

# Modelação – Parte III

## 1. Curvas (ou *Curves*)

- Abrir o *Blender* e apagar o elemento *cube*;
- Mudar para o *layout* Modeling;
- Mudar para a vista de topo ortográfica;
- Arrastar o ficheiro “FCG\_02\_Modelacao\_C\_Img1.JPG” para o editor 3D *Viewport*;
- Corrigir as coordenadas de Location (0,0,0) (**Teclas Alt+G**);
- Ir ao separador *Object Data Properties*, no editor *Properties*, e ajustar o valor da **Opacity**;

- Ao contrário das malhas, que são constituídas por um conjunto de pontos, arestas e faces, as curvas são expressas em termos de funções matemáticas que podem ser definidas através de uma série de pontos de controlo;
- O *Blender* tem o seguinte conjunto de curvas pré-definidas:
  - **Bézier (ou Bezier)** – Curva Bézier aberta;
  - **Círculo (ou Circle)** – Curva Bézier fechada (círculo);
  - **Curva Nurbs (ou Nurbs Curve)** – Curva aberta baseada nas fórmulas *Nurbs*;
  - **Círculo Nurbs (ou Nurbs Circle)** – Curva fechada (círculo) baseada nas fórmulas *Nurbs*;
  - **Caminho (ou Path)** – Curva que serve para definir um trajeto, tendo adicionado o elemento direção.
- Tal como nas malhas, podem definir-se alguns parâmetros das curvas no painel **Adjust Last Operation** no momento da sua criação;
- As operações de seleção, eliminação, edição e aplicação de transformações geométricas às curvas, são efetuadas da mesma forma que nas malhas;

- Adicionar uma curva de *Bézier*;
- No painel *Adjust Last Operation* (canto inferior esquerdo), que neste caso aparece com o nome de **Add Bezier**, colocar o raio a 2;
- Entrar em modo de edição (**Tecla TAB**);

- A curva de *Bézier* contém dois pontos de controlo (um em cada uma das suas extremidades) e cada ponto de controlo tem dois manipuladores (um de cada lado). É através destes que são formados vetores tangentes à curva que irão controlar a sua forma final;
- Pode criar-se mais pontos de controlo através de:
  - Extrusão de um ponto de controlo previamente selecionado (**Tecla E**);
  - Subdivisão entre dois pontos de controlo previamente selecionados (**botão do lado direito do rato → Subdivide**).

- É possível fazer com que cada manipulador afete apenas parte da curva. Para tal:
  - Selecionar um ponto de controlo do meio da curva;
  - A partir do *Header* escolher a opção **Control Points→Set Handle Type→Vector**, ou pressionar o botão direito do rato e selecionar **Set Handle Type→Vector**, ou pressionar a **Tecla V** e escolher a opção **Vector**;
  - Desta forma, é possível modelar com linhas quebradas.

- Criar uma curva em forma de coração, seguindo os contornos da imagem de fundo, sem que esta fique fechada;
- Atribuir-lhe o nome de “Coração”;

- É possível fechar as curvas, pedindo ao *Blender* para ligar o último ponto de controlo, ao primeiro. Para tal:
  - Selecionar um dos pontos de controlo da extremidade da curva;
  - Escolher a opção **Curve→Toggle Cyclic** ou pressionar as **Teclas ALT+C**;

- Fechar a curva “Coração”.

## 2. Separador *Object Data Properties* para curvas

- No editor *Properties*, o separador **Object Data Properties** permite configurar um conjunto de parâmetros para qualquer elemento, seja ele uma malha, uma curva, uma superfície ou um texto;
- No caso das curvas, esses parâmetros podem ser, por exemplo:
  - Definir se a curva é para ser modelada em 2D ou em 3D, usando o respetivo botão no painel **Shape**;
  - Fazer uma extrusão da curva, definindo a sua altura no campo **Extrude** do painel **Geometry**. De forma a testar este parâmetro:

- Colocar o seu valor a 0.5 e sair da vista de topo;
- Tornar invisível o elemento *Empty* que contém a imagem de referência;
- Mudar para *Object Mode* (**Tecla TAB**) e observar o objeto criado.

- Definir se a curva tem um aspeto de calha ou tubo, usando os campos **Depth** e **Resolution**, do sub-painel **Bevel**, do painel **Geometry**, e o parâmetro **Fill Mode**, do painel **Shape**. De forma a testar esta possibilidade, realizar o exercício seguinte.

- Criar uma nova coleção, *Collection 2*, e esconder os objetos da *Collection*;
- Na *Collection 2*, criar uma curva do tipo *Nurbs Curve*;
- No editor **Outliner**, mudar o nome do objeto para “Tubo”;
- No separador **Object Data Properties**, painel **Geometry**, sub-painel **Bevel**, mudar o valor de **Depth** para 0.1 e o de **Resolution** para 10;
- Verificar que selecionando a opção **Half** do parâmetro **Fill Mode**, do painel **Shape**, se obtém uma calha;
- Observar que, se para o mesmo parâmetro for selecionada a opção **Full**, se obtém um tubo;
- É sempre possível alterar a forma da curva, entrando no modo de edição e manipulando os pontos de controlo. Para o comprovar, efetuar uma extrusão, selecionando um dos pontos de controlo das extremidades da curva.

### 3. Transformação de curvas em malhas

- Após a criação da curva, pode ser necessário convertê-la numa malha (*mesh*) para prosseguir com o processo de modelação. Por exemplo, quando se pretende preencher o interior de uma curva 3D, como a do “Coração” modelado anteriormente.
- Para exemplificar esta conversão:

- Esconder a *Collection 2* e tornar visível a *Collection*;
- Em *Object Mode*, selecionar o objeto “Coração”;
- Ir ao menu **Object→Convert** e escolher a opção **Mesh**;
- Outra alternativa, mais rápida, passa por clicar no botão do lado direito do rato e escolher a opção **Convert To→Mesh**;
- Entrar em modo de edição e verificar que o objeto agora é uma malha.

- O preenchimento do interior de um objeto deste tipo é feito através da criação de novas faces. Para tal:

- Selecionar uma aresta do topo do objeto;
- A partir do *Header* escolher a opção **Select→Select Loops→Edge Loops** (ou **Alt + botão esquerdo do rato** sobre uma aresta);
- Ligar os vértices selecionados através de faces, escolhendo a opção **Face→Fill** ou premindo as **Teclas ALT + F** (são criadas várias faces);
- Repetir o processo para a base do objeto, mas, no último passo, escolher a opção **Vertex→New Edge/Face from Vertices** ou premir a **Tecla F** (é criada uma única face);
- Verificar a diferença visual entre o topo e a base do objeto;
- Sair do modo de edição.

#### 4. Técnica *lofting* ou *lathing*

- Esta técnica de modelação usa um caminho 2D e uma seção transversal (também 2D) para criar um objeto 3D, cuja forma é obtida pela repetição da seção transversal ao longo do caminho;

- Para exemplificar o uso desta técnica no *Blender*:

- Criar uma nova coleção, *Collection 3*, e esconder as restantes
- Com a nova coleção ativa, adicionar uma curva de *Bézier* aberta, de raio 1, na posição (-3.0, 0.0, 0.0);
- Alterar o nome dessa curva para “Perfil”;
- Aplicar uma rotação à curva, no eixo dos *XX*, de 90° (**Tecla R**, seguida da **Tecla X**, de **90** e da **Tecla ENTER**);
- Adicionar um *Nurbs Circle* na origem;
- Mudar para a vista **Front Ortho**;
- No editor *Properties*, separador **Object Data Properties**, painel **Geometry**, sub-painel **Bevel**, clicar em **Object** e, no campo **Object**, colocar a curva de *Bézier* (“Perfil”);
- Verificar que o círculo inicial mudou para uma forma 3D;
- Passar para uma visualização *Wireframe* (**Tecla Z**);
- Selecionar a curva de *Bézier*;
- Passar para o modo de edição;
- Selecionar um dos manipuladores;
- Aplicar uma extrusão (**Tecla E**);
- Verificar que o perfil do modelo criado segue a forma da curva “perfil”;
- Experimentar outras alterações à curva e ver as mudanças que ocorrem no objeto;
- Quando se obtiver a forma final pretendida, voltar ao modo objeto e ao modo de visualização *Solid*;
- Transformar o modelo criado em *mesh* clicando no botão direito do rato e escolhendo **Convert To→Mesh**;
- Apagar a curva que serviu de perfil (só agora é que se pode eliminar esta curva).

## 5. Texto

- Uma das formas de criar um objeto do tipo texto (**Text**), é a seguinte:

- Criar uma nova coleção, *Collection 4*, e esconder as restantes;
- Ir ao menu **Add** (ou usar **SHIFT+A**) e escolher a opção **Text**;
- Como, por omissão, o texto aparece deitado no plano XY, para orientá-lo de forma a aparecer virado para o utilizador, no painel **Add Text** (canto inferior esquerdo do editor *3D Viewport*), selecionar a opção **Align→View**.

- Alternativamente, pode usar-se o editor **Text Editor**. Para tal:

- Subdividir a área do editor *3D Viewport* em duas (colocando o cursor do rato no canto superior desta área e, mantendo pressionado o botão esquerdo do rato, ir arrastando até aparecer a nova área);
- Na nova área, alterar o tipo para **Text Editor**;
- Criar um ficheiro de texto premindo o botão **New** e escrever o texto que se pretender;
- Outra hipótese é abrir um ficheiro de texto já existente, escolhendo a opção **Text→Open** (ou pressionando as **Teclas ALT + O**);
- Escolher o ficheiro “FCG\_02\_Modelacao\_C\_Texto.txt”.

- Para passar o texto para a cena 3D, aceder ao menu **Edit→Text To 3D Object** e escolher uma das opções:

- **One Object** – Caso se pretenda criar apenas um objeto com todo o texto;
- **One Object per Line** – Caso se queira criar um objeto 3D por cada linha de texto.

- Criar objetos de texto usando as duas opções.

- A seleção, eliminação e aplicação de transformações geométricas aos elementos do tipo texto, é feita de igual forma à que se faz quando se trabalha com as malhas ou curvas;
- O modo de edição para um objeto do tipo texto permite a alteração do que está escrito, funcionando como um editor de texto. Para o verificar:


- Entrar em modo de edição (**Tecla TAB**);
- Alterar o texto, adicionando / apagando caracteres;
- Voltar ao modo objeto (**Tecla TAB**).

## 6. Separador *Object Data Properties* para texto

- Colocar o cursor do rato entre as áreas do editor *3D Viewport* e *Text Editor*;
- Pressionar o botão direito do rato;
- Escolher a opção **Join Areas**;
- Pressionar o botão esquerdo do rato quando o cursor estiver sobre a janela do *Text Editor*;

- Tal como já foi dito para outros casos, o separador **Object Data Properties**, do editor *Properties*, permite configurar uma série de parâmetros ligados ao texto. Por exemplo,

- Pode mudar-se o tipo de letra no painel **Font**. Para tal:

- Usar o botão  para alterar o tipo de letra para texto normal, itálico, **bold** ou **bold** + itálico;

- Escolher um tipo de fonte (por exemplo, *times.ttf*) – Em sistemas Windows as fontes estão na pasta c:\Windows\Fonts.

- No painel **Paragraph** é possível:

- Alinhar o texto à esquerda, à direita, centrado, etc. (sub-painel **Alignment**);
- Alterar o espaçamento entre caracteres, entre palavras e entre linhas (sub-painel **Spacing**);

- Modificar estes parâmetros no texto que se inseriu na cena 3D.

- Além disso, é possível dar profundidade ao texto, tornando-o verdadeiramente 3D. Assim, no painel **Geometry**:

- Colocar o parâmetro **Extrude** a 0.2;
- Colocar o parâmetro **Depth** (sub-painel **Bevel**) a 0.02, para “cortar” as arestas do texto;
- Confirmar que o parâmetro **Resolution** se encontra a 4, de maneira a arredondar os cortes.

## 7. Transformação de texto em malhas

- A transformação de um objeto de texto numa malha é feita da mesma forma que no caso das curvas, isto é, no modo objeto.

- Através do menu **Object→Convert**, escolher a opção **Mesh** ou carregar no botão do lado direito do rato e escolher a opção **Convert To→Mesh**;
- No modo de edição, verificar que agora as letras são formadas por vértices e que se deixa de ter acesso às propriedades dos objetos de texto;
- Para seleccionar facilmente apenas os vértices que formam uma das letras, pode seleccionar-se um conjunto de vértices dessa letra (em modo *Wireframe*) e aceder à opção do menu **Select→Select Linked→Linked** (ou **Teclas CTRL + L**), aproveitando o facto de cada letra ser considerada uma malha separada;
- Depois de seleccionar uma letra, para a tornar num objeto separado, pressionar a **Tecla P** e escolher a opção *Selection*;
- Mudar para o modo objeto e verificar que houve a separação.

## 8. Modelação de objetos com base em elementos distintos

- Por vezes é necessário usar elementos de tipos distintos para se conseguir a modelação desejada. Um exemplo desta situação é o de querer modelar um texto cujos caracteres devem estar posicionados circularmente. Para o conseguir:

- Criar uma nova coleção, *Collection 5*, e esconder as restantes;
- Com a nova coleção ativa, criar uma curva do tipo *Circle* e atribuir-lhe o nome de “Forma Texto”;
- Seleccionar um objeto do tipo texto (tem mesmo que ser deste tipo), na *Collection 4* (onde foi criado);
- Mudar este objeto para a *Collection 5* (**Tecla M**);
- No editor *Properties*, separador **Object Data Properties**, no painel **Font** e sub-painel **Transform**, alterar o campo **Text on Curve** para “Forma Texto”;
- Colocar a curva em modo edição (TAB) e verificar que quando se altera a curva, o texto muda. É importante perceber que os tamanhos da curva e do texto têm implicações na forma como se dá essa mudança (por exemplo, uma curva pequena num texto grande pode afetar apenas parte do texto).

## 9. Usar elementos de outros ficheiros com extensão .blend

- O *Blender* permite que se importem modelos a partir de outros ficheiros com extensão “.blend”.
- Assim, pode-se criar um objeto, guardá-lo e depois reutilizá-lo noutros projetos.
- Para testar essa possibilidade:

- Ir ao menu **File→Append** e procurar o ficheiro do Blender “FCG\_02\_Modelacao\_C\_Append”;
- Entrar na pasta **Object** (dentro da estrutura do ficheiro aberto);
- Selecionar os objetos “Mesa” e “Cadeira”.

- No lado direito da janela, destacam-se as seguintes opções:
  - **Select** – Os objetos importados ficam automaticamente selecionados;
  - **Active Collection** – Os objetos são colocados automaticamente na *Collection* ativa do projeto que está a importar esses elementos.

- Clicar no botão **Append** para importar os objetos;
- Ir novamente ao **File→Append**, escolher o mesmo ficheiro e entrar na pasta **Object**;
- Selecionar o objeto “Jarra”;
- Desativar o botão **Active Collection**;
- Clicar no botão **Append**;
- Foi criada uma nova *collection* onde se encontra a Jarra.
- Colocar a Jarra na *collection* onde estão a mesa e a cadeira;
- Mover e redimensionar os objetos importados de modo a adequá-los ao projeto, colocando as letras em cima da mesa.

## 10. Extrusão a partir de Geometry Nodes

- Os *Geometry Nodes* permitem alterar a geometria de um objeto com operações baseadas em nós. Podem ser acedidos através da adição de um modificador com o mesmo nome (de forma direta, ou indireta).
- Para testar a sua utilização através de um exercício simples:

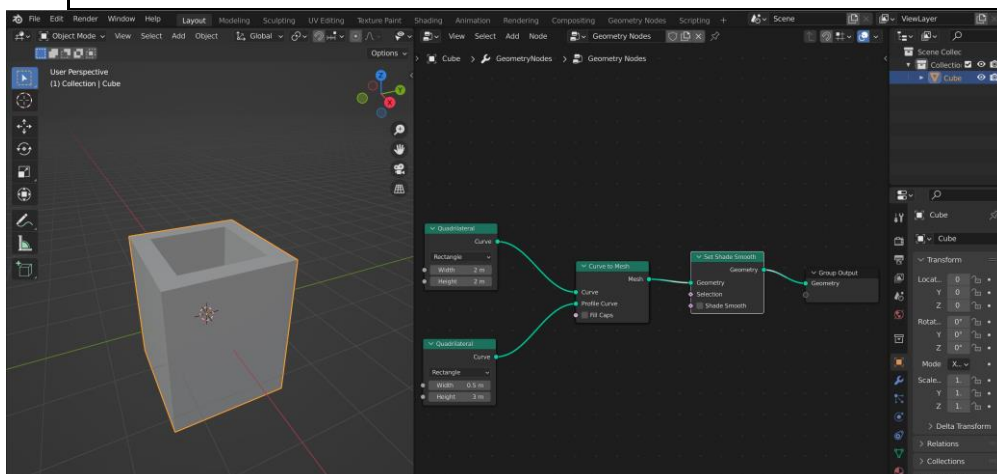
- Criar um novo ficheiro do Blender através de **File→New→General** e selecionar o *workspace Modeling*;
- Adicionar uma nova área na vertical através da opção **View→Area→Vertical Split** e, no canto superior esquerdo da nova área, mudar o tipo de editor para *Geometry Nodes Editor*;



- Neste editor, adicionar um novo *Geometry Node Group* pressionando o botão **New** do *Header*, ou através do ícone *Modifier Properties* (no editor *Properties*), selecionar a opção **Add Modifier** e escolher o modificador *Geometry Nodes* da coluna *Generate*;
- Eliminar o *Group Input* e adicionar uma curva primitiva do tipo Quadrilateral através de **SHIFT+A→Curve Primitives→Quadrilateral**;
- Ligar a saída **Curve** do *node Quadrilateral* à entrada **Geometry** do *node Group Output*;
- Adicionar um *node* do tipo *Curve to Mesh* através de **SHIFT+A→Curve→Curve to Mesh**;
- Ligar a saída **Curve** do *node Quadrilateral* à entrada **Curve** do *node Curve to Mesh*, e a saída **Mesh** deste último à entrada **Geometry** do *node Group Output*. Colocando o *node Curve to Mesh* entre os outros dois *nodes* estas ligações são feitas automaticamente.

- Ao editar os valores do *node Quadrilateral* pode-se controlar a largura (*weight*) e altura (*height*) da curva primária (quadrado);
- Para atribuir-lhe uma espessura, será necessário adicionar uma nova curva primitiva do tipo *Quadrilateral*. Para tal, no *Geometry Nodes Editor*:

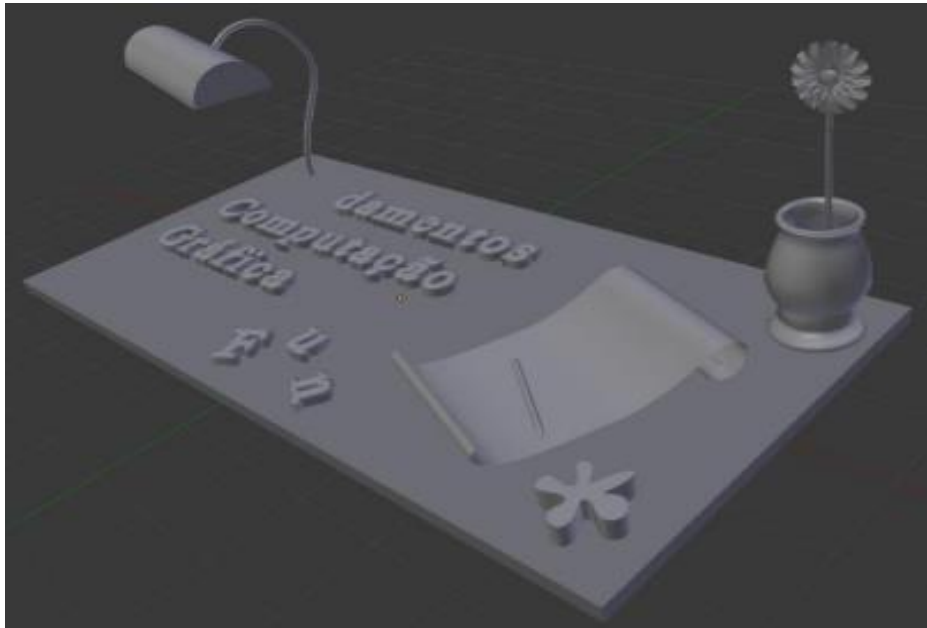
- Adicionar uma nova curva primitiva do tipo *Quadrilateral*, através de **SHIFT+A→Curve Primitives→Quadrilateral**;
- Ligar a saída **Curve** do novo *node Quadrilateral* à entrada **Profile Curve** do *node Curve to Mesh*;
- Ajustar os valores do novo *node Quadrilateral* para **0.5 m** de largura (*width*) e **3.5 m** de altura (*height*);
- Para suavizar a geometria no editor *3D Viewport* e na renderização, adicionar o *node Set Shade Smooth* (**SHIFT+A→Mesh→Set Shade Smooth**) e desativar a opção *Shade Smooth*;
- Finalizar, colocando este *node* entre os *nodes Curve to Mesh* e *Group Output* (ligações são estabelecidas automaticamente). O resultado obtido deverá ser semelhante ao da *figura 1*.



**Figura 1: Resultado**

## 11. Exercícios propostos

1. Modelar a cena 3D que se apresenta na *figura 2*, sabendo que esta tem os seguintes objetos:
  - A base é um cubo redimensionado;
  - O candeeiro é um único objeto composto por uma curva *Bézier* transformada em *mesh* e por um cilindro cortado ao meio;
  - A jarra é importada do ficheiro “FCG\_02\_Modelacao\_C\_Append”;
  - O conjunto de letras é um único objeto de texto, convertido em *mesh*. As letras “F”, “u” e “n” foram separadas da malha inicial e movidas de posição;
  - A folha de papel é uma curva *Bézier* com uma extrusão;
  - O lápiz é um único objeto, combinando a malha de um cilindro com a de um cone;
  - O objeto irregular no canto inferior direito é uma curva *Bézier* fechada e preenchida, transformada em *mesh* e à qual foi aplicada uma extrusão para ganhar volume.



**Figura 2:** Cena 3D a modelar

2. Modelar o copo que foi feito na aula passada (guião *FCG\_02\_Modelação\_B*), usando a técnica de *lofting*.
3. Modelar uma planta (caule e folhas) através do uso de Geometry Nodes, efetuando os passos que se seguem:

- Criar um novo projeto do Blender (**File→New→General**) e alterar o *workspace* para *Geometry Nodes*;
  - Adicionar um modificador do tipo *Geometry Nodes* ao cubo, através do editor *Properties*, separador *Modifier Properties*, opção *Add Modifier*, coluna *Generate*. Alternativamente, selecionar a opção **New** do *Header* do editor *Geometry Nodes*.

Em qualquer das situações, verificar que foi criado um novo *Geometry Node Group*;

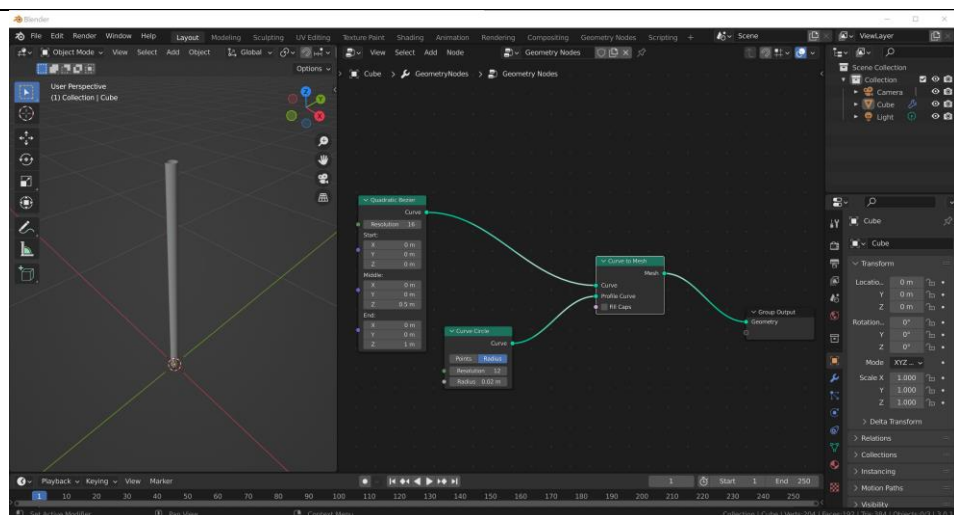
- Desfazer a ligação (a verde) entre os *nodes Group Input* e *Group Output* – pressionando o botão esquerdo do rato sobre a extremidade final da ligação e removendo-a;
- Adicionar um *node* do tipo *Quadratic Bezier*, através do menu **Add** (ou **Teclas SHIFT+A**)→**Curve Primitives**→**Quadratic Bezier**;
- Ligar a saída **Curve** do *node Quadratic Bezier* à entrada **Geometry** do *node Group Output*;
- Atribuir os seguintes valores aos campos do *node Quadratic Bezier*:

- Start: 0, 0, 0;
- Middle: 0, 0, 0.5;
- End: 0, 0, 1.

- Para poder atribuir uma espessura à curva, há que transformá-la em *mesh* através de **SHIFT+A**→**Curve**→**Curve to Mesh**;
- Ligar a saída **Curve** do *node Quadratic Bezier* à entrada **Curve** do *node Curve to Mesh*, e a saída **Mesh** deste último, à entrada **Geometry** do *node Group Output*.

- Para criar o caule da planta é necessário que este tenha uma forma circular. Para tal:

- Adicionar um novo *node* do tipo *Curve Circle*, através de **SHIFT+A**→**Curve Primitives**→**Curve Circle**;
- Ligar a saída **Curve** do *node Curve Circle*, à entrada *Profile Curve* do *node Curve to Mesh*;
- Para tornar o raio menor, alterar os valores de **Resolution** e **Radius** do *node Curve Circle* para **12** e **0.02m**. Verificar o resultado esperado a partir da *figura 3*.

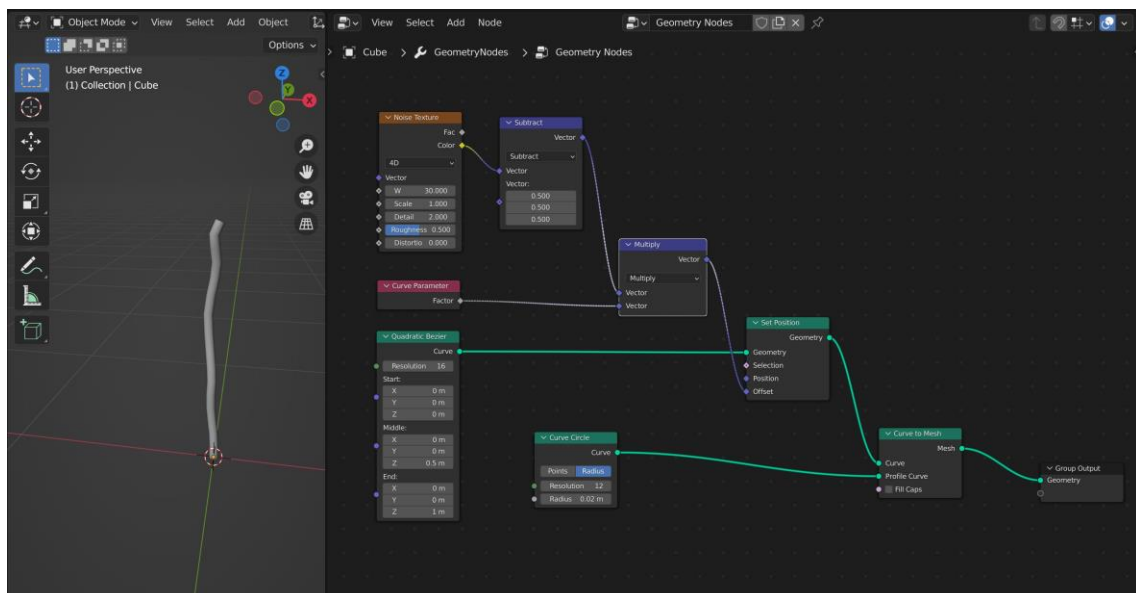


**Figura 3: Geometry Nodes – etapa 1**

- De forma a simular as irregularidades de uma planta, adicionar um *node* do tipo Noise Texture **SHIFT+A**→**Texture**→**Noise Texture**;

Para além deste, adicionar outros *nodes* que serão necessários para manipular corretamente a posição, nomeadamente:

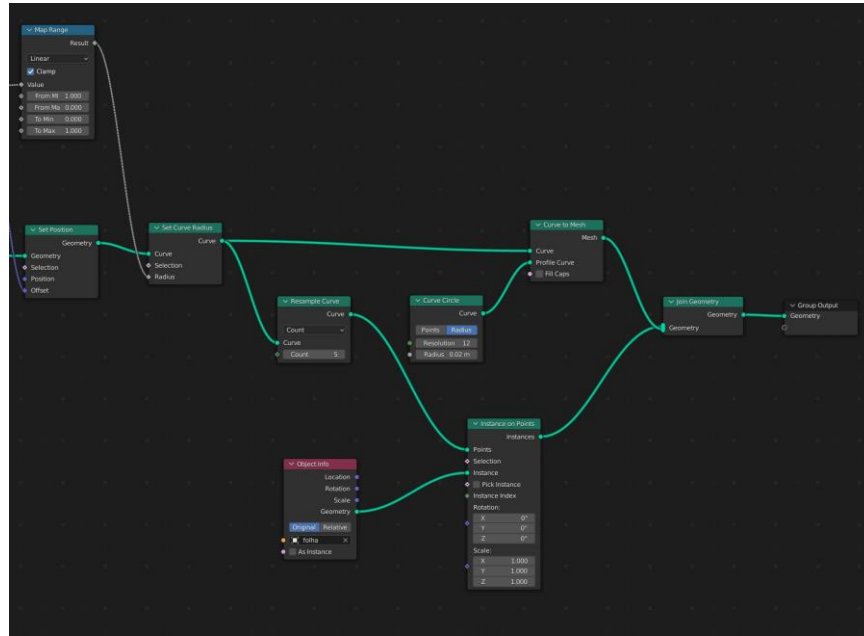
- **SHIFT+A→Geometry→Set Position** (controla a localização de cada ponto);
- **SHIFT+A→Curve→Curve Parameter** (gera a distância de um ponto ao longo de uma curva, como um valor entre 0 e 1);
- **SHIFT+A→Vector→Vector Math** (executa a operação matemática selecionada sobre os valores de entrada. Escolher operação Subtract para subtrair esses valores);
- **SHIFT+A→Vector→Vector Math** (executa a operação matemática selecionada sobre os valores de entrada. Escolher operação Multiply para multiplicar esses valores);
- Proceder às ligações das entradas/saídas dos *nodes*, bem como às alterações de parâmetros, de acordo com a *figura 4*;



**Figura 4:** Geometry Nodes – etapa 2

- Para adicionar irregularidade ao raio da curva, adicionar o *node Set Curve Radius* (**SHIFT+A→Curve→Set Curve Radius**) e inseri-lo entre os *nodes Curve to Mesh* e *Set Position*;
- Em seguida, criar uma ligação entre o *node Curve Parameter* e o novo *node Set Curve Radius* através do parâmetro **Radius**. No entanto, com esta configuração, o caule da planta fica com um aspeto exatamente oposto ao que devia ter, uma vez que o valor de saída do *node Curve Parameter* é 0 no ponto de origem e 1 no topo da curva;

- Para resolver este “problema”, adicionar um *node Map Range* (**SHIFT+A →Utilities→Map Range**), o qual permite inverter os valores mencionados (que se pretende que sejam 1 na origem e 0 no final da curva). Para tal:
    - Ligar a saída **Factor** do *node Curve Parameter* à entrada **Value** do *node MapRange*, e a saída **Result** deste último, à entrada **Radius** do *node Set Curve Radius*;
    - Alterar os parâmetros **From Min** para 1.000 e **From Max** para 0.000.
- Agora que o caule está pronto, há que adicionar folhas à planta. Para essa finalidade:
  - Através da opção **File→Append** aceder ao ficheiro “folha.blend”;
  - Na pasta **Mesh** seleccionar o objeto *Plane* e carregar em **Append**;
  - Verificar que surgiu um novo objeto (com a forma de uma folha) no editor *3D Viewport*;
  - No *Outliner*, alterar o nome desse objeto para “Folha”.
  - Com o caule seleccionado, arrastar o objeto “Folha” do *Outliner* para o *Geometry Nodes Editor*;
  - Verificar que foi criado um novo *node* do tipo *Object Info* com informação da “Folha”.
- As instâncias são uma forma rápida de adicionar a mesma geometria a uma cena muitas vezes, sem duplicar os dados subjacentes. No caso da planta, a folha será adicionada um determinado nº repetido de vezes.
  - Adicionar um novo *node* do tipo *Instance on Points* (**Add→Instances→Instances on Points**);
  - Ligar a saída **Geometry** do *node Object Info*, à entrada **Instance** do *node Instance on Points*;
  - Para controlar o número de folhas, criar um novo *node* do tipo *Resample Curve* (**Add→Curve→Resample Curve**);
  - Ligar a saída **Curve** do *node Set Curve Radius* à entrada **Curve** do *node Resample Curve*, e a saída **Curve** deste último, à entrada **Points** do *node Instance on Points*;
  - De forma a ser possível ligar a saída do *node Instance on Points* ao *Group Output*, adicionar o *node Join Geometry* (**Add→Geometry→Join Geometry**);
  - Ligar as saídas **Instance** e **Mesh** dos *nodes Instance Points* e *Curve to Mesh*, respetivamente, à entrada **Geometry** do *node Join Geometry*;
  - Verificar se ligações estão conforme a figura 5.



**Figura 5:** Geometry Nodes – etapa 3

- No editor *3D Viewport* é possível verificar que as folhas estão na vertical, pelo que é necessário aplicar-lhe uma rotação.
- A alteração dos valores de rotação diretamente no *node Instance Points*, não produz o resultado pretendido (como facilmente poderá constatar). Com efeito, torna-se necessário alinhar o objeto com algo. Para resolver o problema:

- Adicionar um *node* do tipo *Align Euler to Vector* (**Add→Utilities→Align Euler to Vector**) entre os *nodes* *Object Info* e *Instance on Points*;
- Ligar a saída **Rotation** do *node* *Object Info* à entrada **Rotation** do *node* *Align Euler to Vector* e a saída **Rotation** deste último, à entrada **Rotation** do *node* *Instance on Points*;
- No *node* *Align Euler to Vector*, selecionar o eixo Y e manter os valores de *Vector* com (0,0,1).

- Para que as folhas sigam a irregularidade do caule:

- Adicionar um *node* do tipo *Curve Tangent* (**Add→Curve→Curve Tangent**);
- Ligar a saída **Tangent** (do *node* *Curve Tangent*) à entrada **Vector** (do *node* *Align Euler to Vector*);
- Criar um *node* do tipo *Rotate Instances* (**Add→Instances→Rotate Instances**) para adicionar rotação às folhas, posicionando-o entre os *nodes* *Instance on Points* e *Join Geometry*. Desta forma, as ligações das entradas/saídas, será feita automaticamente.

- O *node* *Rotate Instances* vai controlar a rotação de todas as folhas, o que torna impossível criar o efeito irregular desejado. Para o obter:

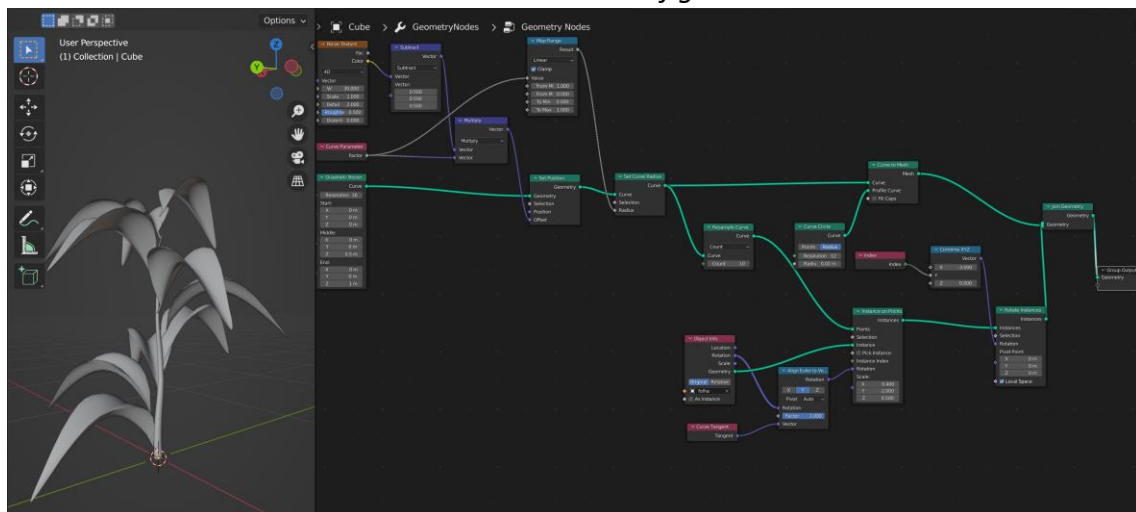
- Adicionar um *node* do tipo *Index* (**Add→Input→Index**) que atribui um novo valor a cada ponto e, para conseguir obter um resultado mais controlado, ligar a sua saída ao **eixo Y** de um *node* do tipo *Combine XYZ*

(Add→Vector→Combine XYZ). Por sua vez, ligar a saída deste *node* à entrada **Rotation** do *node Rotate Instances*.

- Para concluir, modificar os valores dos parâmetros de alguns dos *nodes*, nomeadamente:

- Colocar o parâmetro *Count* do *node Resample Curve* com valor 10 (equivalente a adicionar 10 folhas);
- Alterar os valores do parâmetro *Scale* do *node Instance on Points* para (0.400; -2.000; 0.500);
- Alterar o valor do parâmetro X do *node Combine XYZ* para -3.000;

- O resultado final deverá ser semelhante ao da *figura 6*.



**Figura 6:** Geometry Nodes - Resultado final