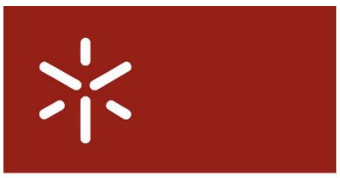


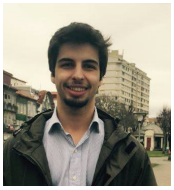
Universidade do Minho

Computação Gráfica

MIEI - 3º ano - 2º semestre
Universidade do Minho

Trabalho Prático - Parte 2


Guilherme Guerreiro
A73860


Dinis Peixoto
A75353


Ricardo Pereira
A74185


Marcelo Lima
A75210

16 de Novembro de 2017

Conteúdo

1. *Introdução*

1.1 Contextualização

Foi-nos proposto, no âmbito da UC Computação Gráfica, a criação de um mini mecanismo 3D baseado num cenário gráfico sendo que para isso teríamos de utilizador várias ferramentas apresentadas nas aulas práticas entre as quais C++ e OpenGL.
Este trabalho foi dividido em quatro partes, sendo esta a segunda fase que tem como objetivo a criação de cenários hierárquicos usando transformações geométricas tendo como finalidade a criação de um modelo estático do Sistema Solar.

1.2 Resumo

Visto que esta se trata da segunda parte do projeto prático, é natural que se mantenham algumas das funcionalidades criadas na primeira parte e, por outro lado, algumas delas sejam alteradas, de modo a cumprir com os requisitos necessários.
Assim, a principal mudança que surge nesta fase está inteiramente relacionada com a forma como o engine, previamente criado na fase anterior, lê e processa a informação contida nos ficheiros XML que irá receber.
A estrutura destes ficheiros sofre uma grande mudança, agora, em vez de estes conterem unicamente o nome dos ficheiros com as primitivas que se pretende exibir, estes contêm a formação de diversos grupos hierárquicos com esses mesmos ficheiros. Estes grupos têm associado a si diversas transformações geométricas (*translate*, *rotate* e *scale*) que serão responsáveis pelo modo como cada uma das primitivas, previamente criadas na fase anterior, são exibidas.
Deste modo, como é óbvio, vai ser necessário, não só alterar a forma como o nosso engine lê estes mesmos ficheiros, como também a forma como este processa essa mesma informação. Assim, será necessária a criação de novas classes que terão como objetivo armazenar e relacionar esta mesma informação.
Tudo isto tem como finalidade conseguirmos gerar e exibir primitivas gráficas que, no seu conjunto, representem um modelo estático do Sistema Solar. Desta forma, para além dos requisitos mínimos exigidos, decidimos implementar algumas funcionalidades extra como a inclusão da primitiva gráfica Torus para uma representação mais realista de Saturno , além da implementação da funcionalidade Cor, que irá acompanhar as restantes transformações gráficas e ainda de uma interação na 3ª pessoa com a aplicação permitindo o utilizador navegar livremente pelo cenário criado.

2. *Arquitetura do código*

Tendo em mente a continuação do trabalho desenvolvido na fase anterior, mantemos as duas aplicações principais previamente desenvolvidas **gerador** e **engine**, sendo este último alvo de algumas modificações mais acentuadas tendo em vista o cumprimento dos requisitos necessários.

2.1 Aplicações

Nesta secção são apresentadas as aplicações fundamentais que permitem gerar e exibir os diferentes cenários pretendidos. Uma vez que houve alteração da estrutura dos ficheiros de configuração escritos em XML, foi indiscutivelmente necessário alterar a forma como o engine processa esses mesmos ficheiros.

2.1.1 Gerador

generator.cpp - Tal como explicado na fase anterior, esta é a aplicação onde estão definidas as estruturações das diferentes formas geométricas a desenvolver de forma a gerar os respetivos vértices. Para além das primitivas gráficas desenvolvidas na fase anterior, o grupo decidiu acrescentar a primitiva **Torus**, e como tal, foi necessário acrescentar ao Gerador novas funcionalidades que lhe permitissem gerar esta mesma primitiva. Tudo o resto se manteve idêntico ao previamente desenvolvido na fase anterior.

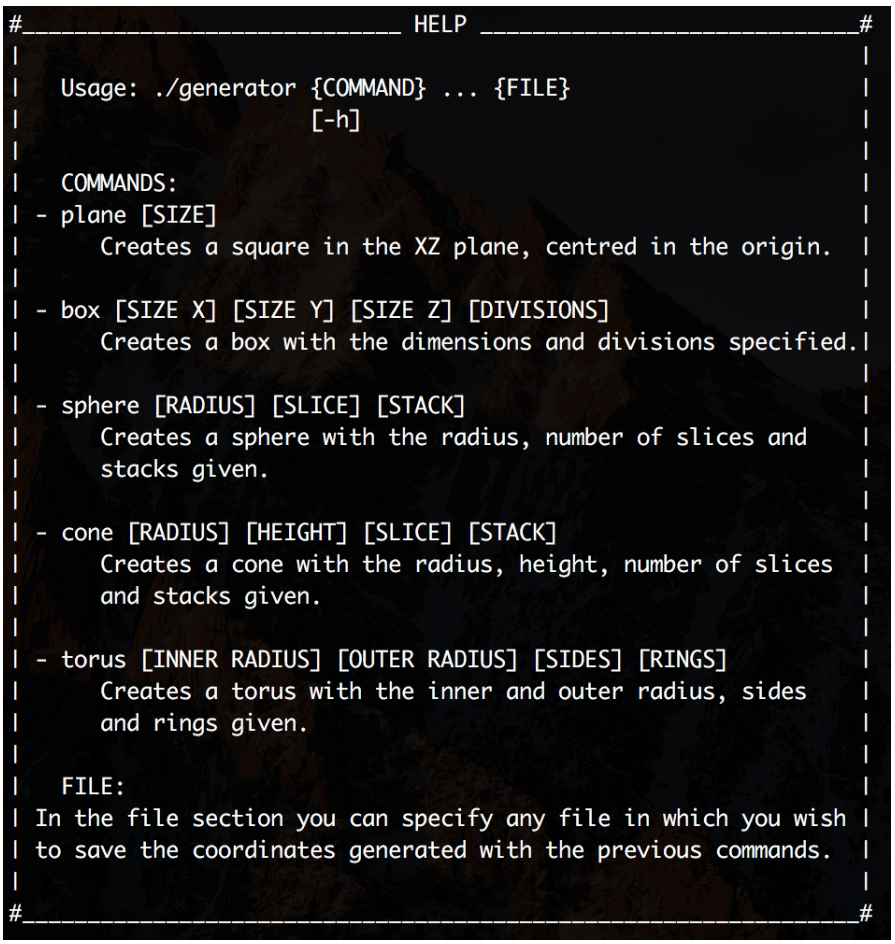


Figura 2.1: Menu de ajuda do Generator.

2.1.2 Motor

engine.cpp - Tal como anteriomente, esta é a aplicação que possui as funcionalidades principais. Permite a apresentação de uma janela exibindo os modelos pretendidos e ainda a interação com estes através de diversos comandos. Com alteração na estrutura do ficheiro XML, foi necessário alterar o método que está por trás do parsing, o qual será explicado mais adiante. Consequentemente, como passarão a existir grupos de primitivas com informações associadas, obviamente que é necessário armazenar a informação de maneira diferente, sendo esta renderizada pelo GLUT também de uma forma distinta da fase anterior.

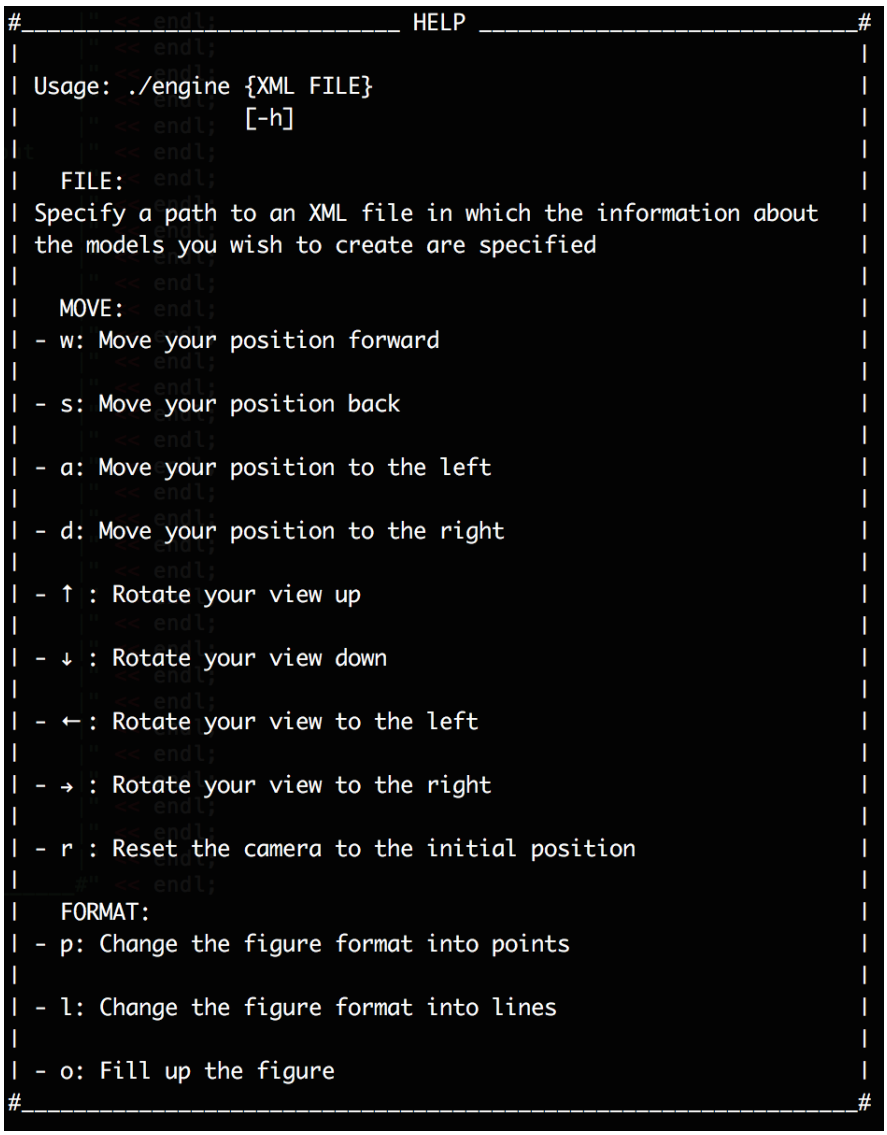


Figura 2.2: Menu de ajuda do Engine.

2.2 Classes

Para além das classes anteriormente criadas **Vertex** e **Shape**, o grupo decidiu criar 5 novas classes. Surge assim uma classe para cada transformação geométrica(**Translation**, **Rotation** e **Scale**) que armazenam a informação das mesmas, a classe **Colour**, e por último, a classe **Group**, que irá armazenar um conjunto de Formas, associando-as às respectivas transformações geométricas.

Todas as classes apresentadas de seguida possuem:

- Variáveis de instância;
- Construtores;
- Getters;

- Setters.

2.2.1 Vértice/Ponto

Vertex.h - Classe que guarda um ponto necessário para a constituição de um triângulo, através da definição das suas coordenadas (x,y,z).

```
#ifndef __VERTEX_H__
#define __VERTEX_H__
#include <string>
using namespace std;

class Vertex{

    float x;
    float y;
    float z;

    public:
        Vertex();
        Vertex(float,float,float);
        float getX();
        float getY();
        float getZ();
        string print();
        virtual ~Vertex(void);
};

#endif
```

Figura 2.3: Apresentação do ficheiro Vertex.h.

2.2.2 Forma

Shape.h - Classe que guarda todo o conjunto de pontos necessários à representação de um determinado modelo, contendo, desta maneira, um *vector<Vertex*>*, ou seja, um **conjunto de vértices** (*Vertex*).

```
#ifndef __SHAPE_H__
#define __SHAPE_H__
#include <string>
#include <vector>
#include "Vertex.h"

using namespace std;

class Shape{

    string name;
    vector<Vertex*> vertex_list;

    public:
        Shape();
        Shape(string,vector<Vertex*>);
        string getName();
        vector<Vertex*> getVertexList();
        virtual ~Shape();
};

#endif
```

Figura 2.4: Apresentação do ficheiro Shape.h.

2.2.3 Translação

Translation.h - Classe que armazena toda a informação necessária à execução de uma translação, sendo portanto obrigatória a existência das variáveis de instância *x, y e z*, representando o **vector aplicado na translação**.

```
#ifndef __TRANSLATION_H__
#define __TRANSLATION_H__

class Translation{

    float x;
    float y;
    float z;

    public:
        Translation();
        Translation(float,float,float);
        float getX();
        float getY();
        float getZ();
        void setX(float);
        void setY(float);
        void setZ(float);
        Translation* clone() const;
        virtual ~Translation();
};

#endif
```

Figura 2.5: Apresentação do ficheiro Translation.h.

2.2.4 Rotação

Rotation.h - Classe que armazena toda a informação pertinente à execução de uma rotação, sendo, assim, necessária a existência das mesmas variáveis que na

situação anterior (x, y e z), representando o **vector de aplicação** e ainda uma variável **ângulo** correspondendo ao ângulo de rotação sobre o vector.

```
#ifndef __ROTATION_H__
#define __ROTATION_H__

class Rotation{

    float angle;
    float x, y, z;

    public:
        Rotation();
        Rotation(float,float,float,float);
        float getAngle();
        float getX();
        float getY();
        float getZ();
        void setAngle(float);
        void setX(float);
        void setY(float);
        void setZ(float);
        Rotation* clone() const;
        virtual ~Rotation();
};

#endif
```

Figura 2.6: Apresentação do ficheiro Rotation.h.

2.2.5 Escala

Scale.h - Classe que armazena toda a informação necessária à execução de um redimensionamento , como tal, são necessárias três variáveis representativas das **dimensões** (em relação às originais) sobre cada um dos diferentes eixos.

```
#ifndef __SCALE_H__
#define __SCALE_H__

class Scale{

    float x;
    float y;
    float z;

    public:
        Scale();
        Scale(float,float,float);
        float getX();
        float getY();
        float getZ();
        void setX(float);
        void setY(float);
        void setZ(float);
        Scale* clone() const;
        virtual ~Scale();
};

#endif
```

Figura 2.7: Apresentação do ficheiro Scale.h.

2.2.6 Cor

Colour.h - Classe que armazena informação relevante para a alteração de cor durante a renderização das figuras pretendidas. Uma vez que a cor é processada segundo o **modelo RGB** são necessárias três variáveis de instância, uma para cada cor (*Red*, *Green* e *Blue*).

```
#ifndef __COLOUR_H__
#define __COLOUR_H__

class Colour{

    float r;
    float g;
    float b;

    public:
        Colour();
        Colour(float,float,float);
        float getR();
        float getG();
        float getB();
        void setR(float);
        void setG(float);
        void setB(float);
        Colour* clone();
        virtual ~Colour();

};

#endif
```

Figura 2.8: Apresentação do ficheiro Colour.h.

2.2.7 Grupo

Group.h - Classe cuja função é armazenar toda a informação correspondente a um determinado grupo. Esta será utilizada aquando leitura dos ficheiros input, em *XML*, na medida que, a cada grupo lido e interpretado, corresponderá um objeto *Group* com informação relativa ao seu **identificador** (*id*), às **formas/modelos** incluídos (*group_shapes*), às transformações relativas ao mesmo, desde **translações** (*translation*), **rotações** (*rotation*), **redimensionamentos** (*scale*) e ainda às mudanças de **cor** (*colour*). Por fim apresentará também a lista dos grupos contidos neste, denominados por **grupos-filho** (*group_childs*).

```
#ifndef __GROUP_H__
#define __GROUP_H__

#include <string>
#include <vector>
#include "Shape.h"
#include "Translation.h"
#include "Rotation.h"
#include "Scale.h"
#include "Colour.h"

using namespace std;

class Group{

    int id;
    vector<Shape*> group_shapes;
    vector<Group*> group_childs;
    Translation* translation;
    Rotation* rotation;
    Scale* scale;
    Colour* colour;

    public:
        Group();
        Group(int);
        Group(vector<Shape*>, vector<Group*>, Translation*, Rotation*, Scale*, Colour*);
        int getID();
        vector<Shape*> getShapes();
        vector<Group*> getChilds();
        Translation* getTranslation();
        Rotation* getRotation();
        Scale* getScale();
        Colour* getColour();
        void setShapes(vector<Shape*>);
        void setChilds(vector<Group*>);
        void setTranslation(Translation*);
        void setRotation(Rotation*);
        void setScale(Scale*);
        void setColour(Colour*);
        void addChild(Group*);
        virtual ~Group();
};

#endif
```

Figura 2.9: Apresentação do ficheiro Group.h.

2.3 Ficheiros auxiliares

2.3.1 Figures

É neste ficheiro, **Figures.h**, que se encontram todos os métodos de criação de formas, isto é, todos os métodos utilizados pelo *generator* durante a criação de uma dada figura, das disponíveis pelo mesmo (plano, paralelipípedo, cone, esfera e ainda, cilindro).

```
#ifndef __FIGURES_H__
#define __FIGURES_H__
#include <string>
using namespace std;

#define _USE_MATH_DEFINES
#include <math.h>
#include "Vertex.h"
#include <vector>
using namespace std;

vector<Vertex*> createPlane(float size);
vector<Vertex*> createBox(float x, float y, float z, int div);
vector<Vertex*> createCone(float radius, float height, int slice, int stack);
vector<Vertex*> createSphere(float radius, int slice, int stack);
vector<Vertex*> createCylinder(float radius, float height, int slice, int stack);


#endif
```

Figura 2.10: Apresentação do ficheiro Figures.h.

2.3.2 Parser

O ficheiro **Parser.h** contém todos os métodos imprescindíveis ao parsing dos ficheiros que servem de input à aplicação *engine*. Através de um algoritmo, que será explicado adiante, a conjunção destes métodos com a ferramente *tinyxml* é capaz de ler e interpretar qualquer ficheiro *XML* de modo a armazenar a informação relevante, presente no mesmo, em estruturas apropriadas, contendo referências aos ficheiros modelo e às transformações aplicadas nestes.

```
#ifndef __PARSER_H__
#define __PARSER_H__

#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <vector>
#include <sstream>
#include "tinyxml2.h"
#include "Shape.h"
#include "Group.h"
#include "Vertex.h"

using namespace std;
using namespace tinyxml2;

void updateTranslation(XMLElement*, Group*);
void updateRotation(XMLElement*, Group* );
void updateScale(XMLElement*, Group* );
void exploreElement(XMLElement*, Group*);
vector<Shape*> exploreModels(XMLElement* );
vector<Vertex*> readFile(string);
Group* hereditaryChild(Group*);
Group* parseXML(char*);


#endif
```

Figura 2.11: Apresentação do ficheiro Parser.h.

2.3.3 tinyxml2

tinyxml2.h - Ferramenta utilizada para auxiliar no parsing dos ficheiros *XML* de modo a explorar o seu conteúdo.

3. *Generator*

O Gerador, tal como na fase anterior, é responsável por gerar ficheiros que contêm o conjunto de vértices das primitivas gráficas que se pretende gerar, conforme os parâmetros escolhidos. A única mudança que ocorreu nesta transição de fases foi a inclusão de uma nova primitiva, o *Torus*, passando assim a fazer parte do conjunto das 6 primitivas geométricas que o gerador está apto a gerar.

3.1 Primitiva geométrica: *Torus*

Um *Torus* é um sólido geométrico que apresenta o formato aproximado de uma câmara de pneu. Em geometria, pode ser definido como o lugar geométrico tridimensional formado pela rotação de uma superfície circular plana de raio interior, em torno de uma circunferência de raio exterior. Como tal, os parâmetros para gerar um Torus são **r** (raio interior), **R** (raio exterior), **nrings** (número de divisões radiais) e **nsides** (número de lados por cada secção radial).

3.1.1 Algoritmo

Para a construção do *Torus* é preciso considerar que a sua constituição baseia-se nos raios interior e exterior. Para tal, é preciso definir que eixos vão ficar responsáveis para definir as circunferências que vamos percorrer para poder desenhar o *Torus*. Com isto, os eixos Y e X definem uma circunferência com o raio exterior **R** , e os eixos X, Y e Z definem uma circunferência com o raio interior **r**.

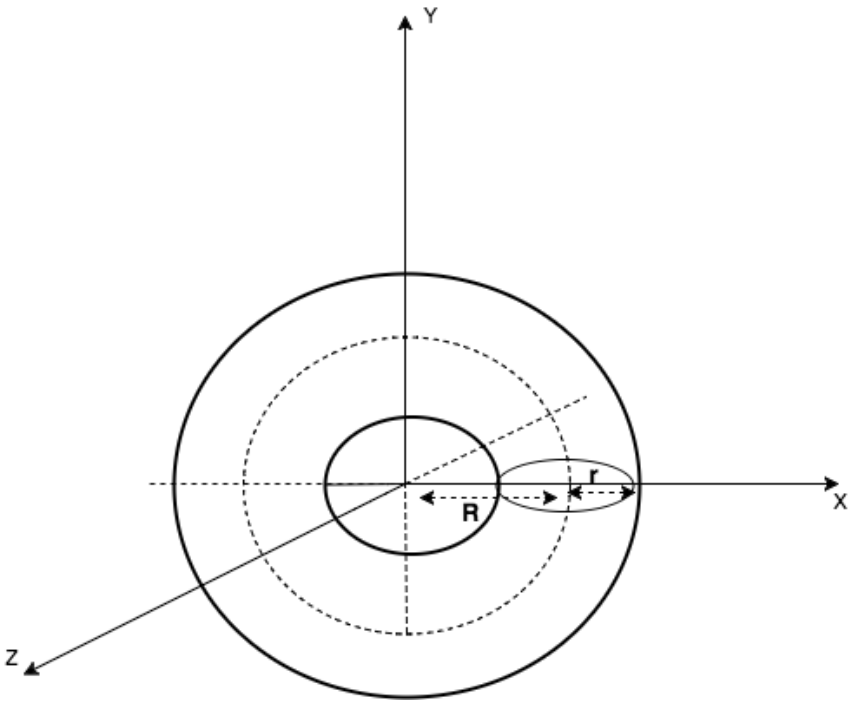


Figura 3.1: Ilustração do formato do *Torus* (vista por cima).

Para uma melhor visualização do método de construção do *Torus*, fizemos uma rotação nos eixos, obtendo a seguinte ilustração:

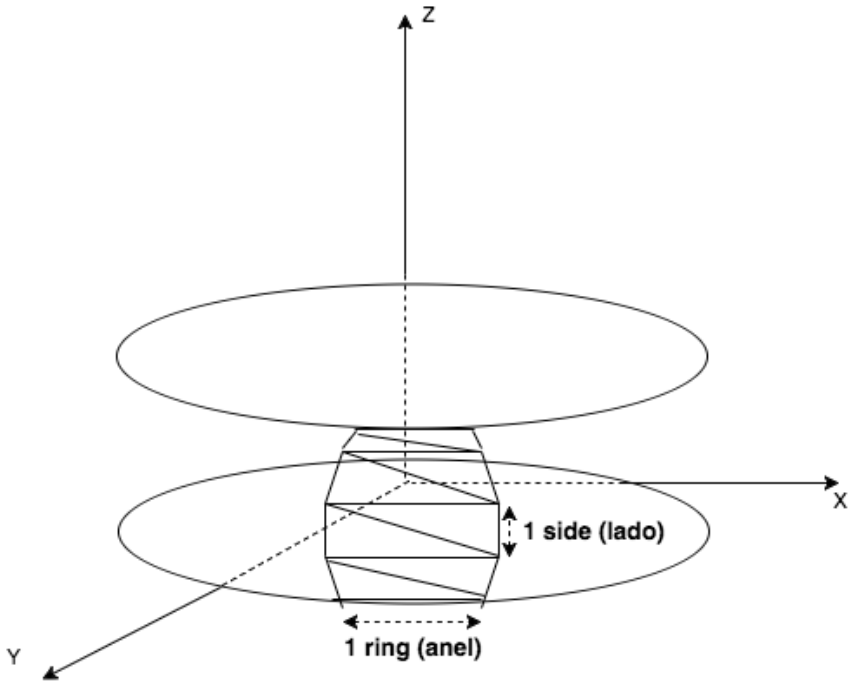


Figura 3.2: Ilustração da construção do *Torus* (vista em frente)

Para podermos iterar através das circunferências definidas, temos que recorrer aos parâmetros rings e sides (que dividem as respectivas circunferências em várias partes), onde cada porção é definida pelo uma amplitude dada por :

dimSide = (2*M_PI)/sides
dimRing = (2*M_PI)/rings

Desta forma, com auxilio das funções *cos* e *sin*, podemos obter facilmente os pontos que formem as circunferências. O desenho inicia-se (i=0) por definir os pontos:

x0 (cos(i*dimRing))
y0 (sin(i*dimRing))
x1 (cos((i+1)*dimRing))
y1 (sin((i+1)*dimRing))

Os pontos x0 e y0 representam os pontos de referência de amplitude e x1 e y1 os próximos pontos (próximo anel ao incrementar a amplitude), em relação à circunferência do raio externo. Desta forma, passamos a desenhar entre estes dois limitadores um anel, como representado na figura acima. Para tal, do mesmo modo que percorremos a circunferência externa, percorremos a circunferência interna, isto é, adicionamos dimSide em cada interação, para dar a volta à circunferência interna. Para definir os pontos reais, basta obter os seguinte valores:

r = radiusIn * cos(j*dimSide) + radiusOut
z = radiusIn * sin(j*dimSide)

O valor de r é o afastamento em relação ao centro, isto é, factor que afasta os pontos do centro, adicionando o raio externo, para que todos os pontos estejam para lá desse valor, e o raio interno multiplicado por cos(j*dimSide), para definir o ponto da circunferência externa.
O mesmo acontece com o valor z, para as coordenadas do eixo Z, que apenas precisam do valor do raio interno multiplicado por sin(j*dimSide), porque o desvio do raio externo só se aplica aos eixos X e Y.
Por fim, basta multiplicar o valor r (factor) pelos pontos x0,y0,x1 e y1, para obtermos as coordenadas dos pontos no *Torus*. Tendo os pontos, já definidos, pasta formar os triângulos, selecionando três pontos no sentido contrário ao relógio. Com isto, as iterações baseiam-se em cada anel (conjunto de 2 limitadores), iterar (adicionar dimSide), e aplicar o mesmo processo de desenho.
Terminando a circunferência interna, itera-se a amplitude da circunferência externa (adicionar dimRing), e repetir o mesmo processo até completar a circunferência externa toda.

4. *Engine*

O motor (ou *engine*) é responsável por receber ficheiros de configuração escritos em XML. Na primeira fase, o funcionamento deste era simplesmente reconhecer e apresentar o conteúdo dos ficheiros modelo presentes neste ficheiro de configuração. Na segunda fase foram feitas algumas alterações, sendo agora possível renderizar tanto o conteúdo dos ficheiros modelo como as respectivas transformações geométricas associadas a estes, apresentado-as no fim como um cenário ao utilizador.

4.1 Processo de leitura

Todo o processo de leitura efetuado pelo engine encontra-se, tal como anteriormente foi referido, no ficheiro auxiliar **Parser.h**. Este processo é iniciado quando fornecido um ficheiro XML como input à própria aplicação engine.
Posteriormente, este é explorado recursivamente através da função *exploreElement(XMLElement*,Group*)*, que recebe, a cada chamada, o elemento do XML que se encontra a explorar e o grupo onde toda a informação recolhida será armazenada. Explicaremos então, mais detalhadamente todo o processo recursivo efetuado nesta mesma função.

Na primeira chamada desta é-lhe atribuído como input o primeiro filho do elemento *scene* no ficheiro XML, que idealmente será um grupo, além deste será também atribuído o grupo inicial, representando todo o conteúdo do elemento *scene*.
Prosseguindo com o percurso da *exploreElement* será testado se o elemento a interpretar corresponde a um dos parâmetros relacionados com transformações, em caso positivo, será encaminhado para a função respetiva (*updateTranslation, updateRotation, updateScale* ou *updateColour*), cujo objetivo será guardar a informação contida nestes elementos na estrutura do grupo que estamos de momento a explorar.
Caso o elemento atual não corresponda a uma transformação resta apenas verificar se é uma lista de modelos ou um grupo-filho. No primeiro caso é chamada a função *exploreModels* que irá ler todos os ficheiros modelos, fazendo para cada, através da função *readFile*, uma forma *Shape* cujo conteúdo serão os pontos que constituem o ficheiro modelo lido. Esta *Shape* é posteriormente adicionada à lista de formas do grupo atual, mantendo assim a informação deste sempre atualizada.
No segundo caso, ao encontrarmos um grupo-filho, devemos criar um novo objeto *Group*, adicionando-o à lista de grupos-filho do grupo atual, de modo a criar a hierarquia pretendida, chamando de seguida a função *exploreElements* recursivamente e fornecendo-lhe como input o grupo-filho récem-criado.

Se por alguma exceção o elemento a explorar não corresponder a nenhum destes, o algoritmo prossegue para o elemento-irmão ignorando o respectivo elemento.

4.2 Estruturas de dados

Através do algoritmo descrito na seção anterior facilmente concluímos qual será a estrutura de dados necessária para armazenar toda a informação recolhida durante o *parsing*. Desta forma, optamos por identificar cada grupo através de um **ID** sendo, para isso, necessária a existência de uma variável global na aplicação capaz de contabilizar o total de grupos até ao momento criados.
Foi também necessário criar uma lista (*vector*) de formas/modelos - **group_shapes** - sendo que cada um destas conterá os pontos disponíveis para construir as figuras desejadas.
Tendo em conta a importância da hierarquia no ficheiro de configuração, foi indispensável a criação de uma lista de grupos-filho, capazes de herdar as transformações aplicadas ao grupo-pai, daí a existência do **group_childs**.
Por fim, e para dar como concluída a estrutura de dados de um grupo, restava apenas associar os quatro objetos representantes de cada uma das quatro transformações disponíveis: translação (**translation**), rotação (**rotation**), redimensionamento (**scale**) e, por último, a mudança de cor (**colour**).

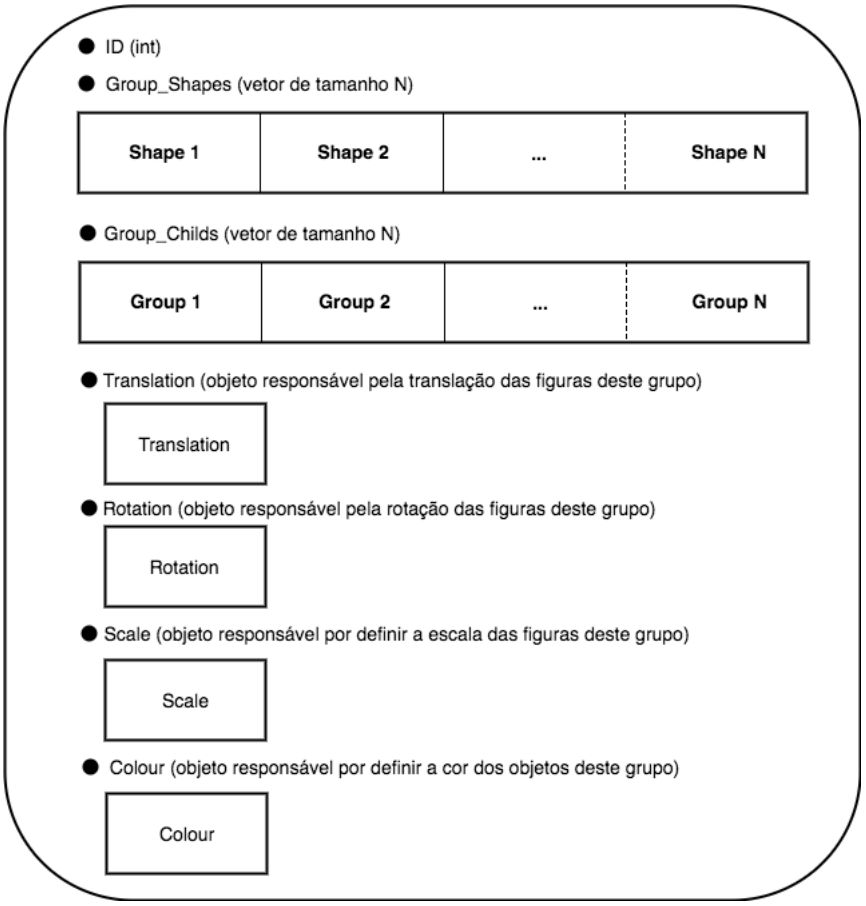


Figura 4.1: Representação da estruturação de dados de cada grupo.

4.3 Processo de renderização

Tal como vimos na secção anterior, o primeiro grupo criado aquando o parsing do ficheiro de configuração corresponde ao elemento *scene* do XML e portanto, onde se encontram todos os restantes grupos cuja informação será renderizada. Assim, este grupo funciona como variável global de toda a aplicação uma vez que através deste conseguimos alcançar todos os restantes grupos, que são nada mais que os seus grupos-filho.
A função responsável pela renderização do conteúdo tem o nome *renderScene*, esta é idêntica à apresentada na 1ª fase com uma simples alteração. Agora, ao invés de percorrer todas as formas armazenadas globalmente, esta chama a função recursiva *renderGroup*, que é a chave de todo este processo de renderização.
A função *renderGroup* recebe um único argumento do tipo *Group** e facilmente percebemos que na sua primeira chamada este argumento corresponde à variável global *scene*. Uma vez que serão efetuadas transformações geométricas, ou seja, uma vez que a matriz de transformação será alterada, deve-se primeiramente guardar o estado inicial desta e, logo após as alterações pretendidas este estado deve ser reposto, daí a utilização dos métodos *glPushMatriz()* e *glPopMatrix()*, no ínicio e no fim da função, respectivamente.
De seguida, e antes de começar a *desenhar*, é necessário aplicar as transformações previamente recolhidas para o grupo em questão, por isso são verificadas quais as transformações contidas e em caso positivo são realizadas, segundo os parâmetros dados. É de notar que, no caso da mudança de cor, que o grupo optou por fazer como extra para uma aproximação mais realista dos planetas do Sistema Solar, as cores seguem o modelo RGB com, para cada uma das três cores, valores de 0 a 255, estes valores são convertidos para valores de 0 a 1 de modo a ser possível aplicar a função *glColor3f*.
Efetuadas as transformações resta percorrer todas as formas/modelos incluídos no grupo em questão e, para cada um destes, desenhar sequencialmente os pontos de modo a conseguir triângulos capazes de demonstrar a figura inicialmente pretendida.
Por fim a função é chamada recursivamente para cada um dos grupos-filho do atual, renderizando assim toda a informação contida no ficheiro de configuração.

5. *Análise de Resultados - Sistema Solar*

O resultado final correspondeu ao esperado pelo grupo, todos os planetas foram representados à escala de modo a criar uma perceção semelhante à realidade. As suas cores foram também alteradas e foram ainda incluídos alguns satélites naturais sempre com o intuito de aproximar o resultado final ao Sistema Solar real.
Houve ainda algumas preocupações quanto à disposição dos planetas, estes não foram colados em linha reta, criando a sensação do movimento translacional a que estão sujeitos.

5.1 Visualização

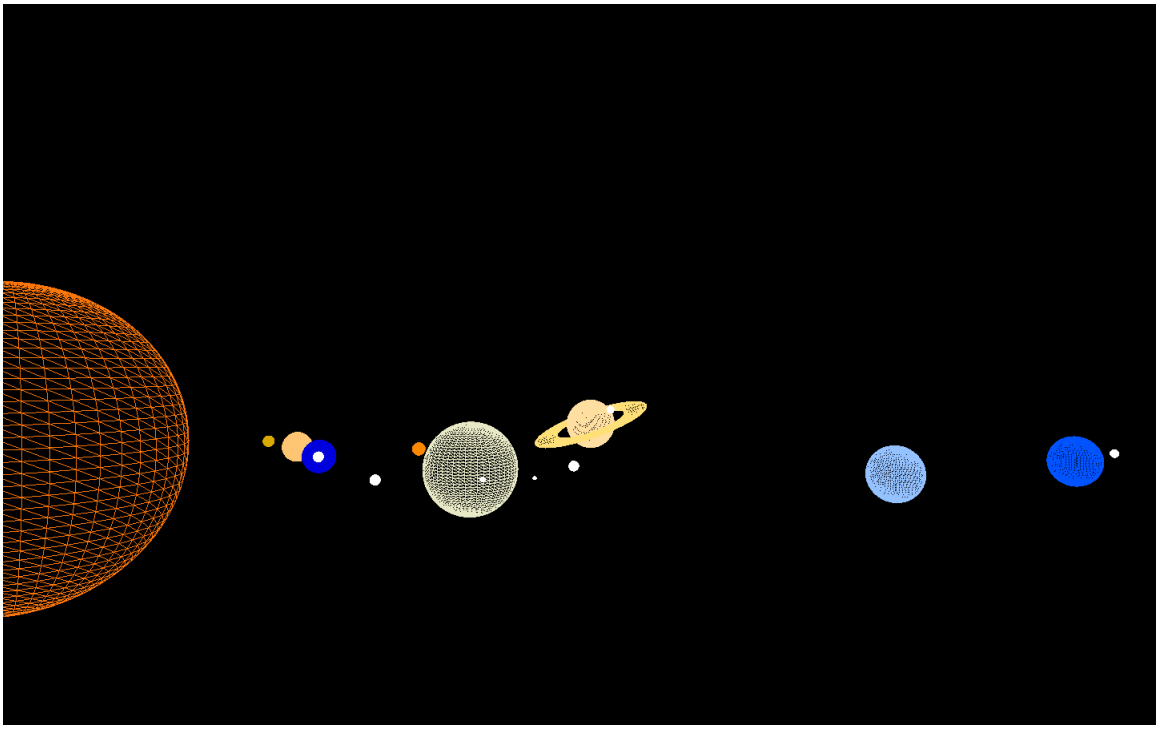


Figura 5.1: Visualização do Sistema Solar completo.

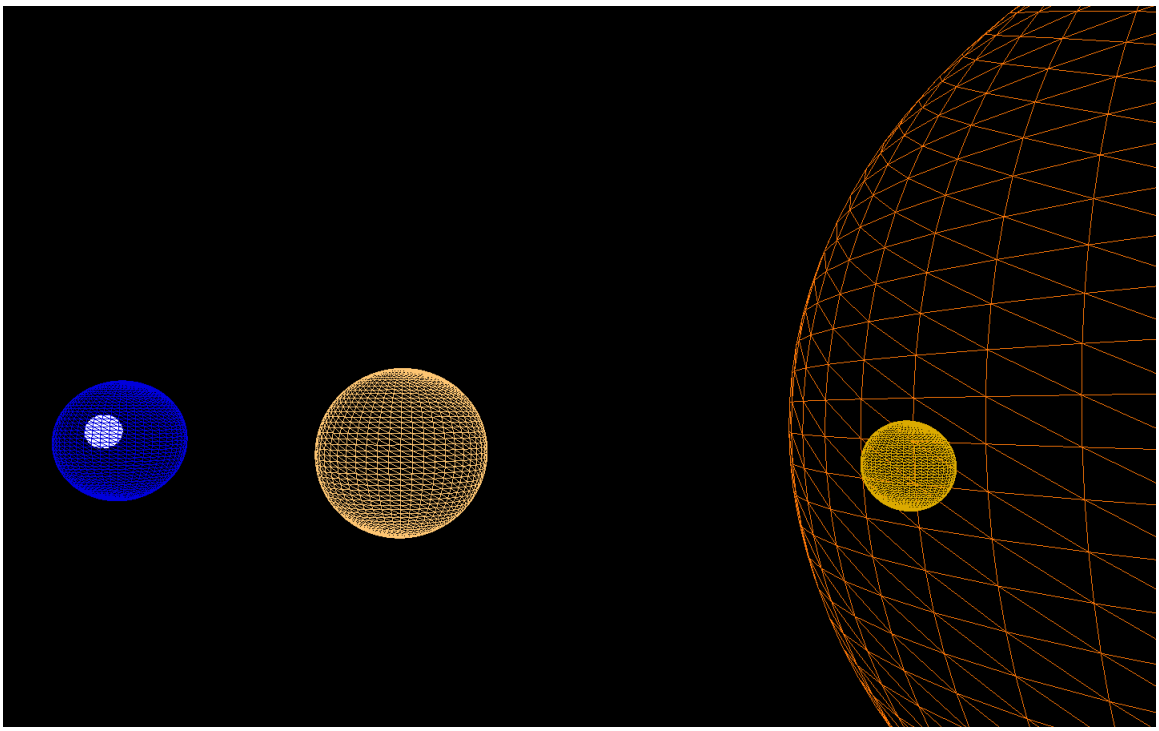


Figura 5.2: Visualização dos três primeiros planetas.

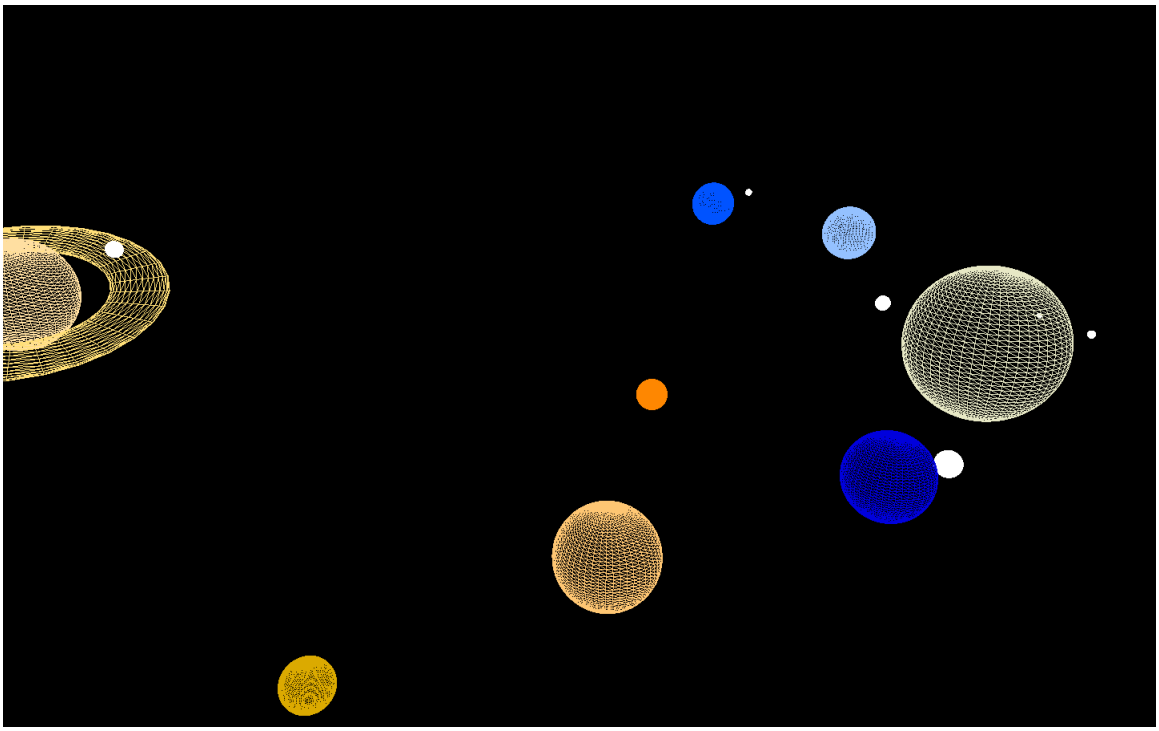


Figura 5.3: Visualização do Sistema Solar visto do Sol.

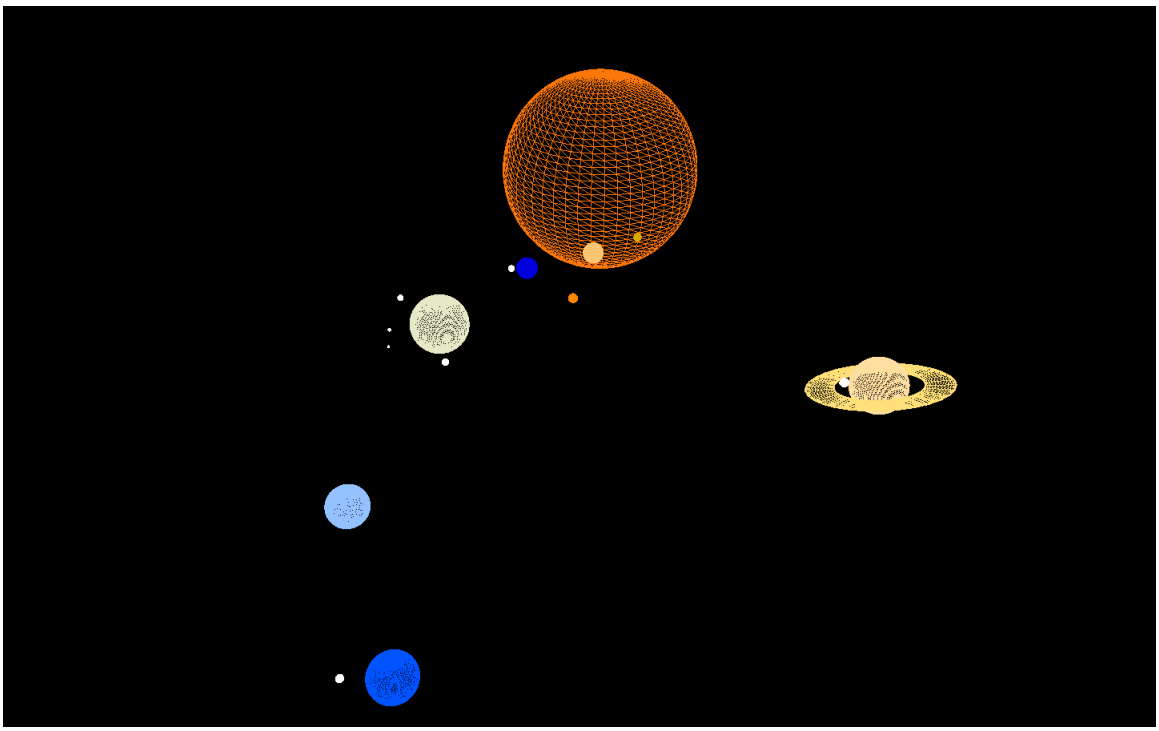


Figura 5.4: Visualização do Sistema Solar visto de Plutão.

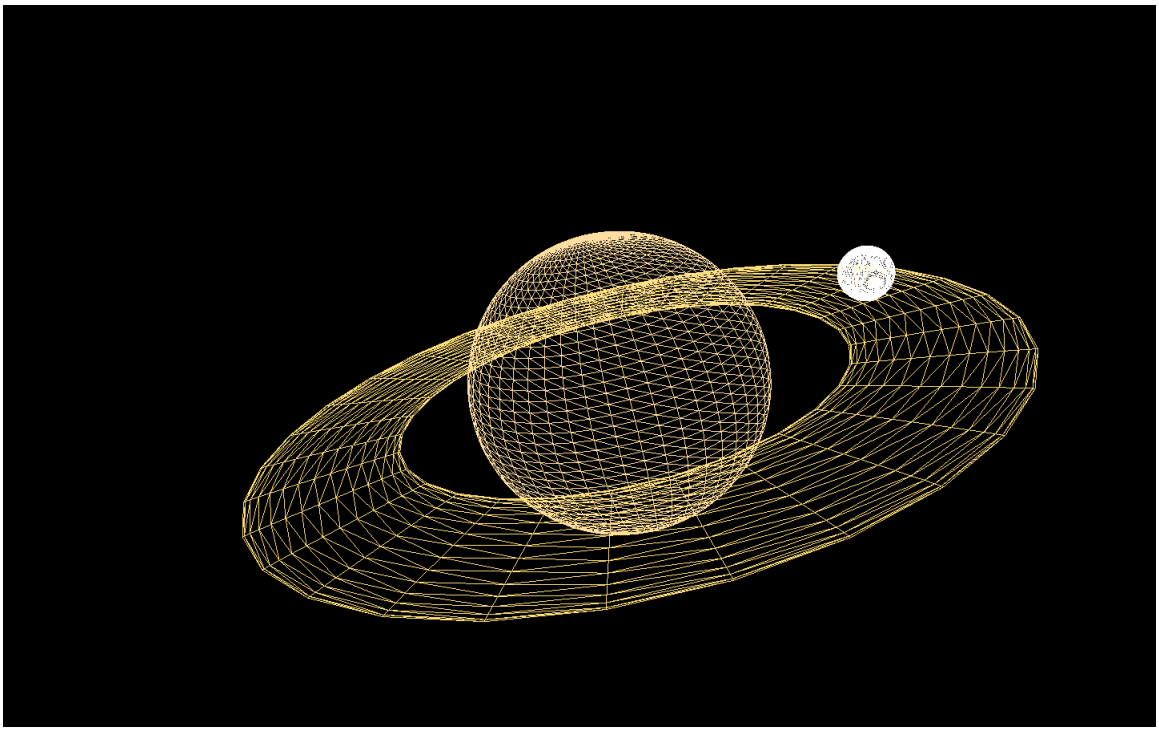


Figura 5.5: Visualização de Saturno por linhas (Comando L).

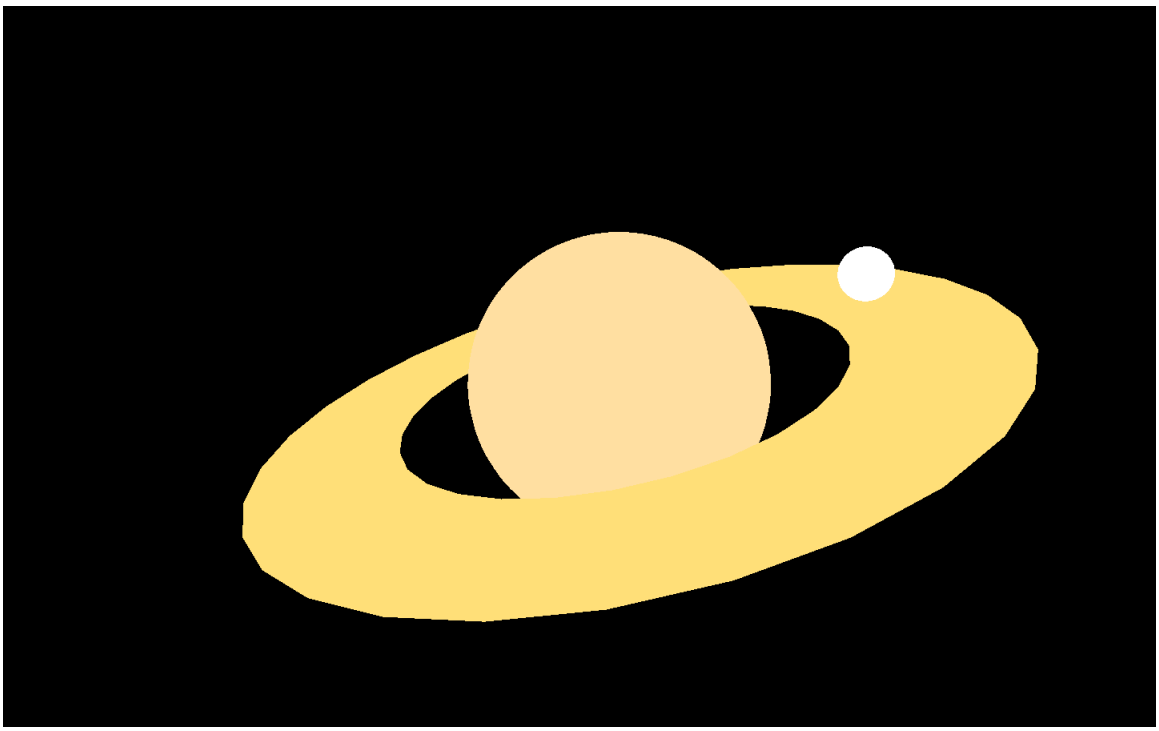


Figura 5.6: Visualização de Saturno a preenchido (Comando O).

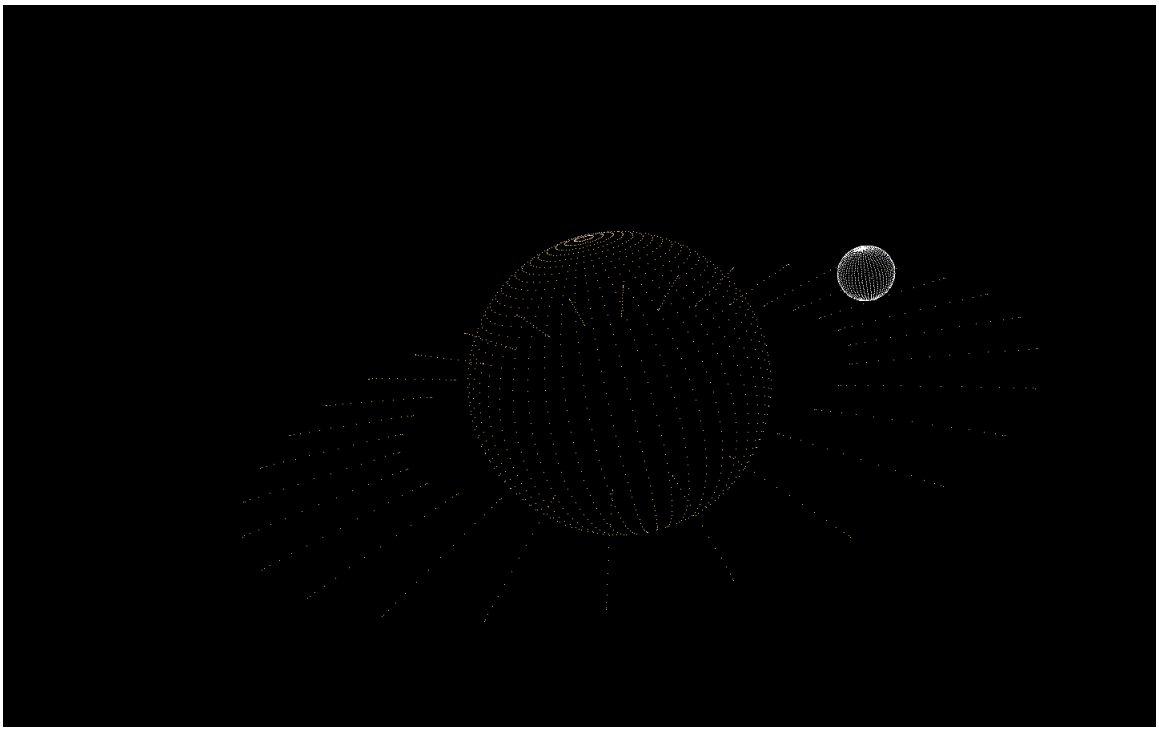


Figura 5.7: Visualização de Saturno por pontos (Comando P).

6. *Conclusão/Trabalho futuro*

A elaboração desta segunda fase do trabalho foi um pouco menos demorada e trabalhosa em relação à primeira fase. Isto deve-se, não só ao facto de os requisitos necessários serem relativamente menores, mas também às bases que fomos desenvolvendo durante a execução da primeira fase e que, de certa forma, nos ajudaram a ultrapassar algumas dificuldades que nos foram surgindo, visto já não estarmos tão inexperientes na matéria.
Pensamos que o resultado final desta fase corresponde às expectativas, na medida em que o modelo do Sistema Solar desenvolvido se enquadra perfeitamente naquilo que realmente era esperado.
No entanto, esperamos que nas restantes fases do projeto consigamos melhorar cada vez mais o modelo em questão, de forma a torna-lo o mais realista e agradável possível.

7. *Anexos*

7.1 Ficheiro de configuração - Sistema Solar

```
<scene>
    <group>

        <!--SOL-->
        <group>
            <colour R="251" G="119" B="9" />
            <scale X="10" Y="10" Z="10" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>
        </group>

        <!--MERCURIO-->
        <group>
            <translate X="29.8775" Y="0" Z="0" />
            <colour R="219" G="170" B="0" />
            <scale X="0.3525" Y="0.3525" Z="0.3525" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>
        </group>

        <!--VENUS-->
        <group>
            <translate X="33.9233" Y="0" Z="9.0897" />
            <colour R="254" G="198" B="115" />
            <scale X="0.8790" Y="0.8790" Z="0.8790" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>
        </group>

        <!--TERRA-->
        <group>
            <translate X="36.8061" Y="0" Z="21.25" />
```

```
    <colour R="0" G="0" B="220" />
    <scale X="0.8865" Y="0.8865" Z="0.8865" />
    <models>
        <model file="sphere.3d" />
    </models>
    <group>
        <translate X="0" Y="0.25" Z="3"/>
        <colour R="255" G="255" B="255" />
        <scale X="0.30" Y="0.30" Z="0.30" />
        <models>
            <model file="sphere.3d"/>
        </models>
    </group>
</group>

<!--MARTE-->
<group>
    <translate X="47.9523" Y="0" Z="15.5806" />
    <colour R="254" G="135" B="1" />
    <scale X="0.3720" Y="0.3720" Z="0.3720" />
    <models>
        <model file="sphere.3d" />
    </models>
</group>

<!--JUPITER-->
<group>
    <translate X="51.12987" Y="0" Z="37.1480" />
    <colour R="231" G="232" B="197" />
    <scale X="2.25" Y="2.25" Z="2.25" />
    <models>
        <model file="sphere.3d" />
    </models>

    <!--SATELITE N.-->
    <group>
        <translate X="0" Y="0" Z="3.375" />
        <colour R="255" G="255" B="255" />
        <scale X="0.05" Y="0.05" Z="0.05" />
        <models>
            <model file="sphere.3d" />
        </models>
    </group>

    <!--SATELITE N.-->
    <group>
        <translate X="2.025" Y="0" Z="3.5074" />
```

```
            <colour R="255" G="255" B="255" />
            <scale X="0.035" Y="0.035" Z="0.035" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>
        </group>

        <!--SATELITE N.-->
        <group>
            <translate X="-4.025" Y="0" Z="2.4646" />
            <colour R="255" G="255" B="255" />
            <scale X="0.1" Y="0.1" Z="0.1" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>
        </group>

        <!--SATELITE N.-->
        <group>
            <translate X="4.525" Y="0" Z="0" />
            <colour R="255" G="255" B="255" />
            <scale X="0.11" Y="0.11" Z="0.11" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>
        </group>
    </group>

    <!--SATRUNO-->
    <group>
        <rotate angle="30" X="0" Y="1" Z="1"/>
        <translate X="79.5005" Y="0" Z="-21.3021" />
        <colour R="255" G="223" B="161" />
        <scale X="1.995" Y="1.995" Z="1.995" />
        <models>
            <model file="sphere.3d" />
        </models>

        <!--SATELITE N.-->
        <group>
            <translate X="0" Y="1.2" Z="3.375" />
            <colour R="255" G="255" B="255" />
            <scale X="0.15" Y="0.15" Z="0.15" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>
        </group>
```

```
            <!--ANEL-->
            <group>
                <rotate angle="90" X="1" Y="0" Z="0"/>
                <colour R="255" G="223" B="120" />
                <scale Z="0.01"/>
                <models>
                    <model file="torus.3d" />
                </models>
            </group>
        </group>

        <!--URANO-->
        <group>
            <translate X="88.0747"  Y="0" Z="50.85" />
            <colour R="148" G="193" B="255" />
            <scale X="1.290" Y="1.290" Z="1.290" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>
        </group>

        <!--NEPTUNO-->
        <group>
            <translate X="112.35529" Y="0" Z="46.53908" />
            <colour R="0" G="83" B="255" />
            <scale X="1.275" Y="1.275" Z="1.275" />
            <models>
                <model file="sphere.3d" />
            </models>

            <!--SATELITE N.-->
            <group>
                <translate X="0" Y="1" Z="3.75" />
                <colour R="255" G="255" B="255" />
                <scale X="0.15" Y="0.15" Z="0.15" />
                <models>
                    <model file="sphere.3d" />
                </models>
            </group>
        </group>
    </group>
</scene>
```