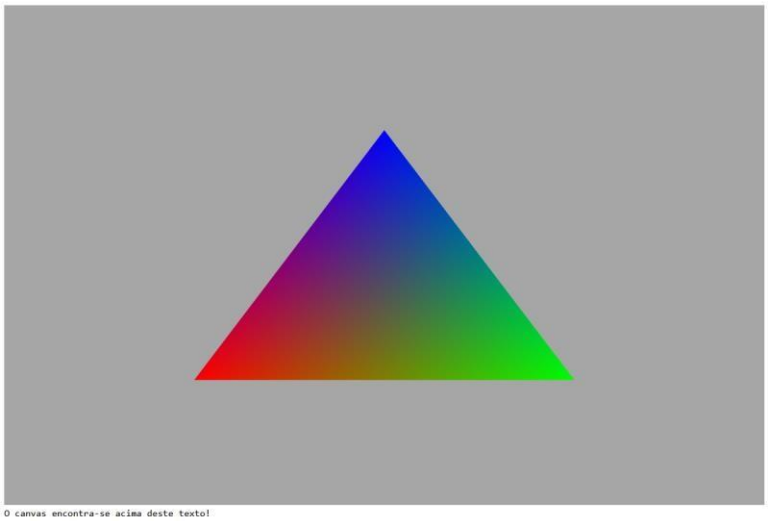
Tutorial 1

Primeiro Triângulo

No final deverás ter:



Conteúdo

Objetivos: O objetivo deste tutorial é ensinar quais as funções base que todas as aplicações em WebGl necessitam e como utilizá-las.

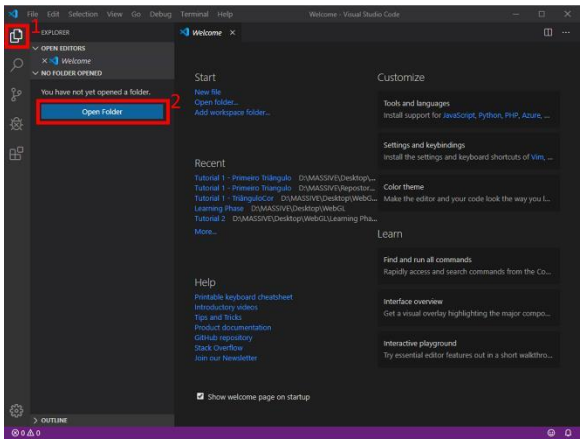
Descrição: Neste tutorial vais perdeber quais os ficheiros necessários para criares um projeto em WebGl. Vais aprender também a base de uma aplicação em WebGL, como criar um canvas, criar shaders, programas, e como passar informação para dentro dos shaders.

Resultados: A tua aplicação em WebGl deverá apresentar um triângulo colorido.

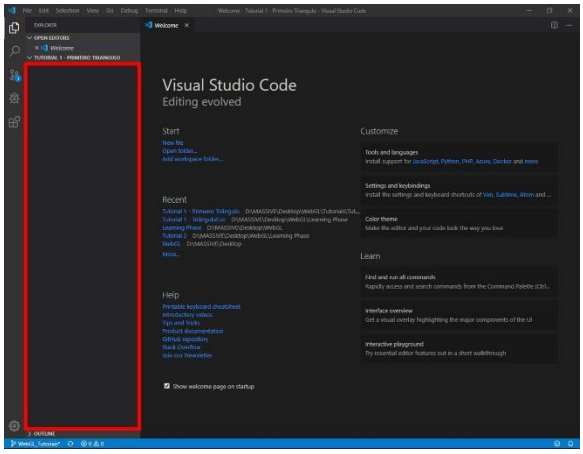
1 Ficheiros Necessários

Agora que já tens o software necessário instalado na tua máquina vais criar todos os ficheiros necessários para completares este tutorial. Para isso segue os passos seguintes:

1. No Visual Studio Code, abre a pasta que criaste no tutorial anterior (Provavelmente com o nome "WebGL - Tutoriais"). Depois de aberto, clica no segundo icon junto do nome da pasta para **criar** uma nova pasta com o nome "**Tutorial 1 – Primeiro Triângulo**".



2. De seguida, carrega com o **botão do lado direito** do rato na área que está assinalada na imagem ao lado a vermelho. Nesse menu de contexto, clica com o botão direito do rato na pasta relativa ao tutorial 1 e seleciona "***New File***", dando o nome de "**index.html**" ao ficheiro. Agora faz o mesmo procedimento, mas em vez de adicionares um ficheiro cria uma pasta (seleciona "***New Folder***") e dá-lhe o nome de "JavaScript". Carregando com o botão do lado direito em cima da pasta que acabaste de criar vais criar dois ficheiros, um com o nome "**app.js**" e outro com o nome "**shaders.js**".



2 Bases de WebGL

Agora que já tens os ficheiros necessários criados, vais aprender as bases de WebGL necessárias para criares o teu primeiro projeto.

1. Vamos começar pelo ficheiro *"**index.html**"* e criar uma simples página web. Seleciona o ficheiro *"**index.html**"* e adiciona o texto da imagem seguinte:

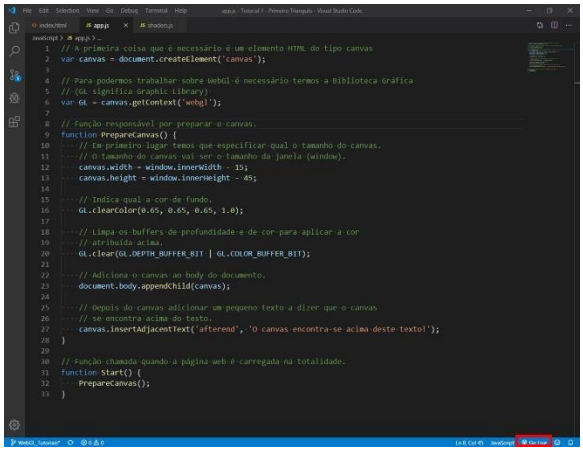
```
<!DOCTYPE html>
<html>
    <head>
        <title>WebGL - Primeiro Triângulo</title>
    </head>
    <body onload="Start()">
        <!-- Scripts que correrão na página -->
        <script src="./JavaScript/shaders.js"></script>
        <script src="./JavaScript/app.js"></script>
    </body>
</html>
```

OBS1: Como podes ver pela imagem acima, a tag *"**body**"* tem um parâmetro *"**onload**"*, que indica qual a função que deverá chamar quando terminar de carregar a página. OBS2: A tag *"**script**"* indica que os scripts que se encontram no caminho passado pelo parâmetro *"**src**"* serão utilizados nesta página.

2. De seguida seleciona o ficheiro “***app.js***” e copia o código que esta na imagem abaixo:

```
// A primeira coisa que é necessário é um elemento HTML do tipo canvas
var canvas = document.createElement('canvas');

// Em primeiro lugar temos que especificar qual o tamanho do canvas.
// O tamanho do canvas vai ser o tamanho da janela (window).
canvas.width = window.innerWidth - 15;
canvas.height = window.innerHeight - 45;

// Para podermos trabalhar sobre WebGl é necessário termos a Biblioteca Gráfica
// (GL significa Graphic Library)
var GL = canvas.getContext('webgl');

// Função responsável por preparar o canvas.
function PrepareCanvas() {

    // Indica qual a cor de fundo.
    GL.clearColor(0.65, 0.65, 0.65, 1.0);

    // Limpa os buffers de profundidade e de cor para aplicar a cor
    // atribuída acima.
    GL.clear(GL.DEPTH_BUFFER_BIT | GL.COLOR_BUFFER_BIT);

    // Adiciona o canvas ao body do documento.
    document.body.appendChild(canvas);

    // Depois do canvas adicionar um pequeno texto a dizer que o canvas
    // se encontra acima do testo.
    canvas.insertAdjacentText('afterend', 'O canvas encontra-se acima deste texto!');
}

// Função chamada quando a página web é carregada na totalidade.
function Start() {
    PrepareCanvas();
}
```

Agora que copiaste o código da imagem acima, podes ver a página web. Tens duas maneiras de ver a página web, a primeira é ires a pasta do tutorial e fazeres duplo clique no ficheiro “***index.html***” a segunda é através do plugin que instalaste carregando no botão com o nome “***Go Live***” assinalado a vermelho na imagem ao lado (ou pelo atalho **Alt+L+O ou CMD+L+O**). Este plugin irá criar um servidor de HTTP local e, para além disso, quando guardares algum ficheiro, a página web recarregará automaticamente para refletir as



alterações feitas. Saberás que o servidor está ligado quando aparecer **"Port:5500"** (ou outro número) no lugar do botão.

Ao abrir a página web é suposto veres uma caixa cinzenta e no fundo da página o texto a indicar que o canvas está acima desse texto. Caso não apareça nada, abre as ferramentas do programador no browser (p. ex., no Chrome carrega na tecla **F12** e na aba ***"Console"***) e vê qual o erro que te dá (se aparecer algum erro certifica-te que os passos anteriores estão corretos). Se não aparecer nada faz recarrega a página só para teres a certeza que não existem erros.

3. Depois de teres testado a página web e não teres erros, seleciona o ficheiro ***"shaders.js"*** no VSCode e copia o código que se encontra na imagem abaixo

```
// Código corresponte ao vertex shader
var codigoVertexShader = [
    'precision mediump float;' // indica qual a precisão do tipo float
    ,
    // Variável read-only do tipo vec3 que indicará a posição de um vértice
    'attribute vec3 vertexPosition;',
    // Variável read-only do tipo vec3 que indicará a cor de um vértice
    'attribute vec3 vertexColor;',
    ,
    // Variável que serve de interface entre o vertex shader e o fragment shader
    'varying vec3 fragColor;',
    ,

    'void main(){',
    // Dizemos ao fragment shader qual a cor do vértice.
    '   fragColor= vertexColor;',
    // gl_Position é uma variável própria do Shader que indica a posição do vértice.
    // Esta variável é do tipo vec4 e a variável vertexPosition é do tipo vec3.
    // Por esta razão temos que colocar 1.0 como último elemento.
    '   gl_Position = vec4(vertexPosition, 1.0);',
    '}'
].join('\n');

// Código corresponte ao fragment shader
var codigoFragmentShader = [
    'precision mediump float;'// indica qual a precisão do tipo float
    ,
    // Variável que serve de interface entre o vertex shader e o fragment shader
    'varying vec3 fragColor;',
    ,
    'void main(){',
    // gl_FragColor é uma variável própria do Shader que indica qual a cor do vértice
    // Esta variável é do tipo vec4 e a variável fragColor é do tipo vec3.
    // Por esta razão temos que colocar 1.0 como último elemento.
    '   gl_FragColor = vec4(fragColor, 1.0);',
    '}'
].join('\n');
```

4. O próximo passo é criar os shaders que utilizem o código acima, para isso seleciona o ficheiro ***"app.js*** e adiciona as variáveis que estão assinaladas a vermelho na imagem abaixo por baixo da definição da variável ***"GL"***.

```
// Para podermos trabalhar sobre WebGl é necessário termos a Biblioteca Gráfica
// (GL significa Graphic Library)
var GL = canvas.getContext('webgl');

// Criar o vertex shader. Este shader é chamado por cada vértice do objeto
// de modo a indicar qual a posição do vértice.
var vertexShader = GL.createShader(GL.VERTEX_SHADER);

// Criar o fragment shader. Este shader é chamado para todos os píxeis do objeto
// de modo a dar cor ao objeto.
var fragmentShader = GL.createShader(GL.FRAGMENT_SHADER);
```

5. Depois de criadas as variáveis, é necessário dizeres qual o código que os shaders irão utilizar. Para isso vais criar uma função para preparar os shaders. Antes da função ***"Start()"*** copia o código da função ***"PrepareShaders()"*** da imagem abaixo e na função ***"Start()"*** adiciona a linha de código assinalada a vermelho.

```

// Função responsável por preparar os shaders.
function PrepareShaders()
{
    // Atribui o código que está no ficheiro "shaders.js" ao vertexShader.
    GL.shaderSource(vertexShader, codigoVertexShader);

    // Atribui o código que está no ficheiro "shaders.js" ao fragmentShader.
    GL.shaderSource(fragmentShader, codigoFragmentShader);

    // Esta linha de código compila o shader passado por parâmetro.
    GL.compileShader(vertexShader); // Compila o vertexShader.
    GL.compileShader(fragmentShader); // Compila o fragmentShader.

    // Depois de compilado os shaders é necessário verificar se ocurreu algum erro
    // durante a compilação. Para o vertex shader usamos o código abaixo.
    if(!GL.getShaderParameter(vertexShader, GL.COMPILE_STATUS)){
        console.error("ERRO :: A compilação do vertex shader lançou uma excepção!",
                GL.getShaderInfoLog(vertexShader));
    }

    // Depois de compilado os shaders é necessário verificar se ocurreu algum erro
    // durante a compilação. Para o fragment shader usamos o código abaixo.
    if(!GL.getShaderParameter(fragmentShader, GL.COMPILE_STATUS)){
        console.error("ERRO :: A compilação do fragment shader lançou uma excepção!",
                GL.getShaderInfoLog(fragmentShader));
    }
}

// Função chamada quando a página web é carregada na totalidade.
function Start() {
    PrepareCanvas();
    PrepareShaders();
}

```

6. Os shaders por si só não são suficientes para que a GPU os utilize, é necessário criar programas que usem esses shaders. Para isso vais criar uma variável que guarde o programa que irá usar os *shaders* utilizando o código assinalado a vermelho na imagem abaixo.

```
8   // Criar o vertex shader. Este shader é chamado por cada vértice do objeto
9   // de modo a indicar qual a posição do vértice.
10  var vertexShader = GL.createShader(GL.VERTEX_SHADER);
11
12  // Criar o fragment shader. Este shader é chamado para todos os píxeis do objeto
13  // de modo a dar cor ao objeto.
14  var fragmentShader = GL.createShader(GL.FRAGMENT_SHADER);
15
16  // Criar o programa que utilizará os shaders.
17  var program = GL.createProgram();
18
```

7. De seguida vais acrescentar uma função que tem como objetivo atribuir e verificar se o programa se encontra em condições de ser executado na GPU. Copia a função ***"PrepareProgram()"*** e na função "Start()" acrescenta a linha de código assinalada a vermelho.

```
68
69  // Função reponsável por preparar o Programa que irá correr sobre a GPU
70  function PrepareProgram(){
71      // Depois de teres os shaders criados e compilados é necessário dizeres ao program
72      // para utilizar esses mesmos shaders. Para isso utilizamos o código seguinte.
73      GL.attachShader(program, vertexShader);
74      GL.attachShader(program, fragmentShader);
75
76      // Agora que já atribuiste os shaders, é necessário dizeres à GPU que acabaste de
77      // configurar o program. Uma boa prática é verificar se existe algum erro no program
78      GL.linkProgram(program);
79      if(!GL.getProgramParameter(program, GL.LINK_STATUS)){
80          console.error("ERRO :: O linkProgram lançou uma excepção!", GL.getProgramInfoLog(program));
81      }
82
83      // É boa prática verificar se o programa foi conectado corretamente e se pode ser
84      // utilizado.
85      GL.validateProgram(program);
86      if(!GL.getProgramParameter(program, GL.VALIDATE_STATUS)){
87          console.error("ERRO :: A validação do program lançou uma excepção!", GL.getProgramInfoLog(program));
88      }
89
90      // Depois de tudo isto, é necessário dizer que queremos utilizar este program. Para isso
91      // utilizamos o seguinte código
92      GL.useProgram(program);
93  }
94
95
96  // Função chamada quando a página web é carregada na totalidade.
97  function Start() {
98      PrepareCanvas();
99      PrepareShaders();
100     PrepareProgram();
101 }
```

8. Agora que já tens o programa a utilizar os shaders, é necessário criares uma variável que guarde o *buffer da GPU* para onde vais mandar os dados. Para isso utiliza o código assinalado a vermelho na imagem a baixo.

```
15
16  // Criar o programa que utilizará os shaders.
17  var program = GL.createProgram();
18
19  // Criar um buffer que está localizado na GPU para receber os pontos que
20  // os shaders irão utilizar.
21  var gpuArrayBuffer = GL.createBuffer();
22
```

9. Depois de criares o *buffer*, vais criar uma função que tem como objetivo guardar a posição **XYZ** de cada vértice bem como a **cor RGB** de cada ponto. Copia a função ***"PrepareTriangleData()"*** da imagem abaixo e na função ***"Start()"*** adiciona a linha de código assinalada a vermelho.

```
// Função resposável por criar guardar a posição XYZ e cor RBG de cada um dos vértices do triângulo.
// Esta função é também responsável por copiar essa mesma informação para um buffer que se encontra na GPU.
function PrepareTriangleData(){
    // Variável que guardará os pontos de cada vértice (XYZ) bem como a cor de cada um deles (RGB)
    // Nesta variável, cada vértice é constituída por 6 elementos, lembra-te disso para os passos a seguir.
    // Outra coisa que te deves saber é que a área do canvas vai de -1 a 1 tanto em altura como em largura
    // com centro no meio da área do canvas. O código RBG tem valores compreendidos entre 0.0 e 1.0
    var triangleArray = [
        //  X      Y      Z      R      G      B                                                    3
            -0.5,  -0.5,  0.0,   1.0,   0.0,   0.0,// Vértice 1 da "imagem" ao lado -->          /  \
            0.5,   -0.5,  0.0,   0.0,   1.0,   0.0,// Vértice 2 da "imagem" ao lado -->         /    \
            0.0,   0.5,   0.0,   0.0,   0.0,   1.0 // Vértice 3 da "imagem" ao lado -->        1------2
    ];

    // Esta linha de código indica à GPU que o gpuArrayBuffer é do tipo ARRAY_BUFFER
    GL.bindBuffer(GL.ARRAY_BUFFER,gpuArrayBuffer);

    // Esta linha de código copia o array que acabamos de criar (triangleArray)
    // para o buffer que está localizado na GPU (gpuArrayBuffer).
    GL.bufferData(
        // Tipo de buffer que estámos a utilizar.
        GL.ARRAY_BUFFER,
        // Dados que pretendemos passar para o buffer que se encontra na GPU.
        // Importante saber que no CPU os dados do tipo float utilizam 64bits mas a GPU só trabalha com
        // dados de 32bits. O JavaScript permite-nos converter floats de 64bits para floats de 32bits utilizando
        // a função a baixo.
        new Float32Array(triangleArray),
        // Este parâmetro indica que os dados que são passados não vão ser alterados dentro da GPU.
        GL.STATIC_DRAW
        );
}

// Função chamada quando a página web é carregada na totalidade.
function Start() {
    PrepareCanvas();
    PrepareShaders();
    PrepareProgram();
    PrepareTriangleData();
}
```

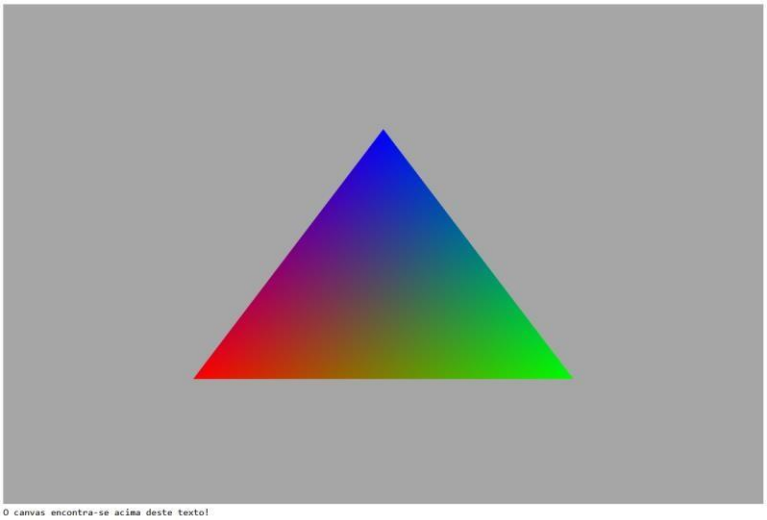
10. A última coisa que falta é inserires os dados que estão no buffer no vertex shader de modo a que estes sejam desenhados. Para isso vais criar uma função com o nome de ***"SendDataToShaders()"*** e copiares o código das 3 imagens seguintes (as três imagens seguintes são todas da mesma função). Quando acabares de copiar o código, adiciona a função que acabaste de criar à função de ***"Start()"*** como mostra a última imagem.

```
130
131 // Esta função é responsável por pegar na informação que se encontra no gpuArrayBuffer
132 // e atribuí-la ao vertex shader.
133 function SendDataToShaders(){
134     // A primeira coisa que é necessário fazer é ir buscar a posição de cada umas das variáveis dos Shaders.
135     // Se verificares o código dos shaders, é necessário passar informação para duas variáveis (vertexPosition
136     // e vertexColor). Para isso vamos utilizar o código abaixo.
137     var vertexPositionAttributeLocation = GL.getAttribLocation(program, "vertexPosition");
138     var vertexColorAttributeLocation = GL.getAttribLocation(program, "vertexColor");
139
140     // Esta função utiliza o último buffer que foi feito binding. Como podes ver pela função anterior
141     // o último buffer ao qual foi feito bind foi o gpuArrayBuffer, logo ele vai buscar informação a esse
142     // buffer e inserir essa informação no vertex shader. Vamos inserir os dados para a veriável vertexPosition.
143     GL.vertexAttribPointer(
144         // Localização da variável na qual pretendemos inserir a informação. No nosso caso a variável
145         // "vertexPosition"
146         vertexPositionAttributeLocation,
147         // Este parâmetro indica o quantos elementos vão ser usados pela variável. No nosso caso, a variável
148         // que irá utilizar estes valores é do tipo vec3 (XYZ) logo são 3 elementos.
149         3,
150         // Este parâmetro indica qual é o tipo dos objetos que estão nesse buffer. No nossa caso são FLOATs.
151         GL.FLOAT,
152         // Este parâmetro indica se os dados estão ou não normalizados. Para já este parametro pode ser false.
153         false,
154         // Este parametro indica qual o tamanho de objetos que constituem cada ponto do triângulo em bytes.
155         // Cada ponto do triângulo é constituído por 6 valores (3 para posição X Y Z e 3 para a cor R G B) e
156         // o array que está no buffer e do tipo Float32Array. Float32Array tem uma propriedade que indica
157         // qual o número de bytes que cada elemento deste tipo usa. Basta multiplicar 3 pelo numero de
158         //bytes de um elemento.
159         6 * Float32Array.BYTES_PER_ELEMENT,
160         // Este parâmetro indica quando elementos devem ser ignorados no ínicio para chegar aos valores que
161         // pretendemos utilizar. No nosso caso queremos utilizar os primeiros 3 elementos. Este valor também
162         // é em bytes logo multiplicamos pelo número de bytes de um Float32Array.
163         0 * Float32Array.BYTES_PER_ELEMENT
164     );
```

```
    // Agora utilizando o mesmo método acima, vamos inserir os dados na variável vertexColor.
    // Se prestares atenção nos parâmetros desta função, é bastante parecido ao método anterior, mudando apenas
    // a variável à qual prentendemos inserir os dados (vertexColor) e o último parâmetro (uma vez que agora
    // pretendemos ignorar os primeiros 3 valores que significam a posição de cada vértice)
    GL.vertexAttribPointer(
        // Localização da variável na qual pretendemos inserir a informação. No nosso caso a variável
        // "vertexPosition"
        vertexColorAttributeLocation,
        // Este parâmetro indica o quantos elementos vão ser usados pela variável. No nosso caso, a variável
        // que irá utilizar estes valores é do tipo vec3 (XYZ) logo são 3 elementos.
        3,
        // Este parâmetro indica qual é o tipo dos objetos que estão nesse buffer. No nossa caso são FLOATs.
        GL.FLOAT,
        // Este parâmetro indica se os dados estão ou não normalizados. Para já este parametro pode ser false.
        false,
        // Este parametro indica qual o tamanho de objetos que constituem cada ponto do triângulo em bytes.
        // Cada ponto do triângulo é constituído por 6 valores (3 para posição X Y Z e 3 para a cor R G B) e
        // o array que está no buffer e do tipo Float32Array. Float32Array tem uma propriedade que indica
        // qual o número de bytes que cada elemento deste tipo usa. Basta multiplicar 3 pelo numero de
        //bytes de um elemento.
        6 * Float32Array.BYTES_PER_ELEMENT,
        // Este parâmetro indica quando elementos devem ser ignorados no ínicio para chegar aos valores que
        // pretendemos utilizar. No nosso caso queremos utilizar os primeiros 3 elementos. Este valor também
        // é em bytes logo multiplicamos pelo número de bytes de um Float32Array.
        3 * Float32Array.BYTES_PER_ELEMENT
    );

    // Agora é necessário ativar os atributos que vão ser utilizados e para isso utilizamos a linha seguinte.
    // Temos de fazer isso para cada uma das variáveis que pretendemos utilizar.
    GL.enableVertexAttribArray(vertexPositionAttributeLocation);
    GL.enableVertexAttribArray(vertexColorAttributeLocation);

    // Indica que vais utilizar este programa
    GL.useProgram(program);
```

```
    // Indica à GPU que pode desenhar
    GL.drawArrays(
        GL.TRIANGLES,    // Parâmetro que indica que tipo de objetos pretendes desenhar
        0,               // Qual o primeiro elemento que deve ser desenhado (elemento na posisão 0)
        3                // Quantos elementos devem ser desenhados
        );
}

// Função chamada quando a página web é carregada na totalidade.
function Start() {
    PrepareCanvas();
    PrepareShaders();
    PrepareProgram();
    PrepareTriangleData();
    SendDataToShaders();
}
```

11. Vai ao teu browser e atualiza a página (caso estejas a utilizar o live server, não será necessário atualizar a página pois a aplicação corre em tempo real). O resultado final deve ser semelhante à imagem seguinte:



3 Submissão

O trabalho deve ser submetido no **MOODLE** até às **18:00 de sexta-feira (19/03/2021).**

A **submissão é individual** e deve conter todos os ficheiros necessários à correta execução da aplicação: uma pasta contendo o ficheiro .html e a pasta JavaScript com os respetivos ficheiros app.js, shader.js e matrizes.js