dos objetos, descrevendo como a luz deve interagir com os objetos.



Renderização em Tempo Real vs. Pré-Renderização



Há uma importante distinção dentro da Computação Gráfica quanto às restrições de tempo impostas no processo de geração de imagens:



Marvel's Spider-Man (2018)

Renderização em Tempo Real

- ▶ As imagens são geradas instantaneamente, muitas vezes a 60 quadros por segundo.
- ▶ Algoritmos e técnicas priorizam a velocidade, mesmo que isso signifique sacrificar um pouco da qualidade visual.
- ▶ Possibilita interatividade no processo de geração de imagens.

Renderização em Tempo Real vs. Pré-Renderização



Há uma importante distinção dentro da Computação Gráfica quanto às restrições de tempo impostas no processo de geração de imagens:



Pixar's Soul – Film

Pré-Renderização

- ▶ As imagens são geradas com antecedência, antes de serem mostradas ao usuário.
- ▶ Algoritmos e técnicas priorizam qualidade visual máxima, com efeitos realistas de luz, sombra, reflexo, refração, etc.
- ▶ É usada quando o conteúdo não precisa ser interativo, como em filmes.

Objetos 3D

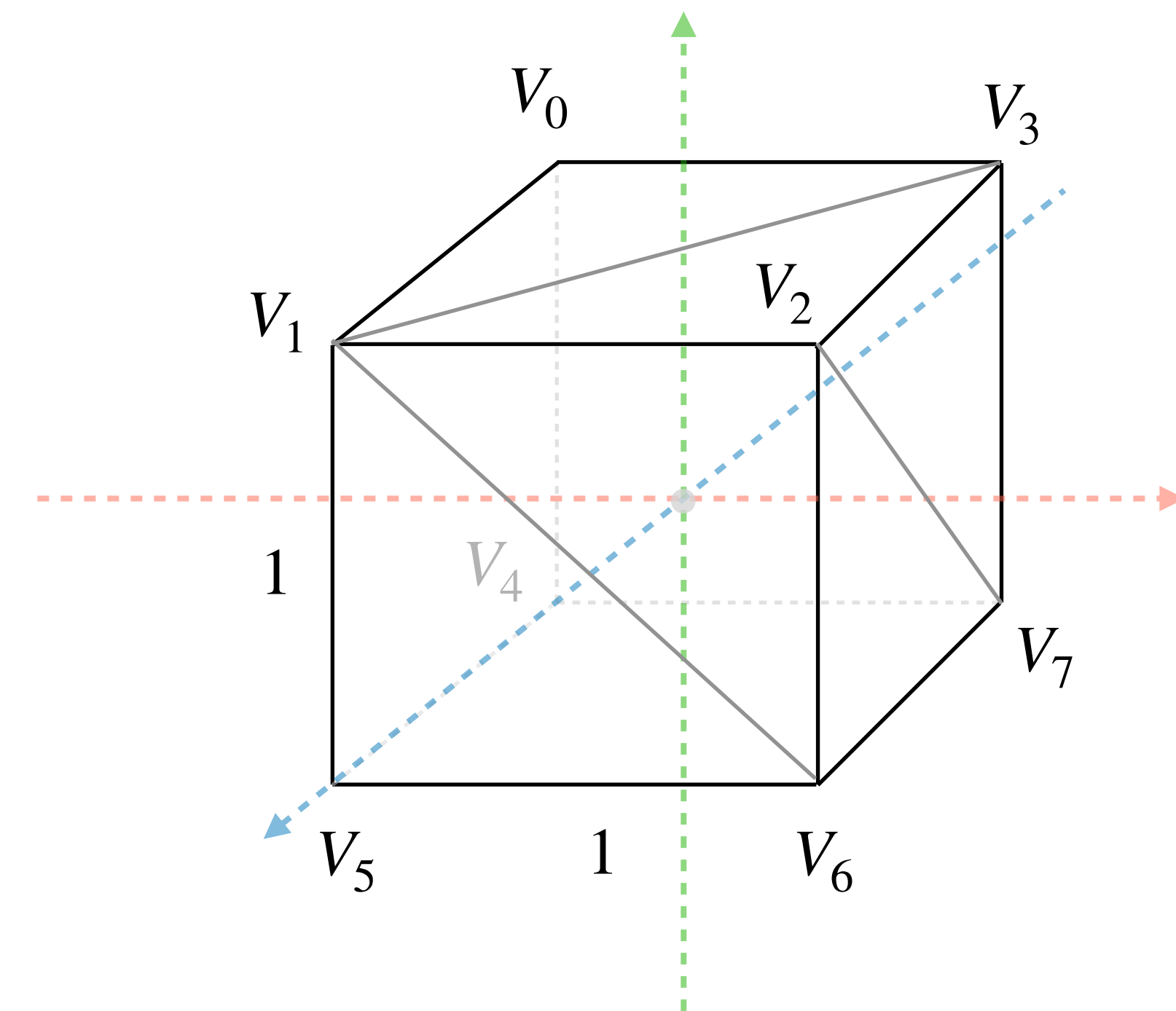


A maioria dos objetos (ou modelos) em jogos são representados por malhas de triângulos. A forma mais simples de definir uma malha é utilizar uma lista de triângulos:

- ▶ Cada triângulo é formado por um grupo de três vértices adjacentes $\{V_1, V_2, V_3\}, V_i \in \mathbb{R}^3$

V_0	V_1	V_3	V_1	V_2	V_3	V_0	V_5	V_1	...	V_5	V_7	V_6
0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	10	11	35

- ▶ Os vértices são definidos no **espaço do objeto**, um sistema de coordenadas centrado no objeto. Por exemplo, no cubo ao lado:
 - ▶ $V_1 = [-0.5, 0.5, 0.5]$
 - ▶ $V_3 = [0.5, 0.5, -0.5]$
 - ▶ $V_5 = [-0.5, -0.5, 0.5]$



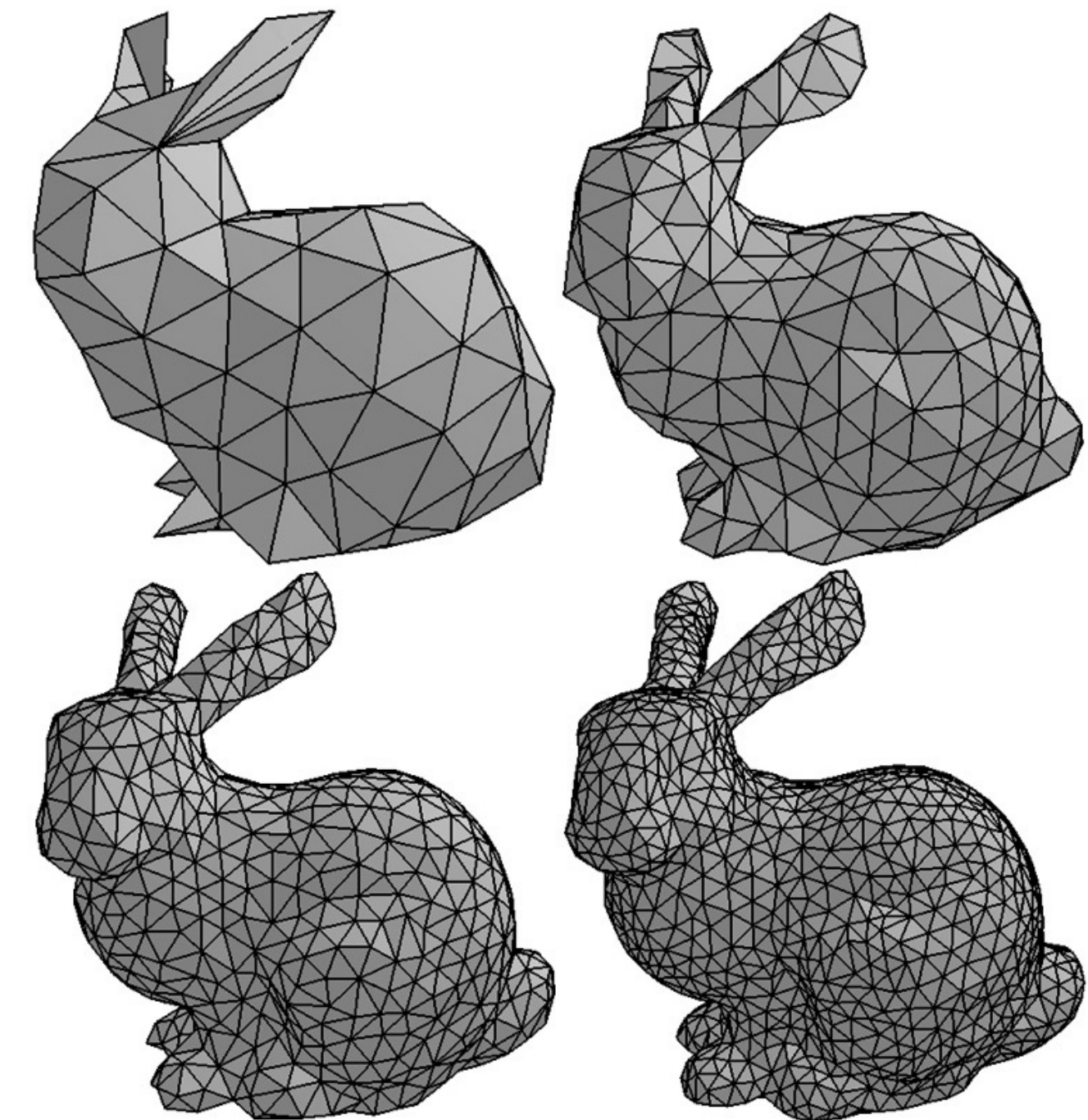
Por exemplo, um cubo pode ser representado por 12 triângulos, dois para cada face.

Por que triângulos?



Em jogos digitais, malhas triângulos são utilizados para representar os objetos 3D pois triângulos são:

- ▶ O tipo de polígono mais simples;
- ▶ Sempre planares;
- ▶ Permanecem triângulos sob a maioria dos tipos de transformações;
- ▶ A maioria das GPUs para jogos são projetadas em torno da rasterização triangular.

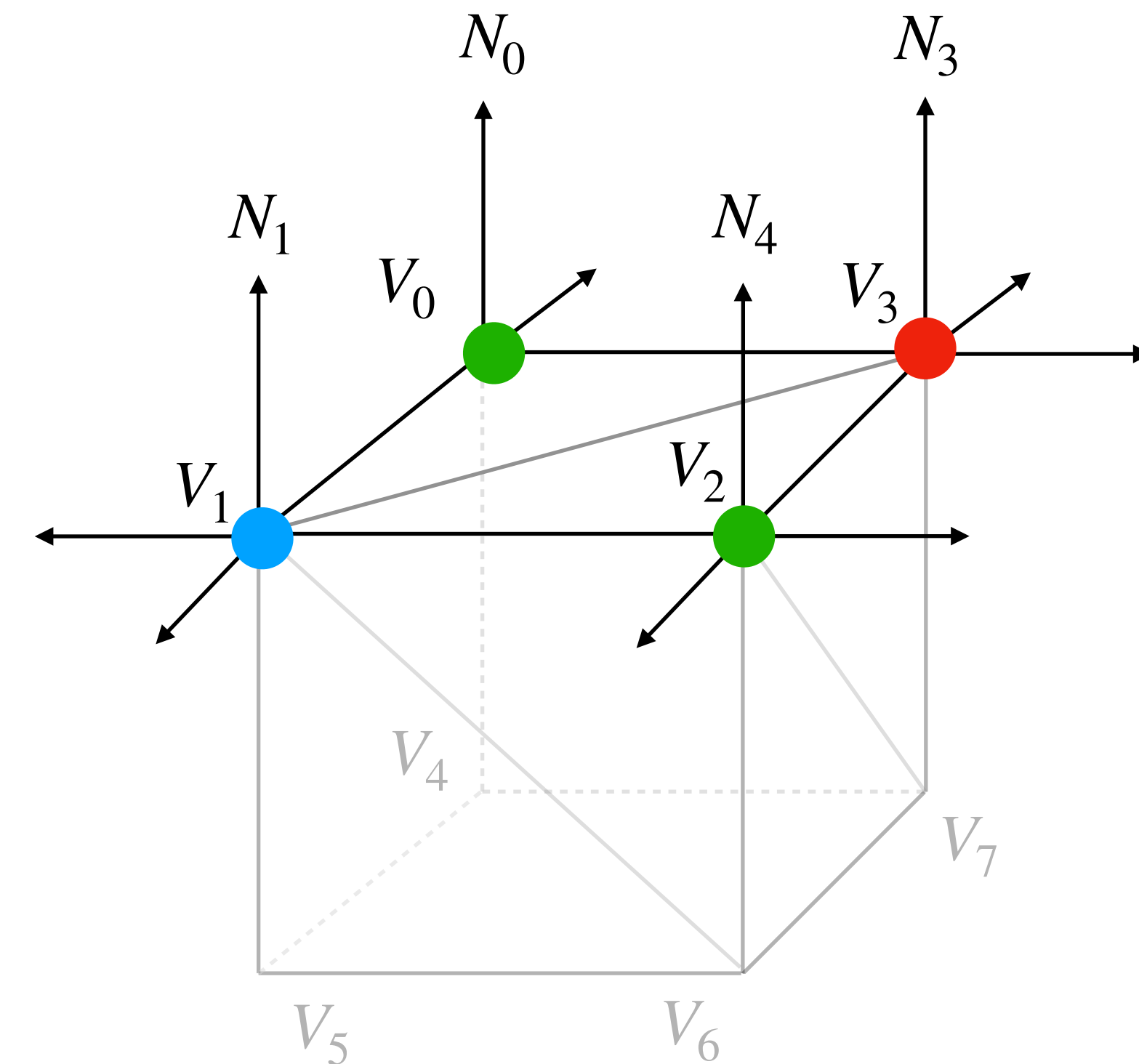


Atributos dos Vértices



Além de suas posições, cada vértice V_i possuem atributos associados, para definir propriedades visuais de cada região do objeto:

- ▶ Posição: $V_i = [v_{ix}, v_{iy}, v_{iz}]$
- ▶ Vetor normal: $N_i = [n_{ix}, n_{iy}, n_{iz}]$
- ▶ Cor Difusa: $D_i = [d_{iR}, d_{iG}, d_{iB}, d_{iA}]$
- ▶ Cor Especular: $S_i = [s_{iR}, s_{iG}, s_{iB}, s_{iA}]$
- ▶ Coordenadas de Texturas: $U_i = [u_{ij}, v_{ij}]$
- ▶ ...

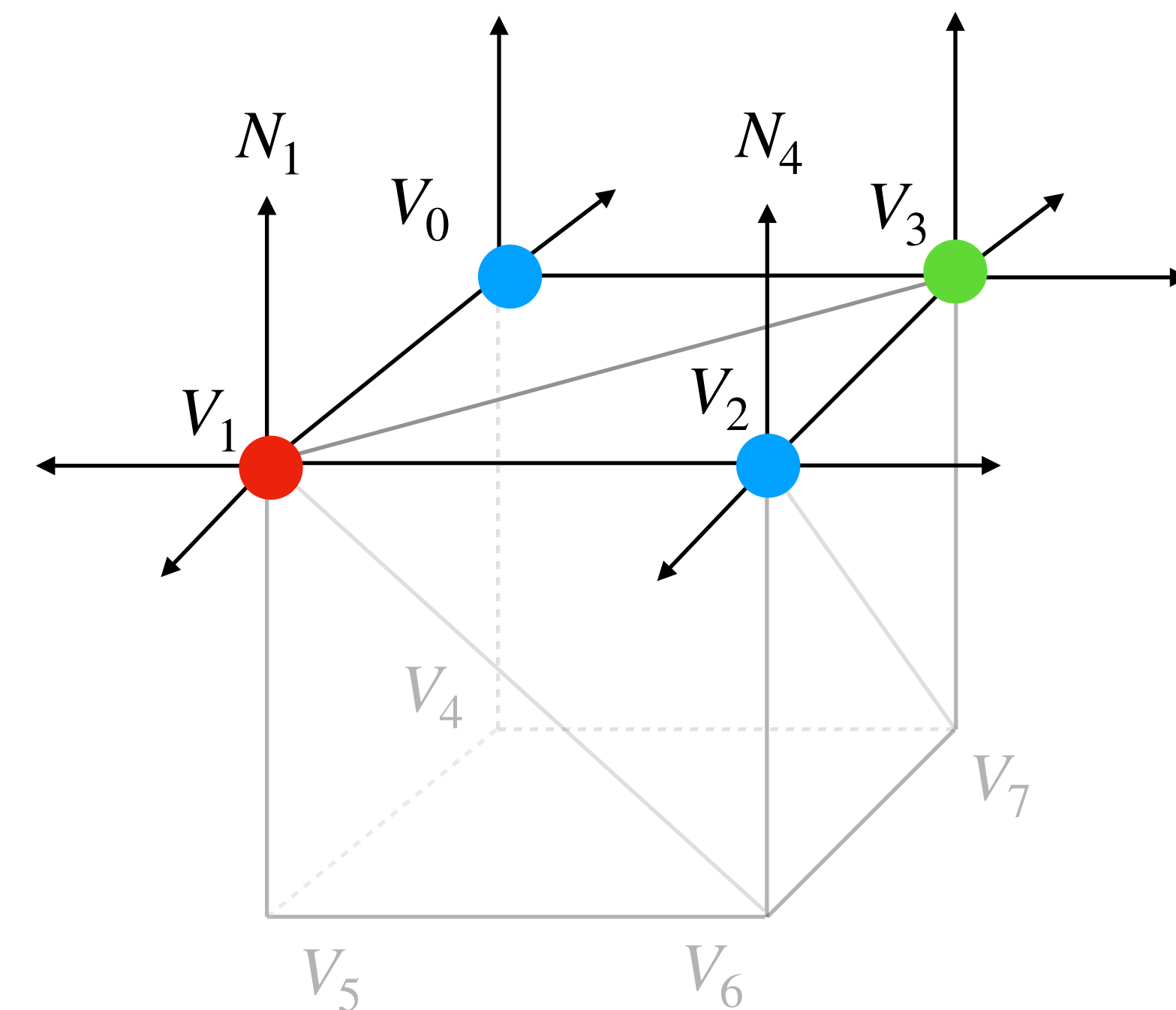
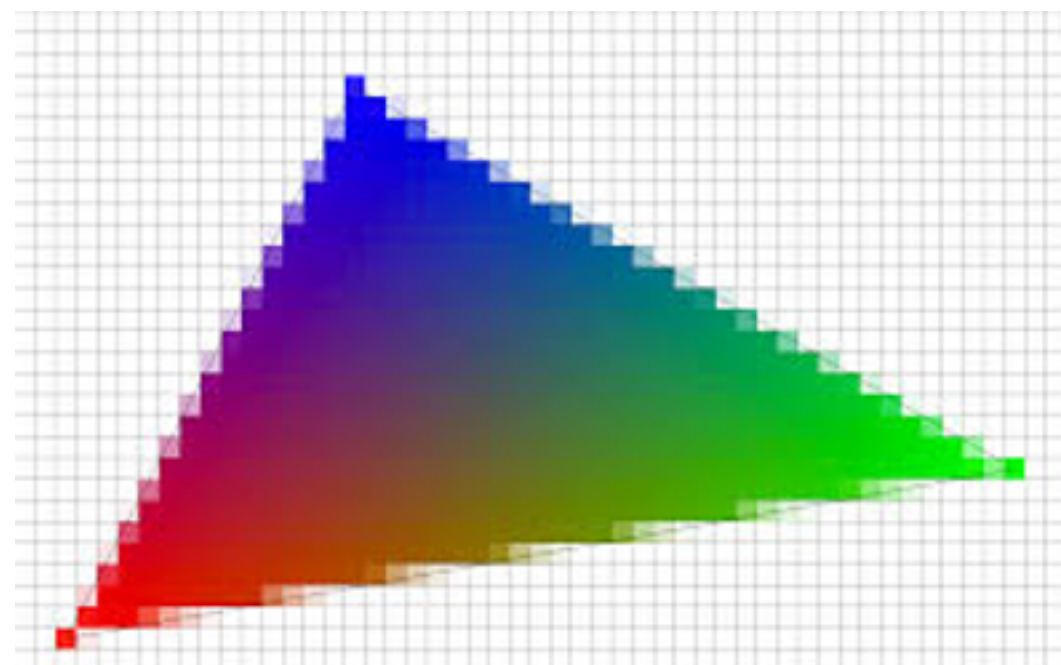


Atributos dos Vértices – Interpolação



Como especificamos apenas os atributos dos vértices, mas precisamos colorir as superfícies inteiras, a GPU interpola linearmente os valores dos atributos entre as superfícies:

- ▶ Todos os atributos são interpolados: posição, vetor normal, cor, etc...
- ▶ Exemplo de como a interpolação de cor afeta a superfície do triângulo $\{V_0, V_1, V_3\}$:



Criando Modelos



Modelos 3D para jogos são tipicamente criados com editores gráficos especializados, por exemplo:

- ▶ Blender
<https://www.blender.org/>
- ▶ Autodesk Maya
<https://www.autodesk.com/maya>
- ▶ ZBrush
<https://www.maxon.net/zbrush>
- ▶ BlockBench
<https://www.blockbench.net/>



https://www.youtube.com/watch?v=Y05txBWzBqE&ab_channel=Lukky

Salvando/Carregando Modelos



Os editores de modelos 3D exportam objetos para arquivos do tipo FBX, OBJ, STL, etc. Esses formatos armazenam os vértices, as faces, as coordenadas de texturas, entre outros:

```
# OBJ file format with ext .obj
# vertex count = 2503
# face count = 4968
v -3.4101800e-003 1.3031957e-001 2.1754370e-002
v -8.1719160e-002 1.5250145e-001 2.9656090e-002
v -3.0543480e-002 1.2477885e-001 1.0983400e-003
v -2.4901590e-002 1.1211138e-001 3.7560240e-002
v -1.8405680e-002 1.7843055e-001 -2.4219580e-002
v 1.9067940e-002 1.2144925e-001 3.1968440e-002
...
f 1069 1647 1578
f 1058 909 939
f 421 1176 238
f 1055 1101 1042
f 238 1059 1126
f 1254 30 1261
```



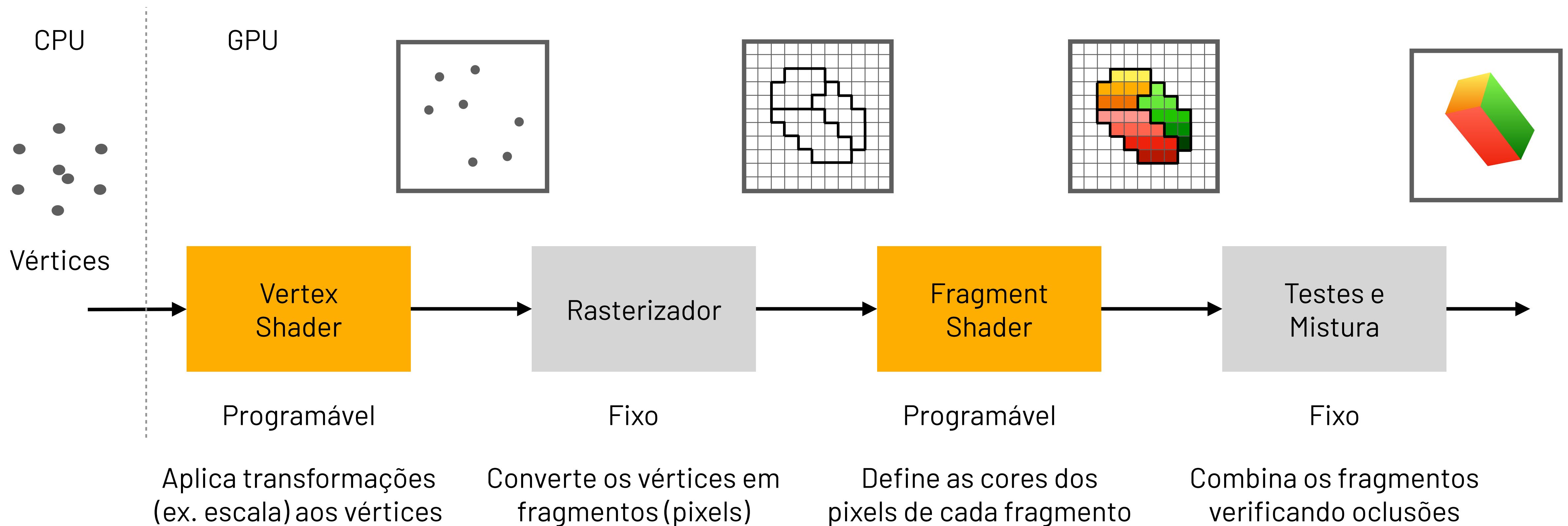
<https://graphics.stanford.edu/~mdfisher/Data/Meshes/bunny.obj>

https://en.wikipedia.org/wiki/Stanford_bunny#/media/File:Stanford_Bunny.stl

Pipeline Gráfico



Os frameworks de computação gráfica, como DirectX e OpenGL, geralmente produzem uma imagem a partir de uma cena em uma sequência de operações, chamado de **Pipeline Gráfico**:

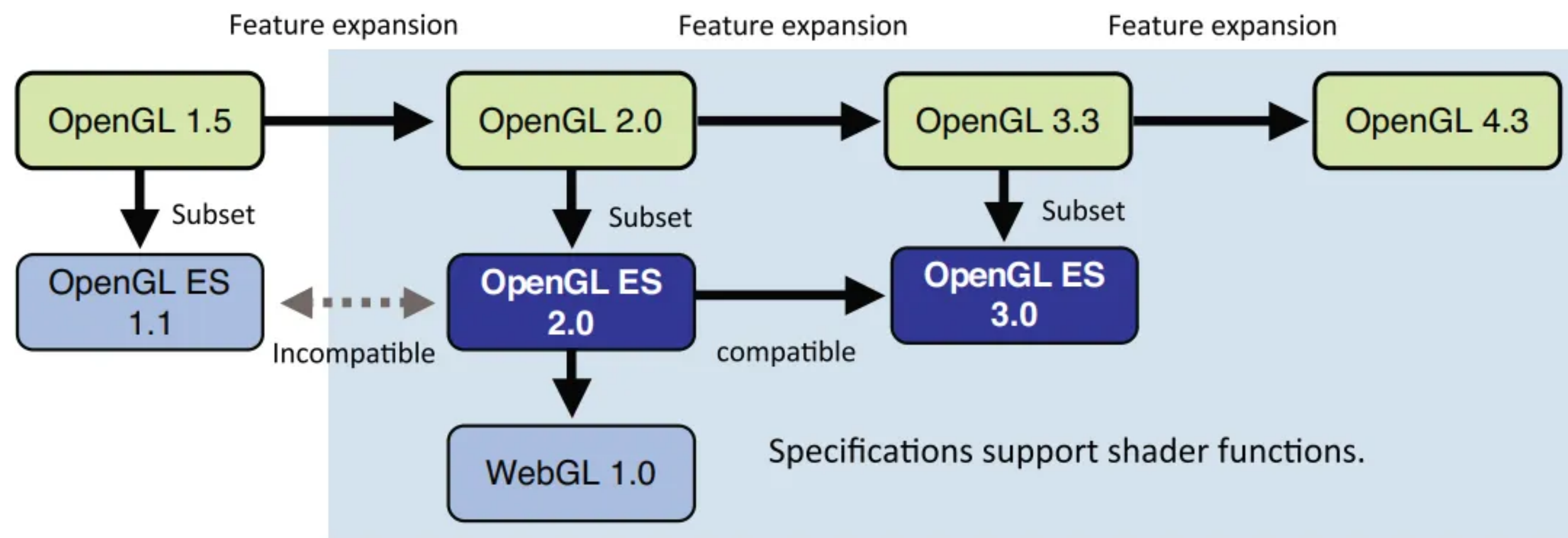


OpenGL



OpenGL (Open Graphics Library) é uma API multiplataforma para renderização de gráficos 2D e 3D. Ela é uma implementação do pipeline gráfico em GPU:

- ▶ Atua como uma ponte entre o programa e a GPU;
- ▶ Especifica comandos que são enviados à placa gráfica para desenhar objetos na tela.
- ▶ Possui versões para Web (WebGL) e para sistemas embarcados (OpenGL ES)



Desde a versão 2.0 (2004), permite programar os vertex e fragment shaders com uma linguagem chamada GLSL

GLSL (OpenGL Shading Language) é a linguagem de programação utilizada para escrever shaders, que são pequenos programas executados diretamente na GPU.

- ▶ Sintaxe similar à linguagem de programação C
- ▶ Cada shader é compilado e ligado via comandos OpenGL (`glCompileShader`, `glAttachShader`, `glLinkProgram`, etc).

```
constexpr std::string_view vertexShaderSource = R"(
#version 330 core
layout (location = 0) in vec2 aPos;
void main() {
    gl_Position = vec4(aPos, 0.0, 1.0);
}
)";
```

Exemplo de Vertex Shader em GLSL

```
constexpr std::string_view fragmentShaderSource = R"(
#version 330 core
out vec4 FragColor;
void main() {
    FragColor = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);
}
)";
```

Exemplo de Fragment Shader em GLSL

Vertex Shader



O Vertex Shader é um pequeno programa que roda na GPU para aplicar transformações aos vértices de entrada.

- ▶ É escrito como uma string dentro do programa principal (ex. main.cpp)
- ▶ É compilado/linkado pela CPU e enviado pela GPU usando funções OpenGL (em tempo de execução)

```
constexpr std::string_view vertexShaderSource = R"(  
#version 330 core  
layout (location = 0) in vec2 aPos;  
void main() {  
    gl_Position = vec4(aPos, 0.0, 1.0);  
}  
)";
```

Define a versão do GLSL usada

Declara uma variável de entrada do tipo vec2

Ponto de entrada do shader.

`gl_Position` é uma variável predefinida da OpenGL, que armazena a posição final do vértice.

Alterar a variável `gl_Position` é equivalente a retornar o valor do vértice transformado (GLSL não usa return)

Fragment Shader



O Fragment Shader é um pequeno programa que roda na GPU para definir a cor final de cada pixel do fragmentz.

- ▶ É escrito como uma string dentro do programa principal (ex. main.cpp)
- ▶ É compilado/linkado pela CPU e enviado pela GPU usando funções OpenGL (em tempo de execução)

```
constexpr std::string_view fragmentShaderSource = R"(  
  
#version 330 core  
  
out vec4 FragColor;  
  
void main() {  
  
    FragColor = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);  
  
}  
)";
```

Define a versão do GLSL usada

Declara uma variável de saída do tipo vec4

Ponto de entrada do shader

FragColor representa a cor final que será enviada ao framebuffer (a tela, no caso).

Alterar a variável `FragColor` é equivalente a retornar a cor do vértice (GLSL não usa return)

OpenGL em SDL



Para usar OpenGL com SDL2, precisamos criar um contexto OpenGL dentro de uma janela SDL:

```
SDL_GL_SetAttribute(SDL_GL_CONTEXT_MAJOR_VERSION, 3);
SDL_GL_SetAttribute(SDL_GL_CONTEXT_MINOR_VERSION, 3);
SDL_GL_SetAttribute(SDL_GL_CONTEXT_PROFILE_MASK, SDL_GL_CONTEXT_PROFILE_CORE);

SDL_Window* window = SDL_CreateWindow("OpenGL Triangle", 100, 100, 800, 600, SDL_WINDOW_OPENGL);
if (!window) {
    std::cerr << "Failed to create window: " << SDL_GetError() << std::endl;
    return -1;
}

SDL_GLContext context = SDL_GL_CreateContext(window);
if (!context) {
    std::cerr << "Failed to create OpenGL context: " << SDL_GetError() << std::endl;
    return -1;
}

glewExperimental = GL_TRUE;
if (glewInit() != GLEW_OK) {
    std::cerr << "Failed to initialize GLEW\n";
    return -1;
}
```

O que é a GLEW?



GLEW (OpenGL Extension Wrangler Library) é uma biblioteca em C/C++ usada para carregar e acessar funções modernas do OpenGL.

Por que ela é necessária?

- ▶ O OpenGL moderno (versões 2.0 em diante) adicionou centenas de funções novas, que não estão disponíveis diretamente nos headers padrão (`<GL/gl.h>`), especialmente em sistemas como Windows.
- ▶ Por exemplo, se você usar função `glGenBuffers()`, pode receber um "undefined reference".
- ▶ Isso acontece porque o endereço real da função está na GPU, e precisa ser carregado.

O que ela faz?

- ▶ Carrega automaticamente os ponteiros de função da GPU.
- ▶ Permite que você use qualquer função moderna do OpenGL como `glCreateShader`, `glBindVertexArray`, etc.

Próxima aula



A27: Gráficos 3D II

- ▶ Mais detalhes de OpenGL/GLSL
- ▶ Especificando Múltiplos Objetos
 - ▶ Sistema de Coordenadas do mundo
 - ▶ Transformações
- ▶ Cores e Texturas