

Projecto de Computação Visual – Utilização de um smartphone para o equilíbrio de uma esfera num plano

Nuno Humberto Paula

Resumo – Este relatório descreve a concepção e funcionamento de uma aplicação web que permite a interação do utilizador com elementos gráficos através da obtenção em tempo real dos dados de orientação de um smartphone. Através da simulação de físicas simples, juntamente com uma superfície rectangular e uma esfera, é possível fornecer ao utilizador a noção de que este, através dos seus movimentos, está a influenciar directamente o equilíbrio da esfera na superfície.

Abstract – This report describes the conception and operation of a web application that allows the user to interact with graphical elements by obtaining device orientation data from a smartphone in real-time. Through the simulation of simple physics, as well as a rectangular surface and a sphere, it is possible to give the user a sense of direct control over the balance of the sphere on the surface using its movements.

I. INTRODUÇÃO

Os dispositivos utilizados mais frequentemente para a obtenção de input por parte do utilizador de um típico sistema computacional doméstico, como o rato ou o teclado, não proporcionam a ideal sensação de imersão do utilizador em contextos específicos dependentes da aplicação em utilização.

Numa tentativa de aproximação ao controlo directo de elementos de uma aplicação por parte do utilizador, foi desenvolvido um método para a interação do utilizador com três graus de liberdade.

Na aplicação web descrita no presente relatório, é apresentada, no monitor do utilizador, uma esfera, localizada no topo de um plano limitado numa forma rectangular. A equação do plano em questão é ajustada constantemente, de forma a replicar a orientação do smartphone do utilizador. Dependendo da orientação do plano, a esfera desloca-se na respectiva direção, simulando a presença de uma força gravítica.

Vários parâmetros da cena podem ser ajustados pelo utilizador através da interface gráfica presente na página web.

Não é necessária a instalação de nenhuma aplicação no smartphone do utilizador.

II. MODELOS

A página web visível ao utilizador dispõe de dois modelos tridimensionais com os quais o mesmo interage.

O elemento principal com o qual o utilizador interage directamente trata-se de um plano finito com igual comprimento em todos os seus lados.

A sua representação é conseguida através de utilização de um cubo, ao qual são aplicados factores de escala.

Os factores de escala utilizados são idênticos para x e z. No eixo y é utilizado um factor inferior, de forma a conferir uma espessura reduzida ao modelo.

É também aplicada, ao modelo do plano, uma textura semelhante a madeira, de modo a conferir um aspecto mais realista ao mesmo.

A textura utilizada é apresentada na Fig. 1.



Fig. 1 - Textura aplicada ao modelo do plano

O segundo elemento gráfico presente na aplicação, com o qual o utilizador interage de forma indirecta, trata-se de uma esfera, com um raio configurável.

Para a modelação de uma esfera, foi efectuada uma divisão em vários discos longitudinais, a cada qual está associada uma malha de triângulos.

A descrição do algoritmo utilizado para esta divisão está presente na lição 11 do site LearningWebGL (<http://learningwebgl.com/blog/?p=1253>), utilizado em grande parte dos guiões práticos da disciplina.

Na Fig. 2 segue-se a representação gráfica da divisão efectuada à esfera.

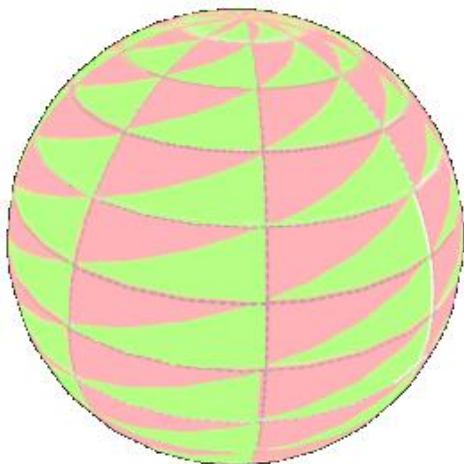


Fig. 2 - Divisão de esfera em segmentos de longitude e latitude

É também aplicada, ao modelo da esfera, uma textura metálica, de modo a conferir um aspecto mais realista à mesma.

A textura utilizada é apresentada na Fig. 3.

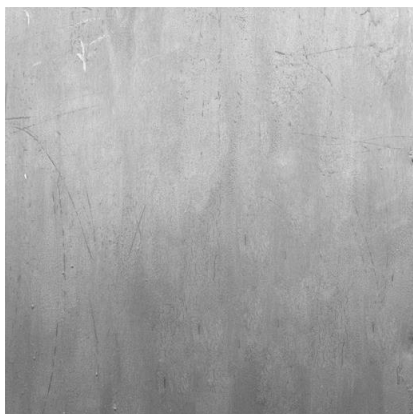


Fig. 3 - Textura aplicada ao modelo da esfera

Por razões de performance, os cálculos correspondentes à iluminação, em contraste ao efectuado no decorrer das aulas práticas da disciplina, são efectuados no GPU.

A informação sobre como efectuar o cálculo das componentes da iluminação ambiente, difusa e especular no GPU foi obtida através das lições 7 e 14 do site LearningWebGL. (<http://learningwebgl.com/blog/?p=684> e <http://learningwebgl.com/blog/?p=1658>)

As componentes vermelha, verde e azul da iluminação ambiente, tanto do plano como da esfera, são configuráveis através da página onde são apresentados.

Da mesma forma, são também configuráveis os expoentes correspondentes ao brilho associados às componentes especulares da iluminação dos dois modelos.

Na Fig. 4 é visível a iluminação aplicada aos dois elementos, com o plano ligeiramente inclinado na direção do utilizador.



Fig. 4 – Iluminação da cena

III. INTERAÇÃO COM O SMARTPHONE

Por forma a não ser necessária a instalação de uma aplicação específica no smartphone do utilizador, toda a obtenção de dados de orientação necessários para a geração do plano deve realizada a partir do browser do smartphone.

O utilizador deve utilizar o seu smartphone para aceder a uma página específica, em que alteração da orientação do dispositivo faz lançar o evento DeviceOrientation, ao qual pode ser associado um event listener através de um bloco de código JavaScript.

No computador do utilizador, onde os elementos gráficos são apresentados, deverá estar em execução um servidor, desenvolvido em Node.js, responsável por fornecer os dados de orientação à página que contém os elementos gráficos.

Assim que os dados de orientação do smartphone são capturados pela página em que se encontra, serão enviados para o servidor em execução do computador do utilizador, através de uma WebSocket.

O servidor, ao receber estes dados, redireciona-os para a página dos elementos gráficos, também através de uma WebSocket. Os dados são armazenados nesta página, na forma de variáveis globais e são actualizados em tempo real, consoante os movimentos do utilizador.

Na Fig. 5 são apresentados os graus de liberdade dos movimentos do smartphone do utilizador, cujos valores, na forma de ângulos, são enviados para o servidor web.



Fig. 5 - Graus de liberdade do movimento do smartphone [1]

IV. UTILIZAÇÃO DE DADOS ADQUIRIDOS

Após a aquisição e armazenamento dos dados de orientação provenientes do smartphone do utilizador, é necessário o ajuste de três aspectos da aplicação consoante os ângulos recebidos:

- Valores de rotação do plano.
- Vectores da deteção de colisões.
- Valores de aceleração das direções x, y e z em caso de colisão.

O objectivo do ajuste em tempo real dos valores de rotação do plano é a replicação dos movimentos do smartphone. A qualquer momento, após o início da aplicação, a orientação do plano nos três graus de liberdade será igual à do smartphone.

Os ajustes dos valores de rotação do plano consoante as variações nas leituras dos três graus de liberdade (roll, pitch, yaw) são apresentados na Fig. 6, Fig. 7 e Fig. 8, respectivamente.



Fig. 6 – Ajuste de -40° no Roll



Fig. 7 – Ajuste de 40° no Pitch



Fig. 8 – Ajuste de 40° no Yaw

Os dois aspectos restantes, relativos às colisões e à sua respectiva deteção, serão cobertos na secção V.

V. FÍSICA E DETECÇÃO DE COLISÕES

Dependendo da orientação do plano, a esfera deve deslocar-se na respectiva direcção. Para tal, foi implementada a simulação de uma força gravítica.

A esfera dispõe de uma aceleração descendente constante, no eixo YY, que é anulada em caso de colisão com o plano.

Dispõe também de uma aceleração nos eixos XX e ZZ, directamente dependente do ângulo do declive do plano.

Os valores de aceleração da esfera nos eixos XX e ZZ são actualizados apenas quando é detectada uma colisão, de forma a assegurar que o declive do plano nunca afecta a direcção da esfera se esta não estiver em contacto com o mesmo.

A detecção de colisões é efectuada através do cálculo da distância entre a esfera e o ponto mais próximo do plano.

Para efectuar este cálculo, é necessário deduzir a equação do plano através dos ângulos presentes nos dados fornecidos pelo smartphone.

A normal do plano pode ser adquirida através do produto vectorial entre os dois vectores a e b , como mostra a Fig. 9.

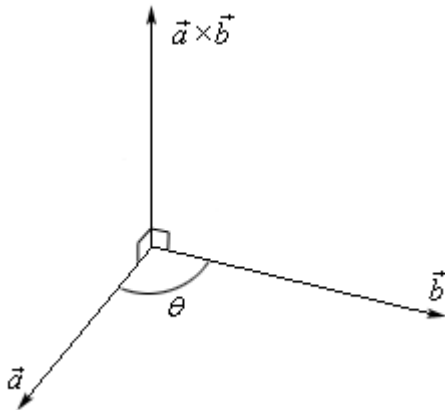


Fig. 9 – Cálculo da normal do plano [2]

Sendo que a e b são dois vectores perpendiculares, contidos no plano em questão, deduzidos através dos ângulos recebidos.

Em seguida, considerando que o plano está centrado na origem, que A , B e C são as componentes do vector normal do plano (normalizado) e que a esfera tem o seu centro em (x_0, y_0, z_0) , a distância entre a esfera e o ponto mais próximo do plano pode ser dada pela fórmula:

$$d = A * x_0 + B * y_0 + C * z_0$$

De uma forma rudimentar, poder-se-ia considerar uma colisão quando esta distância fosse muito próxima de 0.

Acontece, no entanto, que na aplicação em questão, o plano não é infinito.



Fig. 10 – Detecção incorrecta de colisão

A utilização de apenas a distância ao ponto mais próximo do plano não é, portanto, suficiente, como mostra a Fig. 10.

Para uma correcta detecção de colisões nesta aplicação, é necessário também verificar se a esfera encontra-se dentro da área delimitada pelo plano que é apresentado visualmente.

Para tal, são calculados os pontos correspondentes aos quatro cantos do plano finito, juntamente com os vectores respectivos a cada uma das arestas.

Em seguida, basta calcular o produto vectorial entre o vector correspondente a cada aresta e o vector calculado entre o primeiro ponto da aresta e o centro da esfera.

Finalmente, pela observação do sinal do produto vectorial, é possível distinguir se o centro da esfera se encontra à esquerda ou à direita da aresta.

Aplicando o mesmo método para as 4 arestas e corrigindo os valores obtidos para ter em conta o raio da esfera, é possível limitar a detecção de colisões ao plano finito que se pretende nesta aplicação.

Ao ser detectada uma colisão, os valores de velocidade e aceleração da esfera podem ser alterados.

Por exemplo, no impacto vertical da esfera com o plano finito, parte da velocidade vertical da esfera é mantida, mas com sinal inverso, de forma a que exista um ressalto.

O deslocamento da esfera pelo plano, em qualquer das direcções, implica também uma alteração dos valores de rotação da própria esfera, no sentido do deslocamento, de forma a que exista uma percepção mais realista do rolamento da esfera sobre o plano.

VI. PARAMETRIZAÇÃO

Vários parâmetros da cena podem ser ajustados através de elementos intuitivos presentes na interface gráfica da página apresentada ao utilizador.

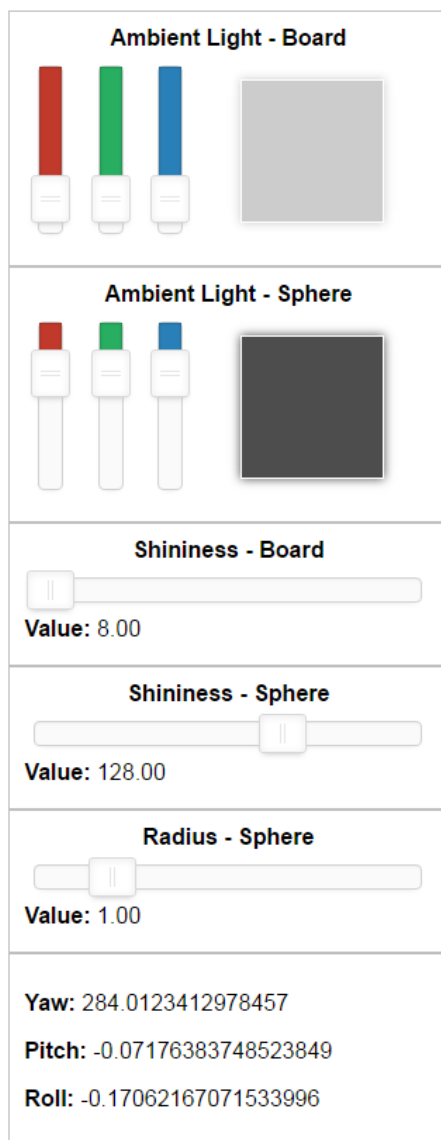


Fig. 11 – Parametrização da cena

As componentes vermelha, verde e azul da iluminação ambiente, tanto do plano como da esfera, tal como os expoentes do brilho associado às componentes especulares da iluminação dos dois modelos, são configuráveis pelo utilizador.

Da mesma forma, o utilizador pode também alterar o raio da esfera.

Em último lugar, são apresentados ao utilizador os valores dos ângulos obtidos do seu smartphone em tempo real.

Os sliders utilizados para a escolha de parâmetros pertencem à biblioteca noUiSlider. (<https://refreshless.com/nouislider/>)

VII. CONCLUSÃO

Com a elaboração deste projecto conseguiu-se a criação de uma aplicação intuitiva e interessante, com uma interação com o utilizador diferente dos habituais rato e teclado.

Foi também possível a aplicação dos conhecimentos de computação visual adquiridos durante o semestre.

Um possível próximo passo que tornaria a aplicação mais interessante e realista seria o cálculo da sombra da esfera no plano.

REFERÊNCIAS

- [1] Abraham Noah: Know Sensors Embedded On Your Smartphone, DIGFUTECH, imagem digital, vista 26 Novembro 2016, <http://digfutech.blogspot.pt/2015/04/know-sensors-embedded-on-your-smart.html>.
- [2] Paul Dawkins: Calculus II - Notes, Lamar University, imagem digital, vista 26 Novembro 2016, http://tutorial.math.lamar.edu/Classes/CalcII/CrossProduct_files/image001.gif