

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA
AUXILIAR NO ENSINO DO SISTEMA SOLAR UTILIZANDO
REALIDADE AUMENTADA**

EVANDRO MATHEUS SCHMITZ

**BLUMENAU
2017**

EVANDRO MATHEUS SCHMITZ

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA
AUXILIAR NO ENSINO DO SISTEMA SOLAR UTILIZANDO
REALIDADE AUMENTADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de graduação em Ciência da
Computação do Centro de Ciências Exatas e
Naturais da Universidade Regional de
Blumenau como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciência da
Computação.

Prof. Dalton Solano dos Reis, Mestre – Orientador

**BLUMENAU
2017**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA
AUXILIAR NO ENSINO DO SISTEMA SOLAR UTILIZANDO
REALIDADE AUMENTADA**

Por

EVANDRO MATHEUS SCHMITZ

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para obtenção dos créditos na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II pela banca examinadora formada por:

Presidente: Prof(a). Dalton Solano dos Reis, Mestre – Orientador, FURB

Membro: Prof(a). Maurício Capobianco Lopes, Doutor – FURB

Membro: Prof(a). Aurélio Faustino Hoppe, Mestre – FURB

Blumenau, 30 de junho de 2017

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

À aos meus pais por todo o incentivo durante o curso.

Ao meu orientador por toda o interesse e a ajuda oferecida durante o desenvolvimento deste trabalho.

A professora Maria Helena Batista pela ajuda para conseguir uma turma de alunos para testar este trabalho e o interesse na ferramenta.

Ao professor Maurício Capobianco Lopes por ter emprestado o LIFE e os seus bolsistas para a realização dos testes da ferramenta.

Tenha em mente que as coisas maravilhosas que você aprende na escola são o trabalho de muitas gerações, produzidos por esforço entusiasmado e trabalho infinito em todos os países do mundo. Tudo isso é colocado em suas mãos como sua herança para que você possa recebê-la, honrá-la, adicionar-lhe, e um dia, fielmente entregá-la aos seus filhos. Assim, nós, os mortais, conseguimos a imortalidade nas coisas permanentes que criamos em comum.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta que utiliza Realidade Aumentada para auxiliar no ensino do Sistema Solar. Para que isto fosse possível foi necessário apresentar o conteúdo de uma forma diferente, usando simulações sobre os modelos de representação do Sistema Solar além dos seus planetas e estrela, e também permitir o reaproveitamento de alguns elementos usados na construção da ferramenta. O desenvolvimento ocorreu no motor de jogos Unity 3D usando Vuforia para cuidar da Realidade Aumentada. Durante a implementação foram feitos testes e modificações na ferramenta para adicionar Interface Tangível ao trabalho e projetar o código de forma modular para aumentar o reaproveitamento de rotinas. Também são apresentados conceitos, códigos e ideias usados para fazer a ferramenta e a Interface Tangível. Como resultado a ferramenta foi exportada para a plataforma Android o que possibilitou a sua utilização para testes com um grupo de alunos. Durante os testes foi possível notar que embora os alunos tenham apresentado uma certa dificuldade na realização das tarefas, mais conta das limitações do hardware utilizado e das instruções, eles tiveram uma boa recepção a ferramenta, mostrando divertimento ao fazer o que lhes era pedido. Com os resultados dos testes foi possível notar que além dos objetivos a serem atingidos os usuários apresentaram um interesse significativo no uso da ferramenta, mesmo que seja só para ver o seu funcionamento.

Palavras-chave: Realidade aumentada. Sistema solar. Unity. Vuforia. Interface tangível.

ABSTRACT

This work presents the development of a tool that uses Augmented Reality to aid in the teaching of the Solar System. For this to be possible it was necessary to present the contents in a different way, using simulations of the models of representation of the Solar System, besides its planets and star and also allowing the reutilization of some elements used in the construction of the tool. The development took place in the gaming engine Unity 3D using Vuforia to take care of the Augmented Reality. During the implementation, tests and modifications were made in the tool to add Tangible Interface to the work and still reach the factor of reutilizability. It is also presented concepts, codes and ideas used to make the tool and the Tangible Interface. As a result, the tool was exported to the Android platform, which enabled its use for testing with a group of students. During the tests it was possible to notice that although the students presented a certain difficulty in the accomplishment of the tasks, more on account of hardware and the instructions, they had a good reception the tool, showing enjoyment in doing what was asked of them. With the results of the tests it was possible to notice that besides the objectives to be reached the users showed a significant interest in the use of the tool, even if only to see its operation.

Key-words: Augmented reality. Solar system. Unity. Vuforia. Tangible interface.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Solar.....	16
Figura 2 – Livro do SOL-AR mostrando informações sobre o Sol.....	28
Figura 3 – Jogo de perguntas e respostas do SOL-AR.....	28
Figura 4 – Interação com o Sistema Solar virtual usando o marcador de cubo.....	29
Figura 5 – Objeto sendo modificado.....	30
Figura 6 – Representação do cenário da ferramenta.....	31
Figura 7 – Diagrama de casos de uso.....	33
Figura 8 – Parte do diagrama de classes.....	36
Figura 9 – Parte do diagrama de classes.....	37
Figura 10 – Parte do diagrama de classes.....	38
Figura 11 – Alterando as Propriedades do Desenho no Inkscape.....	40
Figura 12 – Exemplo de marcador.....	40
Figura 13 – Características e classificação da figura pelo Vuforia.....	41
Figura 14 – Exportando imagem para PNG.....	42
Figura 15 – Características e classificação da nova figura pelo Vuforia.....	43
Figura 16 – Imagens dos marcadores do módulo de Dissecção do Sistema Solar.....	44
Figura 17 – Imagens do marcador do módulo de Sistema Solar.....	44
Figura 18 – Imagens dos marcadores de Interface Tangível.....	45
Figura 19 – Modelos dos anéis e planetas cortados.....	46
Figura 20 – Modelos utilizados para a Interface Tangível.....	46
Figura 21 – Iniciando o uso da ferramenta.....	48
Figura 22 – Tela inicial.....	49
Figura 23 – Tela de sobre.....	49
Figura 24 – Posicionamento dos elementos.....	50
Figura 25 – Marcadores de controle.....	50
Figura 26 – Fluxo para o módulo de simulação do Sistema Solar.....	51
Figura 27 – Marcador de simulação do Sistema Solar.....	52
Figura 28 – Estrutura de hierarquia.....	54
Figura 29 – Alterar a teoria e a velocidade.....	55
Figura 30 – Exibição de informações.....	57
Figura 31 – Fluxo para o módulo de Dissecção do Sistema Solar (planetas).....	58

Figura 32 – Diferença nas informações mostradas.....	59
Figura 33 – Processo de troca de exibição.....	59
Figura 34 – Escala de Planetas.....	60
Figura 35 – Comparação de tamanho com o Sol.....	61
Figura 36 – Uso do marcador de simulação da vida de estrela.....	62
Figura 37 – Edição de valores para a simulação da vida de estrela.....	62
Figura 38 – Configuração de StarSimulation.....	64
Figura 39 – Explicação inicial sobre a ferramenta.....	84
Figura 40 – Alunos fazendo uso da ferramenta.....	85
Figura 41 – Alunos fazendo uso da ferramenta.....	85
Figura 42 – Esclarecimento de dúvidas sobre o uso da ferramenta.....	86
Figura 43 – Perguntas sobre perfil do usuário e primeira sequência de instruções.....	87
Figura 44 – Primeira sequência de instruções.....	88
Figura 45 – Primeira sequência de instruções e segunda sequência de instruções.....	88
Figura 46 – Segunda sequência de instruções.....	89
Figura 47 – Segunda sequência de instruções.....	89
Figura 48 – Segunda sequência de instruções e perguntas de usabilidade.....	90
Figura 49 – Perguntas de usabilidade.....	90
Figura 50 – Perguntas sobre o perfil.....	91
Figura 51 – Instruções.....	92
Figura 52 – Perguntas de usabilidade.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre RF e casos de uso.....	35
Quadro 2 – Método EnableComponents.....	53
Quadro 3 – Uso do OnTriggerEnter.....	55
Quadro 4 – Métodos ChangeTeory e OnCollisionFound.....	56
Quadro 5 – Método OnTrackableStateChange modificado.....	60
Quadro 6 – Código usado fazer alteração usando o valor da rotação.....	63
Quadro 7 – Comparativo entre os trabalhos correlatos.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil dos usuários.....	66
Tabela 2 – Respostas da primeira parte das instruções do questionário.....	67
Tabela 3 – Respostas da segunda parte das instruções do questionário.....	68
Tabela 4 – Respostas de usabilidade.....	69
Tabela 5 – Resposta do questionário de perfil.....	71
Tabela 6 – Respostas das instruções do questionário.....	72
Tabela 7 – Respostas de usabilidade.....	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.2 ESTRUTURA.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 SISTEMA SOLAR.....	16
2.1.1 História e modelos de representação.....	17
2.1.2 Sol e os planetas.....	18
2.1.3 Realidade aumentada e virtual na educação.....	20
2.2 REALIDADE AUMENTADA.....	21
2.3 INTERFACE TANGÍVEL.....	22
2.4 VUFORIA.....	25
2.5 TRABALHOS CORRELATOS.....	27
2.5.1 Sistema solar com realidade aumentada.....	27
2.5.2 Live solar system (LSS): evaluation of an augmented reality book-based education tool	29
2.5.3 Visedu: interface de usuário tangível utilizando realidade aumentada e unity.....	30
3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.....	31
3.1 CENÁRIO.....	31
3.2 REQUISITOS.....	31
3.3 ESPECIFICAÇÃO.....	33
3.3.1 Diagrama de Casos de Uso.....	33
3.3.2 Diagrama de Classes.....	35
3.4 IMPLEMENTAÇÃO.....	38
3.4.1 Técnicas e ferramentas utilizadas.....	39
3.4.1.1 Criando marcadores.....	39
3.4.1.2 Modelos criados no Blender.....	45
3.4.1.3 Ferramenta e operacionalidade da implementação.....	47
3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	64
3.5.1 Metodologia.....	65
3.5.2 Experimentos e resultados.....	65
3.5.2.1 Experimento e resultado da ferramenta.....	65

3.5.2.2 Experimento e resultado do Asset.....	71
3.5.3 Análise geral sobre o desenvolvimento da ferramenta.....	73
3.5.4 Comparação com os trabalhos correlatos.....	77
4 CONCLUSÕES.....	79
4.1 EXTENSÕES.....	80
APÊNDICE A – TESTE DA FERRAMENTA DO DIA 17 DE ABRIL DE 2017.....	84
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE TESTE DA FERRAMENTA.....	87
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE TESTE DO ASSET.....	91

1 INTRODUÇÃO

A Astronomia é uma ciência tão antiga quanto o homem e o seu surgimento está também ligado ao homem, que olhava para o céu e utilizava o que via para desenvolver calendários e calcular medidas que seriam úteis em seu dia a dia (ASTRONOMIA, 2011). Com o passar dos séculos esta ciência foi evoluindo, ganhando bases teóricas, encontrando respostas para algumas perguntas e se dividindo em outras áreas como Cosmologia, Astrofísica, entre outras (ASTRONOMIA, 2011).

O Sistema Solar é um assunto ensinado no ensino fundamental, apresentando uma pequena parte da Astronomia para os alunos. Mas assim como a Astronomia evoluiu, outras coisas também evoluíram. Novas abordagens de ensino surgiram, como o uso da informática na educação, que no Brasil começou nos anos 70 em algumas universidades, UFRJ, UFRGS e UNICAMP, seguindo tendências que estavam ocorrendo em países como os Estados Unidos e a França (ALMEIDA; CONCEIÇÃO; SCHNEIDER, 2009).

O uso da tecnologia promove transformações, incluindo a área da educação, pois traz novas formas de adquirir conhecimento e transmiti-lo, mas ela veio para ajudar os professores e não substituí-los (ALMEIDA; CONCEIÇÃO; SCHNEIDER, 2009). Por isto é necessário pensar em formas de usar o potencial que a tecnologia oferece para poder auxiliar no ensino e fixação de conteúdos em um tempo onde ela se encontra cada vez mais presente na vida das pessoas e o seu uso torna-se mais comum. A Realidade Aumentada pode ser uma alternativa para unir tecnologia com educação.

A Realidade Aumentada é uma variação da Realidade Virtual, que permite completar o mundo real com objetos do mundo virtual, sobrepondo os mundos e dando uma impressão que ambos coexistem na sua forma ideal (AZUMA, 1997). Com isto, é possível aumentar a percepção e interação do usuário de uma aplicação, já que o mesmo está vendo coisas que normalmente ele não encontraria com os seus outros sentidos e ele também pode interagir com esta mistura de mundos e ver as suas alterações (AZUMA, 1997). Uma forma de interação com Realidade Aumentada é a Interface Tangível que permite o uso de objetos reais para fazer modificações no ambiente virtual (NUNES; RADICCHI; BOTEGA, 2011).

Diante do exposto, desenvolveu-se uma ferramenta que utiliza Realidade Aumentada para ajudar no ensino do Sistema Solar.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar uma ferramenta para auxiliar no ensino do Sistema Solar utilizando Realidade Aumentada.

Os objetivos específicos são:

- a) proporcionar uma forma alternativa de mostrar conteúdos relacionados ao Sistema Solar;
- b) fazer um módulo que possa ser reaproveitado para construção de aplicações no Unity com a temática de universo/sistema solar;
- c) criar um modelo do Sistema Solar simulando o seu movimento e modelos dos planetas e suas estruturas internas.

1.2 ESTRUTURA

Este trabalho encontra-se dividido em quatro capítulos principais. O primeiro capítulo apresenta a introdução e os objetivos geral e específicos do trabalho. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica que serve de base para este trabalho. No terceiro capítulo são apresentadas questões referentes a implementação da ferramenta. São apresentados os requisitos e diagramas para fazer a especificação da ferramenta. Também são apresentados as funcionalidades da ferramenta com imagens para exemplificação e código quando necessário para complementar a explicação da lógica empregada. Por fim, neste capítulo são apresentados as análises dos resultados, fazendo comentários sobre os testes, a ferramenta em geral e uma comparação com trabalhos correlatos. No quarto capítulo é apresentada a conclusão do trabalho e também sugestões para trabalhos futuros.

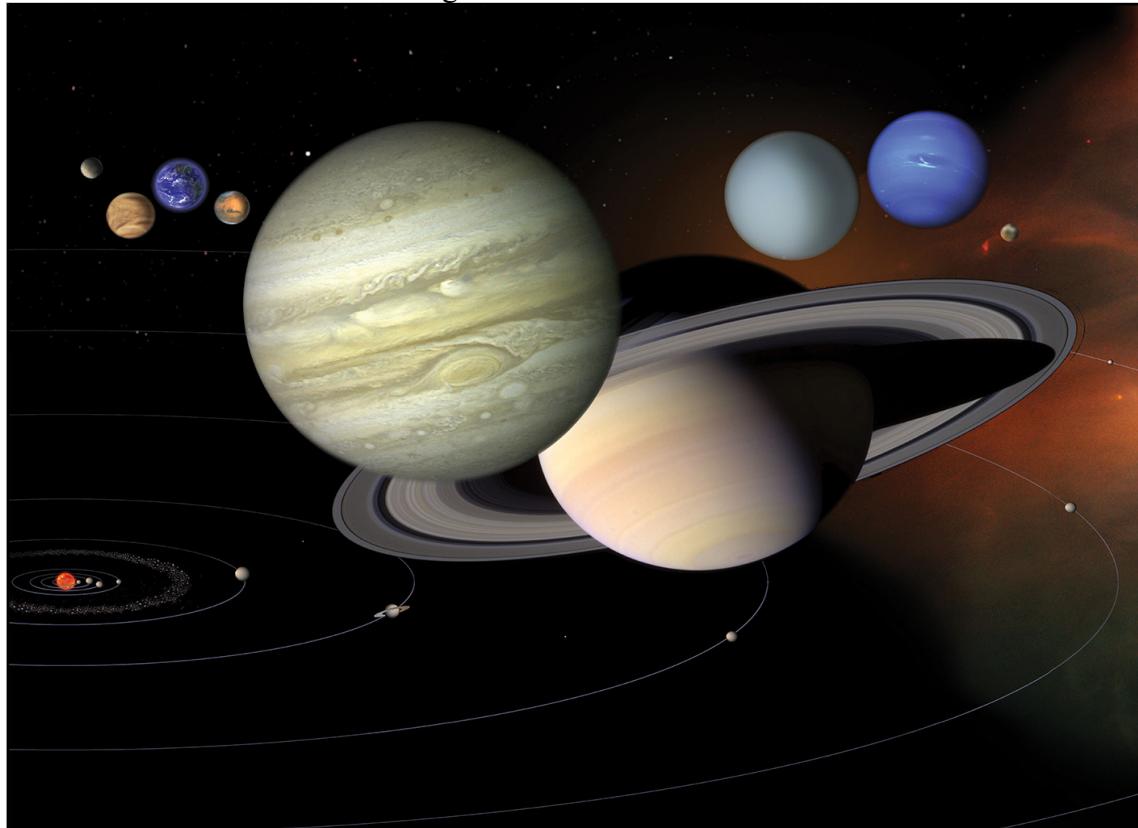
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção destina-se a apresentar fundamentos e ideias dos assuntos que são necessários para sustentar o projeto desenvolvido. A seção 2.1 é destinada a falar sobre o Sistema Solar, o Sol, os planetas e uma breve história da astronomia para explicar os modelos heliocêntrico e geocêntrico. Na seção 2.2 comenta-se sobre Realidade Aumentada, sendo falado sobre Interface Tangível na seção 2.3. A seção 2.4, o Software Development Kit (SDK) Vuforia. Por fim, a seção 2.5 mostra os trabalhos correlatos.

2.1 SISTEMA SOLAR

Esta seção descreve o Sistema Solar, sendo dividida em três partes. A primeira trata da história da astronomia e os modelos usados para explicar a disposição de elementos no céu. A segunda seção descreve o Sol e os planetas que o orbitam. A terceira seção trata sobre os desafios do uso de Realidade Aumentada e Virtual na educação. Para ajudar a recordar os conceitos relacionados ao Sistema Solar a Figura 1 mostra no primeiro plano os planetas e o planeta anão Plutão, e ao fundo é possível ver uma representação destes corpos celestes orbitando o Sol.

Figura 1 – Sistema Solar



Fonte: NASA, 2009.

2.1.1 História e modelos de representação

Ridpath (2014), Mourão (2016) e Astronomia (2011) destacam que a Astronomia é a mais antiga das ciências, sendo que Ridpath (2014) diz que desde os primórdios da civilização o homem tentava entender como os corpos celestes se comportam. Mourão (2016) fala que mesmo sendo uma ciência antiga, no seu início a Astronomia estava muito ligada ao misticismo e à religião.

Os mesopotâmicos deixaram uma grande contribuição para esta área, sendo eles os primeiros a elaborar tabelas das fases da Lua, além de terem conhecimento sobre os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno (MOURÃO, 2016). Os babilônicos tinham conhecimento sobre os movimentos das estrelas e dos planetas, sendo que foram eles que dividiram a duração do ano em cerca de 360 dias, fizeram a divisão do céu em 360 graus e introduziram o dia com 24 horas de duração (RIDPATH, 2014).

Os gregos também fizeram grandes contribuições para a Astronomia (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Para explicar os movimentos dos astros Ptolomeu concebeu um modelo, baseado nas ideias de Aristóteles, em que a Terra era o centro do universo e os outros corpos celestes giravam em torno dela em órbitas circulares, sendo este o modelo geocêntrico (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Mourão (2016) destaca que antes de Ptolomeu, o filósofo grego Aristarco de Samos tinha proposto um modelo que colocava o Sol no centro do Universo, o modelo heliocêntrico, mas isto colocava o homem, ser máximo da criação, em segundo plano, por isto a sua ideia foi esquecida. No século XVI Nicolau Copérnico resgatou as ideias de Aristarco do modelo heliocêntrico, mas não abandonou a ideia de órbitas circulares da doutrina aristotélica (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Ridpath (2014) comenta que Tycho Brache nunca aceitou o heliocentrismo, sendo que o mesmo fez diversas observações dos movimentos planetários de 1576 a 1580 e propôs uma atualização do modelo de Ptolomeu. O modelo de Tycho Brache fica entre o de Ptolomeu e o de Copérnico, sendo que a Terra é o centro do Universo, a Lua e o Sol giram em torno da Terra e os outros planetas giram em torno do Sol (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Ainda neste contexto existe o matemático alemão Johannes Kepler que usando as observações de Tycho Brahe, provou os planetas orbitam o Sol como dizia Copérnico, mas não em órbitas circulares e sim em elipses (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014).

2.1.2 Sol e os planetas

O Sol é a estrela em torno da qual a Terra e os outros planetas do Sistema Solar orbitam. Sua estrutura, segundo Ridpath (2014), é formada pelo núcleo, zona radioativa, zona de convecção, fotosfera, cromosfera e coroa. No núcleo é onde ocorrem as reações que geram energia, na zona radioativa esta energia é transportada na forma de fôtons e na zona de convecção ela é transportada por células de convecção (RIDPATH, 2014). Ridpath (2014) diz que a fotosfera é a superfície visível do Sol, enquanto Mourão (2016) diz que ela é a superfície aparente do Sol. A atmosfera do Sol é formada pelas cromosfera, localizada acima da fotosfera, sendo uma camada irregular de gases e mais externamente tem-se a coroa (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Ambas as camadas da atmosfera podem ser vistas durante um eclipse total do Sol (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Ambos os autores destacam que os eclipses solares só podem ocorrer na lua nova, sendo que Ridpath (2014) explica que o fenômeno só ocorre duas vezes ao ano com o alinhamento do Sol, da Lua e da Terra, nesta ordem.

Mercúrio é o menor planeta e o mais próximo do Sol (RIDPATH, 2014). Ele possui uma atmosfera fina e temporária, sendo o seu tempo de translação de 88 dias terrestres e o de rotação 59 dias terrestres (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). De acordo com Mourão (2016) e Ridpath (2014), o planeta é seco, rochoso e cheio de crateras, devido a sua atmosfera fina. Em seu interior existe um manto rochoso e um núcleo pesado de ferro (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Mourão (2016) fala da relação do nome do planeta com o nome de divindades, como o deus Mercúrio, sendo que diferentes culturas atribuíam diferentes nomes ao mesmo. Mourão (2016) também comenta o fato do planeta possuir um dia da semana dedicado a ele desde a antiguidade, a quarta-feira. *Wednesday* palavra inglesa para quarta-feira vem do anglo-saxônico *wodnes daeg* que significa dia de Wotan, divindade dos germanos e escandinavos associada ao planeta (MOURÃO, 2016).

Vênus é o mais brilhante dos corpos celestes, sendo chamado de Estrela da Manhã ou Estrela D’Alva ou ainda de Estrela da Tarde, dependendo de quando aparece no céu (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Segundo Mourão (2016) e Ridpath (2014), este planeta possui dimensões um pouco menores que às da Terra, mas possui uma grossa atmosfera composta principalmente de gás carbônico, o que lhe torna o planeta mais quente do Sistema Solar. Mourão (2016) e Ridpath (2014) dizem que um dia em Vênus dura 243 dias terrestres, enquanto o seu período de translação é de 224 dias terrestres, sendo que este planeta gira de

leste para oeste, ao contrário dos outros planetas. Mourão (2016) também afirma que Vênus tem um dia da semana dedicado a ele, a sexta-feira, sendo associado a deusa da beleza e amor.

A Terra é o planeta habitado pela raça humana. É o maior dos planetas rochosos e o único que abriga vida, graças a sua atmosfera que o protege da radiação solar e também é o único planeta que apresenta água no estado líquido (RIDPATH, 2014). Segundo Ridpath (2014), abaixo da atmosfera existe uma crosta rochosa, abaixo desta o manto, feito de rocha derretida, e no centro o núcleo, dividido em externo, formado por metais derretidos e interno formado por metais sólidos. Um dia terrestre dura aproximadamente 24 horas e o período de translação é aproximadamente 365 dias, o que equivale a um ano terrestre (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014).

Marte, o planeta vermelho, é o quarto planeta do Sistema Solar, possuindo um dia que dura aproximadamente 24 horas e 30 minutos (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Seu período de translação é de 687 dias terrestres (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Mourão (2016) e Ridpath (2014) falam que Marte possui solo acidentado, regiões com tonalidades diferentes e calotas polares. Ridpath (2014) destaca que a coloração vermelha, característica do planeta, deve-se ao óxido de ferro presente no solo. Marte possui um núcleo provavelmente de ferro envolto em um manto de rocha e uma crosta (RIDPATH, 2014). Mourão (2016) comenta sobre o planeta também possuir um dia da semana dedicado a ele, terça-feira, e que o astro era associado a divindades da guerra. Ele possui duas luas denominadas de Fobos e Deimos (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014).

Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar. A superfície visível do planeta é só sua densa atmosfera, sendo que o principal elemento deste corpo celeste é o hidrogênio (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Segundo Mourão (2016) e Ridpath (2014), na atmosfera de Júpiter os gases que o compõem encontram-se em estado sólido, mas a medida em que caminha-se em direção ao centro do planeta eles vão tornando-se líquidos e mais profundamente o hidrogênio comporta-se como um metal ganhando a denominação de hidrogênio metálico. Ridpath (2014) diz que Júpiter tem um núcleo sólido, embora Mourão (2016) diga que a existência do mesmo ainda não foi comprovada. Este astro possui cerca de 63 luas, seu dia dura 9 horas e 50 minutos sendo seu período de translação de aproximadamente 11,86 anos terrestres (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Júpiter tem a quinta-feira dedicada a si, sendo que ele era batizado como mestre do céu (MOURÃO, 2016).

Saturno é o planeta dos anéis. Mourão (2016) e Ridpath (2014) comentam que a estrutura e composição do astro é semelhante à de Júpiter, sendo que um dia em Saturno dura

10 horas e 14 minutos e a sua translação dura aproximadamente 29,5 anos terrestres (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Os anéis que envolvem o planeta são compostos de partículas (MOURÃO, 2016). Ridpath (2014) destaca que o planeta tem 62 luas. A Saturno foi dedicado o sábado pelos hebreus, sendo ele associado ao deus do tempo em algumas culturas (MOURÃO, 2016).

Urano foi descoberto nos tempos modernos sendo o sétimo planeta do Sistema Solar (MOURÃO, 2016; RIDPATH, 2014). Segundo Ridpath (2014), Urano tem uma atmosfera de hidrogênio, hélio e outros gases. Abaixo dela fica uma camada de água, metano e amônia sólidos, e no centro do planeta um núcleo de rocha e talvez gelo (RIDPATH, 2014). O astro possui uma inclinação de 98º em relação a vertical por isto ele, seus anéis e suas 27 luas parecem estar deitados em relação aos outros planetas (RIDPATH, 2014). Mourão (2016) e Ridpath (2014) destacam que a translação do planeta dura 84 anos terrestres, sendo que Mourão (2016) diz que um dia dura 10 horas e 45 minutos enquanto Ridpath (2014) afirma que um dia no astro dura 17,24 horas. Quando foi descoberto o nome do planeta era para ser outro, mas para respeitar a denominação dos outros planetas em relação a divindades acabou-se optando pelo nome do deus grego do céu, Urano (MOURÃO, 2016).

Netuno, o último planeta do Sistema Solar, foi descoberto através de cálculos matemáticos (MOURÃO, 2016). Segundo Ridpath (2014), a composição deste planeta se assemelha a de Urano. Mourão (2016) e Ridpath (2014) concordam que o astro tem um período de translação de mais de 164 anos terrestres, contudo Mourão (2016) diz que um dia nele possui 15 horas e 40 minutos, enquanto Ridpath (2014) fala em 16,11 horas. O nome do planeta faz referência ao deus romano do mar Netuno, que era filho de Saturno e irmão de Júpiter e Plutão (MOURÃO, 2016).

2.1.3 Realidade aumentada e virtual na educação

Martins e Guimarães (2012) afirmam que a tecnologia tem estado mais presente nos processos de ensino e aprendizagem e como consequência disto a forma como os alunos aprendem e os professores transmitem o conhecimento acabam sendo modificadas. A Realidade Aumentada e a Realidade Virtual possuem capacidade para auxiliar no processo de aprendizagem, podendo ser usadas para diversas áreas, graus de instrução e faixas etárias (MARTINS; GUIMARÃES, 2012). Desta forma o uso destas tecnologias pode ser útil para apresentar simulações de corpos celestes, oferecendo uma possibilidade de se observar simulações sobre objetos que estão a milhares de quilômetros de distância da Terra.

Contudo Martins e Guimarães (2012) apresentam certos complicantes ao uso de Realidade Aumentada e Virtual na educação. O primeiro problema que os autores comentam é na questão das ferramentas, que são muito complexas e muitas vezes exigem o uso de uma pessoa da área da Computação para fazer a manipulação delas para a criação de conteúdo. O segundo problema está na questão do desenvolvimento da aplicação onde os processos que vão desde o levantamento de requisitos até a avaliação do sistema podem não estar corretamente adaptados para produzir um software com destino educacional (MARTINS; GUIMARÃES, 2012). O último problema levantado por Martins e Guimarães (2012) se refere aos laboratórios onde a aplicação desenvolvida será empregada, que podem estar defasados ou as escolas não possuírem recursos para montar um espaço adequado ao uso de Realidade Aumentada ou Virtual.

2.2 REALIDADE AUMENTADA

Como já foi comentado, a Realidade Aumentada une dois mundos, colocando um mundo virtual no mundo real. Segundo Kirner e Kirner (2011), uma forma de trazer objetos virtuais ao mundo real é usando uma *webcam* para capturar imagens do mundo real, usar um computador para inserir os elementos virtuais nestas imagens e apresentá-las através de monitores, projetores ou capacetes de Realidade Aumentada. Azuma (1997) define que aplicações que usam Realidade Aumentada devem ter três características: combinar real com virtual, ter interação em tempo real e usar 3D.

Kirner e Kirner (2011) afirmam que esta tecnologia mantém senso de presença do usuário no mundo real, já que traz o conteúdo virtual até o usuário, ao contrário da Realidade Virtual que tenta levar o usuário ao mundo virtual, muitas vezes privando-o de seus sentidos. Contudo a Realidade Aumentada pode fazer mais do que simplesmente exibir modelos 3D. Azuma (1997) destaca que aplicações usando esta tecnologia podem se estender a todos os sentidos, sendo exemplos para isto o uso de fones de ouvidos e sons ou luvas com sensores para dar uma resposta tátil sobre a interação com um objeto virtual.

Esta forma de realidade pode ser usada em aplicações médicas, visualização de informações, planejamento de caminhos de robôs, entretenimento, manufatura e reparo (AZUMA, 1997). A variedade de aplicações desta tecnologia pode ser explicada pelo fato dela permitir visualizar informações virtuais no mundo real que, segundo Azuma (1997), acaba aumentando percepção ao usuário.

Segundo Azuma (1997) existem duas formas para fazer a integração entre o mundo real e o virtual: tecnologias ópticas e tecnologias de vídeo. A tecnologia óptica consiste em usar um combinador óptico para mostra imagens do mundo real e virtual ao usuário (AZUMA, 1997). O combinador óptico reflete a luz de uma projeção virtual para o olho do usuário, mas deixa passar a luz do mundo real, assim formando a ilusão que um mundo sobrepõe o outro (AZUMA, 1997). A tecnologia de vídeo por outro lado faz o uso de uma câmera para captar imagens do mundo real, que são unidas a objetos virtuais para depois serem mostras para o usuário (AZUMA, 1997). Mas independentemente da técnica usada para fazer a união dos mundos, Azuma (1997) destaca que um dos desafios ao uso de Realidade Aumentada é o posicionamento do virtual em cima do real, para continuar a manter a ilusão de sobreposição dos mundos.

A evolução das tecnologias permitiu que os sistemas que fazem uso de Realidade Aumentada pudessesem ser empregados em equipamentos que não tinham o propósito de usar este tipo de realidade como: computadores integrados com *webcams*, tablets e smarthphones (AZUMA, 2016). De acordo com Azuma (2016), mesmo que este tipo de realidade esteja mais acessível aos usuários ainda existem problemas como: reconhecimento preciso de grandes áreas, internas ou externas, com diferentes condições ambientais e de iluminação para um registro preciso de pixels; interfaces inovadoras que não usem o mouse e o teclado para controlar sistemas de Realidade Aumentada que funcionem perto dos olhos; e o entendimento semântico de objetos do mundo real. O maior desafio para a Realidade Aumentada é como ela vai se estabelecer como uma nova forma de mídia para permitir novas experiências que as outras mídias não permitem, sendo o entendimento semântico um problema para isto (AZUMA, 2016). Azuma (2016) diz que o entendimento semântico permitiria a um sistema de Realidade Aumentada que ele soubesse no que ele está e não só aonde ele está. Entender o cenário aonde um objeto virtual foi posicionado permitiria a interação dele com o mundo real de forma mais convincente, ao invés do que ocorre atualmente que é só colocar o objeto sem saber nada sobre o cenário (AZUMA, 2016).

2.3 INTERFACE TANGÍVEL

A Interface Tangível pode ser uma forma de fazer uma interface inovadora para interagir com a Realidade Aumentada sem usar o mouse e o teclado. Ela é uma interface computacional que permite o uso de objetos reais para poder manipular e interagir com o mundo virtual (NUNES; RADICCHI; BOTEGA, 2011). Kelner e Teichrieb (2007) comentam que pode-se usar objetos físicos, ferramentas, superfícies ou espaços para fazer as interações,

sendo que por conta disto elas se tornam mais naturais e intuitivas. Um exemplo que Kelner e Teichrieb (2007) usam para descrever esta situação é o uso de um cubo para poder escalar um objeto virtual. Girando o cubo em uma direção aumenta-se a escala e girando em outra diminui-se (KELNER; TEICHRIEB, 2007).

Os sistemas que usam Interface Tangível são vários: mesas multitoques, lousas inteligentes e até dispositivos comuns, como celulares (NUNES; RADICCHI; BOTEGA, 2011). Nunes, Radicchi e Botega (2011) comentam que uma aplicação desta interface é no auxílio a aprendizagem, sendo chamadas de Interfaces Tangíveis para Ambientes de Aprendizagem (TICLE – Tangible Interfaces for Collaborative Learning Environments). Um exemplo de TICLE é a TICLE Table que auxilia o usuário a resolver um problema, como quebra-cabeças, através do monitoramento de suas ações e sugestões de solução (NUNES; RADICCHI; BOTEGA, 2011). Segundo os autores outras aplicações para Interface Tangível são áreas de entretenimento ou tomadas de decisão. Nunes, Radicchi e Botega (2011) citam o Topobo uma ferramenta para entretenimento e o Suplly Chain Visualization para tomada de decisões. O Topobo é sistema montável no qual o usuário pode construir uma forma com certos componentes e animá-la, sendo que o objeto construído irá lembrar e reproduzir os movimentos que lhe foram ensinados (MIT, 2017b). O Suplly Chain Visualization é um projeto que permite a gerentes visualizem e manipulem modelos de fluxo de produtos usando objetos físicos (MIT, 2017a). A interação com os objetos é detectada por um computador que por sua vez projeta uma representação do modelo criado em cima dos objetos (MIT, 2017a).

Para Fishkin (2004), as Interfaces Tangíveis podem ser classificadas levando em conta dois atributos: personificação e metáfora. A personificação diz respeito a distância entre a entrada da interface e a saída produzida (NUNES; RADICCHI; BOTEGA, 2011). Fishkin (2004) define os tipos de personificação como:

- a) personificação completa: o dispositivo de entrada é o mesmo que a saída, ou seja, o dispositivo que recebe a interação vai mostrar o resultado desta interação. Fishkin (2004) usa uma analogia com um pedaço de argila, para explicar esta personificação, pois ao moldar a argila o resultado é notado na mesma;
- b) personificação próxima: a saída está próxima da entrada e ambas estão fortemente acopladas. Nunes, Radicchi e Botega (2011) dizem que mesas multitoque são exemplos de personificação próxima quando existe uma interação que envolve o uso de objetos reais em sua superfície para assim gerar alguma saída;
- c) personificação ambiental: a saída está entorno do usuário, produzindo mudanças

que são notadas pelos sentidos do mesmo. Exemplos de mudanças seriam uso de luz, áudio ou sensação térmica;

- d) personificação distante: a saída se encontra distante da entrada, como por exemplo, em outra tela. Uma boa analogia é um controle remoto de TV, sendo que o controle é a entrada e a tela da TV a saída.

Já a metáfora trata da relação entre a forma e ações desempenhadas com um objeto tangível no sistema e no mundo real (FISHKIN, 2004). Sendo assim, o que é avaliado é se a forma ou a ação tem alguma relação com a realidade ou produz o mesmo efeito que ocorreria no mundo real (FISHKIN, 2004). Para Fishkin (2004), os tipos de metáforas são:

- a) nenhuma metáfora: não é utilizada nenhum tipo de metáfora, as ações não tem analogia com o mundo real;
- b) metáfora de nome: o objeto no sistema tem a aparência do objeto real, mas as ações realizadas com objeto tem uma analogia fraca com a realidade ou nenhuma analogia;
- c) metáfora de verbo: a analogia com a realidade ocorre devido a ação empregada com o objeto, sendo que a forma é irrelevante;
- d) metáfora de nome e verbo: a aparência e a ação estão relacionadas e é possível fazer uma analogia, mas ainda existe uma diferença entre o objeto físico e o virtual;
- e) metáfora completa: não há necessidade de se fazer uma analogia, para o usuário o sistema virtual é o sistema físico.

Fishkin (2004) diz que esta forma de classificação não serve para dizer se uma interface é melhor ou pior, mas sim se a interface é mais ou menos tangível. Outro ponto é que esta classificação pode ajudar a desenvolver sistemas tangíveis usando como premissa aonde se deseja chegar, ou seja, como uma pessoa deve usar o sistema (FISHKIN, 2004). Para tanto é necessário pensar em como se deseja que o usuário interaja e pense sobre o sistema, procurando por quais tipos de personificação e metáforas melhores se aplicam (FISHKIN, 2004).

Segundo Ishii (2008) no uso de Interfaces Tangíveis existe uma divisão na questão de visualização das informações que é a representação tangível e intangível. A representação tangível engloba o que pode ser representado usando uma forma física, sendo que isto ajuda a cruzar a ponte entre o real e o virtual (ISHII, 2008). Neste tipo de representação o objeto físico também acaba se tornando um controle para a informação que ele representa, pois ao

fazer uma modificação no objeto a informação associada a ela também deve sofrer uma mudança (ISHII, 2008). A representação intangível se refere aos materiais e as propriedades físicas dos objetos que não podem ser facilmente alterados como ocorreria em uma representação virtual (ISHII, 2008). Para tanto Ishii (2008) diz que os sistemas que usam Interface Tangível utilizam projeções de vídeo e sons para desviar desta limitação. Ishii (2008) comenta que o sucesso de uma Interface Tangível está associado ao equilíbrio e a forte união entre os elementos tangíveis e intangíveis, pois desta forma é possível criar uma interface que consegue borrar o limite entre o real e o virtual.

Também existem alguns pontos que devem ser considerados ao se criar uma Interface Tangível. O primeiro ponto é mapear o objeto e o seu uso para um processamento digital e uma resposta de forma significativa e compreensiva, sendo que isto é decidido pelo tipo de aplicação que se tem em mente (ISHII, 2008). Segundo Ishii (2008) este ponto é definido pelas ações executadas por um objeto e as respostas gráficas que o sistema oferece. O segundo ponto é a movimentação do objeto físico, e suas limitações (ISHII, 2008). Quando um objeto é escolhido deve-se considerar as limitações físicas do mesmo para decidir quais movimentos ele pode realizar (ISHII, 2008). As limitações do objeto podem criar limitações de interações, sendo assim é necessário escolher movimentos que sejam suportados pelo objeto escolhido e baseados em ações reais do objeto (ISHII, 2008). Outro questão sobre esse ponto é a liberdade de movimentação do objeto, ou seja ele será livre ou terá alguma restrição de espaço ou superfície para poder ser usado (ISHII, 2008). O último ponto é o acoplamento de percepção, que depende de uma resposta rápida da parte intangível a manipulação da parte tangível (ISHII, 2008). De acordo com Ishii (2008) a representação tangível tem um papel central na Interface Tangível, mas existe o suporte a parte intangível que serve para mediar muitas das informações dinâmicas geradas pelo processamento. E como já havia sido comentado antes, esta união entre tangível e intangível é crítica para o sucesso da Interface Tangível.

2.4 VUFORIA

O SDK Vuforia é uma ferramenta para construção de Realidade Aumentada, que pode ser usada em ambientes de desenvolvimento como Xcode, Android Studio ou Unity (VUFORIA, 2016a). Ele pode ser usado em aplicações para diferentes dispositivos e plataformas, tais como tablets e smartphones, notebooks, óculos de Realidade Aumentada ou capacetes Realidade Virtual (VUFORIA, 2016b).

Vuforia trabalha com o reconhecimento de marcadores. Para fazer isto existem duas possibilidades, Device Database, que é mais rápido, ou o Cloud Database, que tem maior capacidade para quantos marcadores pode reconhecer (VUFORIA, 2016c). Os marcadores são imagens que devem ser cadastradas em algum Database do Vuforia, sendo que cada imagem recebe uma classificação de 0 a 5 estrelas (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017a). Esta classificação indica o quanto bem uma imagem pode ser detectada pelo Vuforia: 0 estrela é muito ruim, 5 estrelas é muito boa (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017a). De acordo com Vuforia Developer Library (2017a), a classificação ocorre por conta da quantidade de características presentes na imagem e para ter uma boa classificação é importante prestar atenção a detalhes como: bom contraste da imagem e distribuição das características de maneira uniforme. Vuforia Developer Library (2017a) diz que imagens com formas arredondadas e borradadas devem ser evitadas pois não apresentam detalhes suficientes para terem boas características de reconhecimento. Imagens com padrões repetidos também não são bons marcadores, pois a repetição pode dificultar o processo de detecção, fazendo os elementos serem posicionados de forma incorreta no mundo real (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017a).

Os tipos de marcadores reconhecidos são objetos, imagens, cilindros, textos, caixas e VuMarks (VUFORIA 2016d). VuMark é uma imagem que formar um código de barras mas tem o seu formato customizável (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017b). Este SDK é pago, mas apresenta uma opção grátis para o desenvolvimento (VUFORIA, 2016e).

Além de ter um marcador com uma boa classificação também existem outras ações que podem ser tomadas para melhorar a detecção dos marcadores (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017c). Vuforia Developer Library (2017c) diz que definir um modo para o foco da câmera ajuda a conseguir uma imagem melhor do marcador e das suas características, facilitando o processo de detecção. A luz também tem influência na detecção das características. É importante dar prioridade a ambientes internos, pois é fácil de controlar a iluminação, e ter luz o suficiente para captar as características dos marcadores com a câmera (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017c). Vuforia Developer Library (2017c) recomenda o uso do flash da câmera do dispositivo para situações onde a iluminação não possa ser controlada, se ele possuir esta opção. O tamanho do marcador e o ângulo de visualização do mesmo influenciam no reconhecimento (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017c). Marcadores pequenos longe do dispositivo ou com um ângulo muito oblíquo em relação à câmera, reflexos por conta da luz ou deformidades que ocorrem na superfície do marcador

impresso dificultam o processo de reconhecimento (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017c).

Como o Vuforia pode ser usado em conjunto com o Unity deve-se considerar a possibilidade do motor de jogos apresentar limitações de hardware da mesma forma que o SDK apresenta limitações em relação aos marcadores. Para rodar aplicações feitas no Unity, Unity (2017) cita os requisitos de algumas plataformas como Android e iOS. Para dispositivos Android é necessário usar a versão 4.1 ou posterior do sistema operacional, ter uma CPU ARMv7(Cortex) com suporte NEON ou uma CPU Atom e OpenGL ES 2.0 ou posterior (UNITY, 2017). Para dispositivos com iOS o iOS player necessita da versão 7.0 ou mais recente do sistema operacional (UNITY, 2017). Outro ponto é que aplicações que fazem uso de uma mistura de realidades tendem a usar mais intensivamente o hardware do equipamento em que estão rodando devido a todo o processamento e renderização envolvidos (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017d). Este fato pode gerar uma diminuição na taxa de *frames* que é exibido ao usuário (VUFORIA DEVELOPER LIBRARY, 2017d).

2.5 TRABALHOS CORRELATOS

Neste capítulo são apresentados trabalhos com características semelhantes aos principais objetivos do estudo proposto. O primeiro é uma ferramenta para exploração do Sistema Solar chamada SOL-AR (OKAWA; KIRNER; KIRNER, 2010), o segundo é um estudo sobre o uso de Interface Tangível no contexto de uma ferramenta para ensinar astronomia (SIN; ZAMAN, 2010) e o terceiro é um trabalho que fala sobre a construção de Interface Tangível usando Unity e Realidade Aumentada (SILVA, 2016).

2.5.1 Sistema solar com realidade aumentada

O artigo de Okawa, Kirner e Kirner (2010, p. 72) aborda o desenvolvimento “[...] do SOL-RA, uma aplicação de realidade aumentada para apoiar a exploração do Sistema Solar, para professores, estudantes e interessados.” Para desenvolver o trabalho Okawa, Kirner e Kirner (2010) usaram como tecnologias o Sistema de Autoria Colaborativa com Realidade Aumentada (SACRA) e *webcams* para detectar os marcadores. Segundo os autores, a ferramenta SACRA é utilizado para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada, sendo que ela é baseada no ARToolKit. O SOL-RA utiliza marcadores para quase todas as ações que são: ir para o próximo planeta, mostrar informações sobre ele, duplicá-lo, transportá-lo e apagá-lo (OKAWA; KIRNER; KIRNER, 2010).

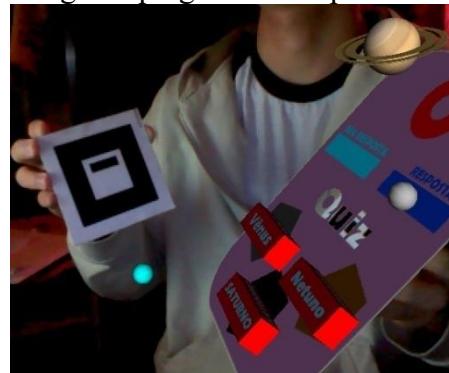
Para tornar o projeto diferente do que os autores pesquisaram e viram que existia foi necessário colocar conteúdo multimídia no projeto, como sons, animações e textos (OKAWA; KIRNER; KIRNER, 2010). Sendo assim, a aplicação exibe informações sobre os planetas, possui um livro físico com marcadores de Realidade Aumentada (para ajudar na aprendizagem) e exercícios de fixação utilizando um jogo da memória e um jogo de perguntas e respostas (OKAWA; KIRNER; KIRNER, 2010). A Figura 2 mostra o livro desenvolvido por Okawa, Kirner e Kirner (2010) apresentando informações sobre o Sol. A Figura 3 mostra o uso do jogo de perguntas e respostas, onde se usa um marcador para fazer as interações.

Figura 2 – Livro do SOL-AR mostrando informações sobre o Sol



Fonte: Okawa, Kirner e Kirner (2010).

Figura 3 – Jogo de perguntas e respostas do SOL-AR



Fonte: Okawa, Kirner e Kirner (2010).

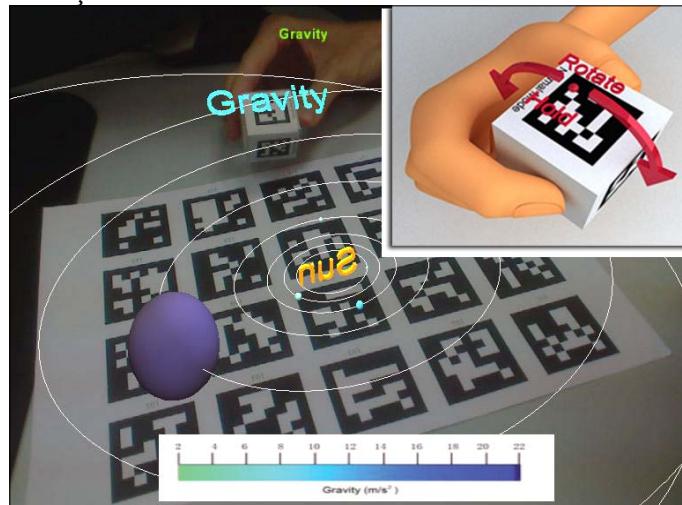
Okawa, Kirner e Kirner (2010) concluem seu trabalho dizendo que a principal contribuição do projeto foi a integração de recursos audiovisuais para produzir uma ferramenta. Esta fornece informações do Sistema Solar e ajuda na sua fixação, utilizando uma Interface Tangível para facilitar o uso pelo público jovem (OKAWA; KIRNER; KIRNER, 2010). Por fim, Okawa, Kirner e Kirner (2010) dizem que a ferramenta será disponibilizada para uso livre e desta forma os autores esperam que ela ajude na compreensão e facilite a aprendizagem sobre o Sistema Solar.

2.5.2 Live solar system (LSS): evaluation of an augmented reality book-based education tool

O artigo de Sin e Zaman (2010) trata da aplicação de Realidade Aumentada Tangível. Uma mistura de interface de Realidade Aumentada com uma Interface com o Usuário Tangível, em uma ferramenta para ensinar astronomia chamada de Live Solar System (SIN; ZAMAN, 2010). O trabalho não fala dos aspectos técnicos da ferramenta, mas sim dos testes realizados com ela.

As imagens do mundo real são capturadas pela *webcam* e enviadas para um processo de detecção de marcadores (SIN; ZAMAN, 2010). Tendo identificado o marcador, o conteúdo digital é exibido junto com as imagens do mundo real em um monitor ou um capacete de Realidade Virtual (SIN; ZAMAN, 2010). Os autores dizem que o objeto escolhido para ser utilizado para fazer Realidade Aumentada Tangível foi um cubo, pois é fácil de ser manipulado, sendo ele um objeto do cotidiano ao qual todos estão acostumados. A Figura 4 mostra o uso do marcador de cubo para fazer uma interação com o Sistema Solar Virtual.

Figura 4 – Interação com o Sistema Solar virtual usando o marcador de cubo



Fonte: Sin e Zaman (2010).

A pesquisa foi realizada com um grupo de quarenta alunos, sendo que eles foram divididos em duas turmas de vinte alunos: uma de controle, onde o método de ensino usado foi ler livros e explicações de professores e o outro grupo utilizou a ferramenta com um capacete de Realidade Virtual (SIN; ZAMAN, 2010). Segundo Sin e Zaman (2010) foram aplicados testes antes e depois do uso da ferramenta, sendo que o grupo que utilizou Realidade Virtual aumentou o seu desempenho em 46% contra 17% do grupo de controle. No quesito sobre ser fácil de usar só 12% discordaram levemente e na questão de aprendizagem também só 12% discordaram levemente (SIN; ZAMAN, 2010). Para provar que a ferramenta

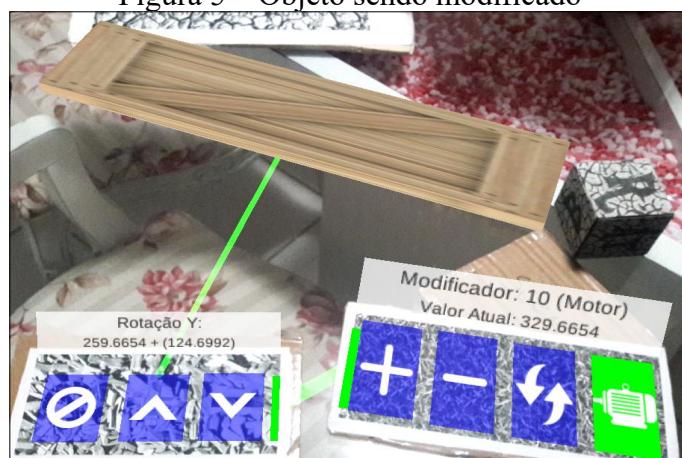
tinha uma aprendizagem rápida, de acordo com os autores, foi realizado um teste com duas turmas de cinco alunos cada, onde eles tiveram de usar a ferramenta. Uma turma teve uma explicação detalhada de uso e a outra uma explicação geral, sendo que esta levou só nove segundos a mais para completar o teste (SIN; ZAMAN, 2010). O artigo de Sin e Zaman (2010, p. 6, tradução nossa) conclui que “Esta nova abordagem de aprendizagem dá uma experiência de aprendizagem mais envolvente para os alunos.”

2.5.3 Visedu: interface de usuário tangível utilizando realidade aumentada e unity

O trabalho de conclusão de curso de Silva (2016, p. 14) teve como meta “[...] desenvolver uma interface de usuário tangível para manipular objetos tridimensionais virtuais utilizando realidade aumentada.” Para alcançar o seu objetivo, Silva (2016) utilizou como ferramentas o motor de jogos Unity, SDK Vuforia e um smartphone.

O trabalho usa marcadores para criar objetos, eliminar objetos, criar cenas, representar atributos e modificadores e um cubo para interagir com os objetos (SILVA, 2016). O aplicativo usa a câmera do smartphone para capturar imagens do mundo real. Quando ela encontra o marcador para criar objetos, são apresentadas opções de objetos que podem ser criados, onde pode-se interagir com os objetos através do marcador de cubo. Selecionando um objeto com o cubo é possível colocá-lo em um marcador de cena e modificá-lo com os marcadores de atributos e modificadores. Por fim, é possível destruir o objeto selecionando o mesmo com o cubo e movendo-o para o marcador que elimina objetos. A Figura 5 mostra um objeto sendo modificado e os marcadores de atributos, modificadores e o cubo. Silva (2016, p. 63) fala que em seu trabalho “os objetivos propostos foram atingidos com resultados satisfatórios, com isto permitindo ao usuário um entendimento do conceito da interface de usuário tangível.”

Figura 5 – Objeto sendo modificado



Fonte: Silva (2016).

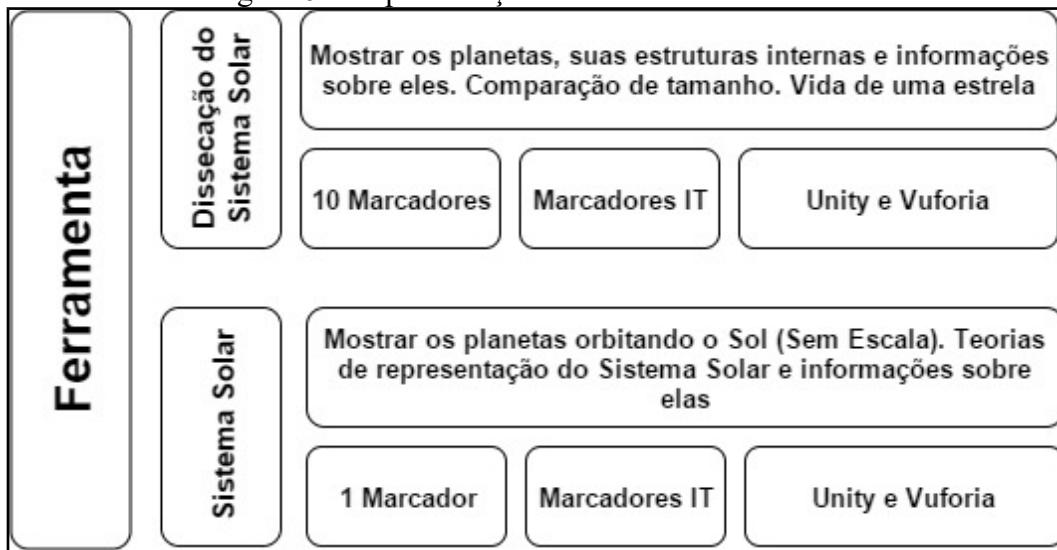
3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

Neste capítulo serão apresentados os passos do desenvolvimento da ferramenta. A seção 3.1 apresenta a ideia geral da ferramenta. Na seção 3.2 são apresentados os requisitos principais do problema. Na seção 3.3 é apresentada a especificação do problema. A seção 3.4 apresenta a implementação que foi usada neste trabalho. Por fim, a seção 3.5 apresenta a análise dos resultados obtidos por este trabalho.

3.1 CENÁRIO

O cenário proposto para a ferramenta desenvolvida foi dividido em dois módulos. O primeiro é o módulo de Dissecção do Sistema Solar onde o usuário pode ver os planetas em detalhes, separadamente ou em conjunto, tendo uma escala real aplicada a eles, podendo mostrar a estrutura interna dos planetas e informações sobre eles. O Sol pode ser mostrado e tem a possibilidade de ver uma escala entre ele e os planetas. O ciclo de vida de uma estrela também pode ser mostrado neste no primeiro módulo. O segundo módulo é o Sistema Solar que apresenta todos os oito planetas orbitando o Sol, não observando escalas de tamanho e distância, podendo variar entre o modelo heliocêntrico, geocêntrico e geocêntrico segundo Tycho Brahe. A Figura 6 mostra uma representação do cenário descrito anteriormente.

Figura 6 – Representação do cenário da ferramenta



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 REQUISITOS

A ferramenta proposta deve possuir dois módulos, sendo que para cada módulo existem requisitos que podem ou não ser diferentes. Para facilitar a compreensão, os

requisitos foram separados pelo módulo ao qual eles pertencem e o que é comum a ambos é apresentado por último.

Para o módulo de Dissecção do Sistema Solar:

- a) utilizar nove marcadores de Realidade Aumentada, um para cada planeta e um para o Sol para mostrar modelos do corpo celestes representado pelo marcador (Requisito Funcional – RF);
- b) utilizar um marcador de Realidade Aumentada para fazer a simulação da vida de uma estrela (RF);
- c) exibir informações sobre os planetas do Sistema Solar, o Sol e o ciclo de vida de uma estrela (RF);
- d) exibir a estrutura interna dos planetas do Sistema Solar (RF);
- e) alterar as escalas dos corpos celestes quando mais de um marcador for detectado (RF);
- f) alternar entre as estruturas internas e externas dos planetas e mostrar informações sobre eles (RF);
- g) alterar os dados da simulação da vida de uma estrela (RF);
- h) utilizar marcadores de Realidade Aumentada para fazer a Interface Tangível para interagir com este módulo (Requisito Não Funcional – RNF);
- i) utilizar um marcador de cubo de Realidade Aumentada para fazer a Interface Tangível permitindo interagir com o marcador de simulação de vida de uma estrela e adicionar o marcador do Sol a escala de corpos celestes (RNF).

Para o módulo de Sistema Solar:

- a) utilizar um marcador de Realidade Aumentada para posicionar o modelo virtual do Sistema Solar no mundo real (RF);
- b) exibir informações sobre os modelos de representação do Sistema Solar (RF);
- c) alterar a velocidade de translação dos planetas (RF);
- d) alterar o modelo de representação do Sistema Solar (RF);
- e) utilizar um marcador de cubo de Realidade Aumentada para fazer a Interface Tangível visando mudar a velocidade de translação dos planetas e alterar entre os modelos de representação do Sistema Solar (RNF);
- f) utilizar um marcador de Realidade Aumentada para fazer a Interface Tangível para exibir informações sobre os modelos de representação do Sistema Solar (RNF).

Para a ferramenta em geral:

- a) permitir que o usuário escolha qual mão utilizará para manipular os elementos da Interface Tangível (RF);
- b) utilizar o motor de jogos Unity 3D, a linguagem C# e a IDE Visual Studio 2015 Community para fazer desenvolvimento da ferramenta (RNF);
- c) utilizar o SDK Vuforia para fazer a parte de realidade aumentada (RNF);
- d) utilizar a ferramenta de modelagem 3D Blender para fazer os modelos que não possam ser criados no motor de jogos Unity 3D (RNF).

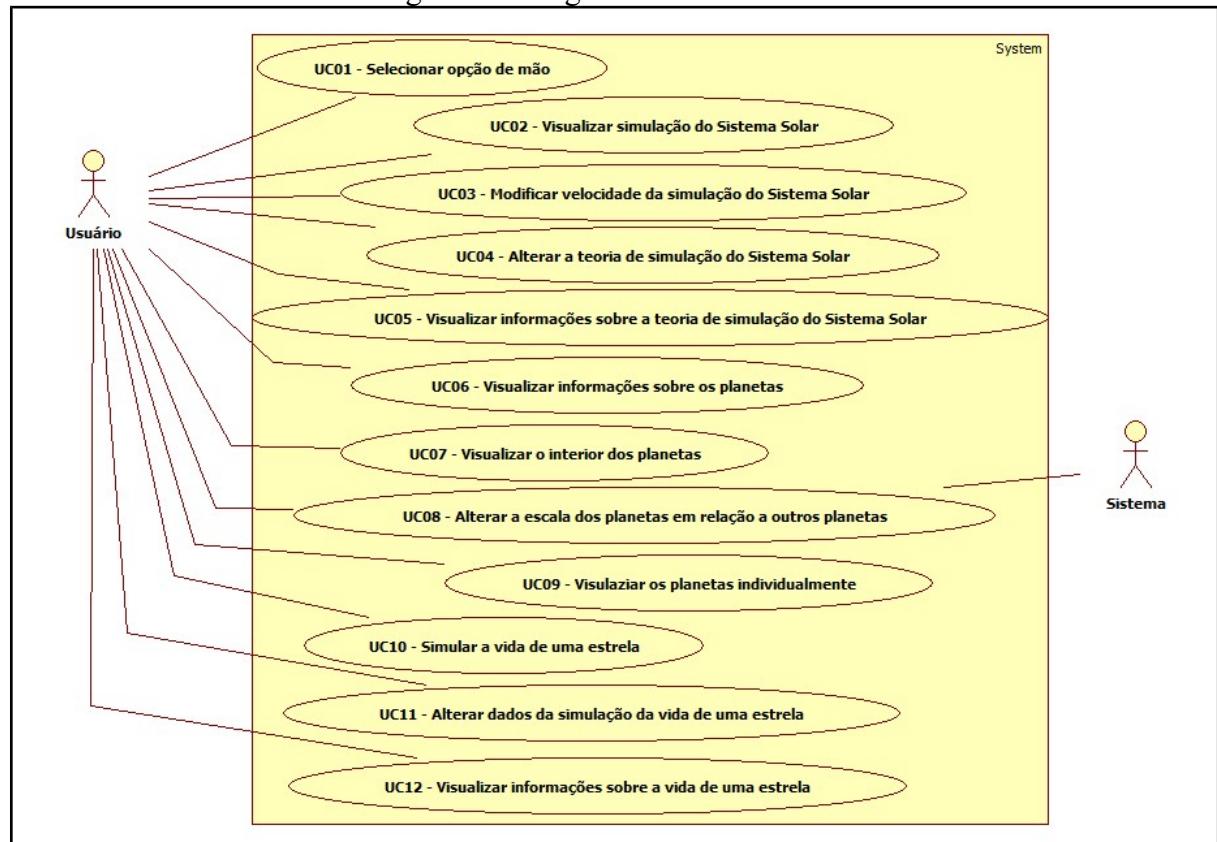
3.3 ESPECIFICAÇÃO

A especificação da ferramenta foi feita utilizando a linguagem UML e a ferramenta StarUML, com a qual foram feitos diagramas de casos de uso, diagrama de classes e o diagrama de atividade. O diagrama de atividades não será mostrado nesta seção, mas sim na seção 3.4, permitindo assim mostrar melhor o fluxo de uso da ferramenta.

3.3.1 Diagrama de Casos de Uso

Com base nos requisitos foi desenvolvido um diagrama de casos de uso que é apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Diagrama de casos de uso



Fonte: elaborado pelo autor.

No diagrama apresentado, o caso UC01 – Selecionar opção de mão, o usuário seleciona a mão que ele usará para segurar o marcador do tipo cubo. O caso UC02 – Visualizar simulação do Sistema Solar, o usuário verá uma simulação do Sistema Solar no modelo heliocêntrico. O caso UC03 – Modificar velocidade da simulação do Sistema Solar, o usuário usa o marcador cubo para aumentar ou diminuir a velocidade da simulação. Uma velocidade negativa faz os corpos celestes girarem na direção oposta e na velocidade zero não existe rotação. O caso UC04 – Alterar a teoria de simulação do Sistema Solar, o usuário, usando o marcador cubo, pode modificar a simulação para representar as teorias heliocêntrica, geocêntrica e geocêntrica segundo Tycho Brahe. O caso UC05 – Visualizar informações sobre a teoria de simulação do Sistema Solar, o usuário visualiza informações sobre a teoria que está sendo simulada no momento. No caso UC06 – Visualizar informações sobre os planetas, o usuário pode ver informações sobre os planetas. O caso UC07 – Visualizar o interior dos planetas, o usuário visualiza as camadas que formam os planetas. O caso UC08 – Alterar a escala dos planetas em relação a outros planetas, o usuário coloca mais do que um marcador de planeta para a ferramenta reconhecer, a ferramenta reconhece os marcadores e escala o menor planeta em relação ao maior, para uma comparação de tamanho. O caso UC09 – Visualizar os planetas individualmente, o usuário observa só um planeta. O caso UC10 – Simular a vida de uma estrela, o usuário pode simular a vida de uma estrela desde o seu nascimento até a sua morte. O caso UC11 – Alterar os dados da simulação da vida de uma estrela, o usuário pode configurar a massa e tempo de simulação para o UC10. O caso UC12 – Visualizar informações sobre a vida de uma estrela, o usuário visualiza informações sobre o ciclo de vida de uma estrela.

Para facilitar a associação entre os casos de uso e os requisitos o Quadro 1 faz uma relação entre eles. Os RFs estão divididos pelo módulo a que pertencem e só é mostrada a letra e uma breve descrição que os representa dentro do módulo.

Quadro 1 – Relação entre RF e casos de uso

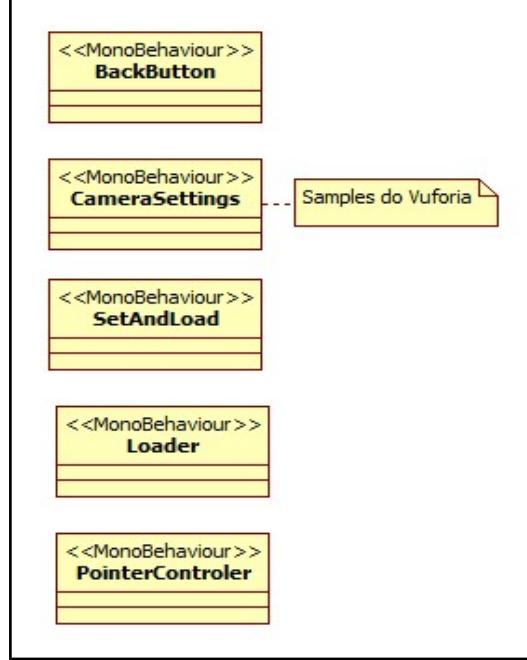
RFs\Casos de Uso	UC1	UC2	UC3	UC4	UC5	UC6	UC7	UC8	UC9	UC10	UC11	UC12
Ferramenta em Geral												
a) selecionar mão	X											
Dissecção do Sistema Solar												
a) mostrar modelos									X			
b) simular vida de estrela										X		
c) exibir informações						X						X
d) exibir camadas							X					
e) fazer a escala								X				
f) alterar entre exterior e interno dos planetas					X	X		X				
g) alterar dados da simulação da vida de estrela											X	
Sistema Solar												
a) posicionar o modelo		X										
b) exibir informações						X						
c) alterar velocidade			X									
d) alterar modelo				X								

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3.2 Diagrama de Classes

As Figuras 8, 9 e 10 apresentam o diagrama de classes da ferramenta desenvolvida, dividido em partes. No diagrama de classes optou-se por não mostrar as variáveis e métodos para ser possível ter uma visão geral da ferramenta.

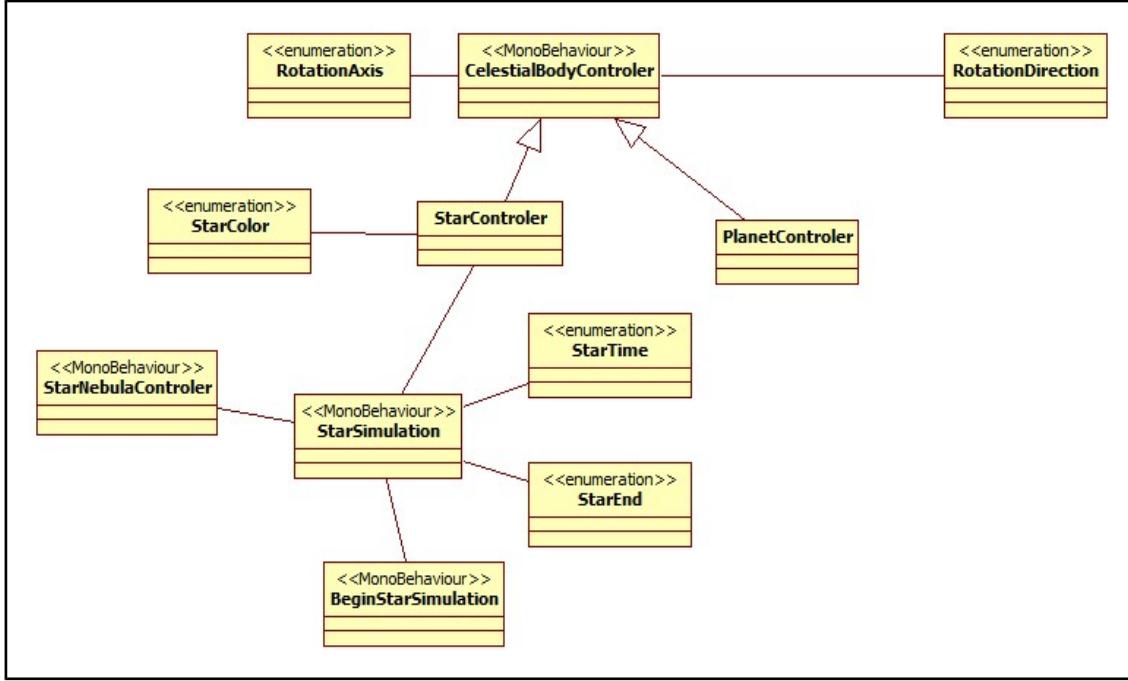
Figura 8 – Parte do diagrama de classes



Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 8 mostra *scripts* que não tem relação com outros *scripts*. Isto se deve pelo fato que eles apresentam comportamentos muito específicos de alguns elementos, como mudança de cor ou carregar uma tela. A estrutura de componentes do Unity possibilitou que isto ocorresse, pois ela permite que vários *scripts* sejam adicionados em um elemento e este elemento executará todos os *scripts* ativos nele. Sendo assim foi feito uso desta particularidade do Unity para separar códigos muito específicos de outros que poderiam ser reaproveitados. O *script* CameraSettings não foi desenvolvido por este trabalho ele veio de um exemplo do Vuforia e serve para ativar o autofocus da câmera do dispositivo, para ter uma captação de imagens melhor.

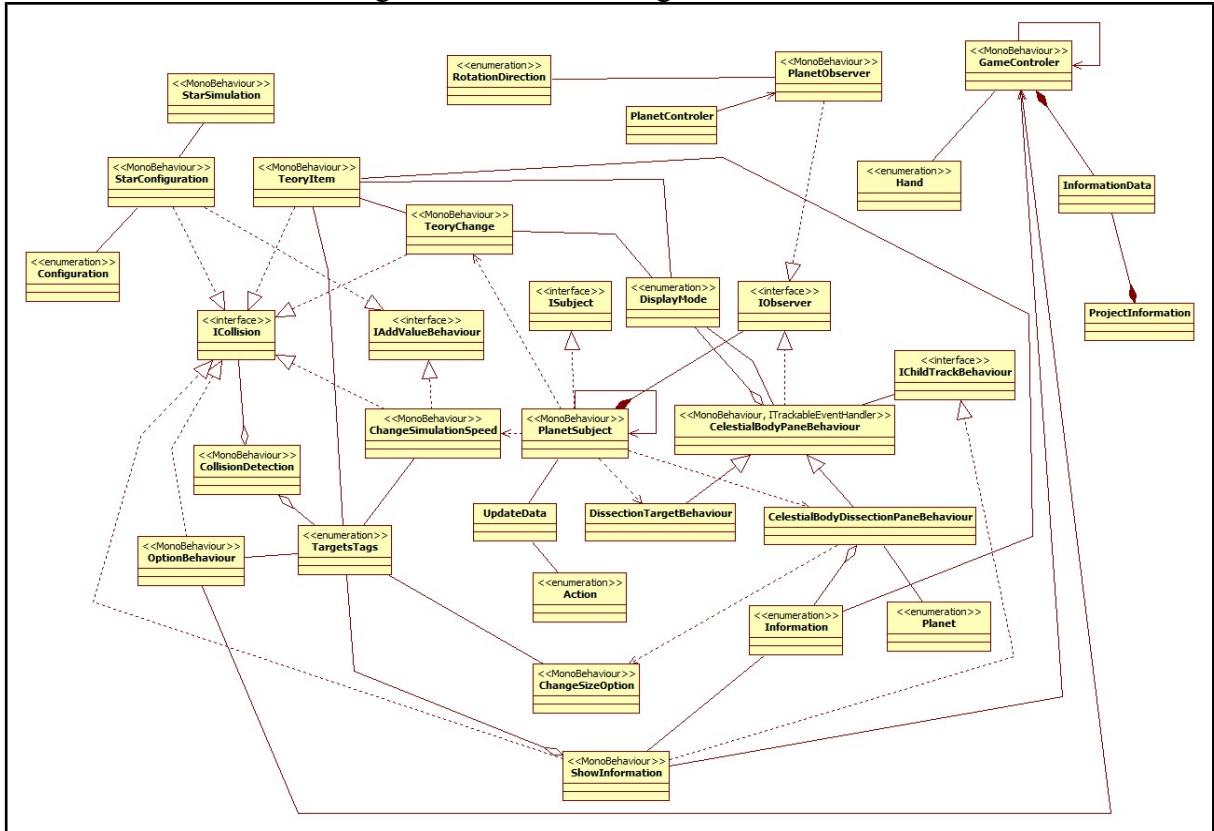
Figura 9 – Parte do diagrama de classes



Fonte: elaborado pelo autor.

A Figuras 9, com exceção do *script* `BeginStarSimulation`, mostra os *scripts* que podem ser reaproveitados para o objetivo específico de criar um módulo reaproveitável. Eles consistem em *scripts* feitos para simular os movimentos de rotação e translação de um corpo celeste, além de calcular dados sobre a vida de uma estrela e simular este processo. `BeginStarSimulation` serve para dar início a simulação da vida de uma estrela, mas ele faz uso de uma variável do tipo `StarSimulation` em um contexto de Interface Tangível, por isto ele pode ser descartado sem perdas de reaproveitabilidade. Estes *script* reaproveitáveis não tem relação com a parte de Realidade Aumentada, sendo assim eles podem ser usados para aplicações de Realidade Virtual ou Realidade Aumentada.

Figura 10 – Parte do diagrama de classes



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 10 são mostrados os *scripts* que são responsáveis por todo o funcionamento da ferramenta. Isto consiste em tratar as ações da Interface Tangível e no funcionamento de certos marcadores que devem exibir elementos diferentes dependendo de alguma interação do usuário, que no caso são as teorias do Sistema Solar ou a parte externa e interna dos planetas. Os *scripts* da Figura 10 fazem o uso de padrões de projeto por duas razões: primeiro para poderem ser facilmente adaptados e segundo para terem relação com os *scripts* da Figura 9 sem alterá-los, ou seja, eles podem usar variáveis dos *scripts* da Figura 9, mas para modificar um *script* de lá foi feito o uso de adaptadores. O uso de *interfaces* também pode ser notado já que elas servem para padronizar certos tipos de comportamentos comuns a muitos *scripts*. Isto foi necessário devido a forma como o Vuforia trata ao encontrar e perder os marcadores, que é ativando e desativando componentes, sendo assim necessário definir comportamentos semelhantes que deveriam ocorrer nestes momentos.

3.4 IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção são mostradas as técnicas e ferramentas utilizadas em conjunto com a operacionalidade da implementação.

3.4.1 Técnicas e ferramentas utilizadas

Para a construção da ferramenta foi utilizado o motor de jogos Unity 3D versão 5.4.1f1 Personal junto com o SDK Vuforia versão 6.2.6. Como ambiente de desenvolvimento (IDE) foi usado o Visual Studio 2015 Community com a linguagem programação C#. Para a criação dos marcadores foi utilizada a ferramenta de desenho vetorial Inkscape versão 0.91. Os modelos dos interiores dos planetas e os anéis de Saturno e Urano foram feitos usando o software Blender versão 2.76. As imagens utilizadas como textura para as luas de Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno vieram da Nasa¹ e estão sob a licença JPL Image Use Policy². As texturas dos planetas e dos anéis de Saturno vieram do site Solar System Scope³ e estão sob a licença Creative Commons atribuição 4.0 internacional, sendo que no site do Solar System Scope diz que as permissões são: usar, adaptar e compartilhar para qualquer propósito, até comercial.

3.4.1.1 Criando marcadores

Antes de começar o desenvolvimento do projeto foi necessário criar os marcadores especificados nos requisitos. Existia a possibilidade de usar os marcadores padrões do Vuforia ou usar fotos, mas foi optado pela criação de novos.

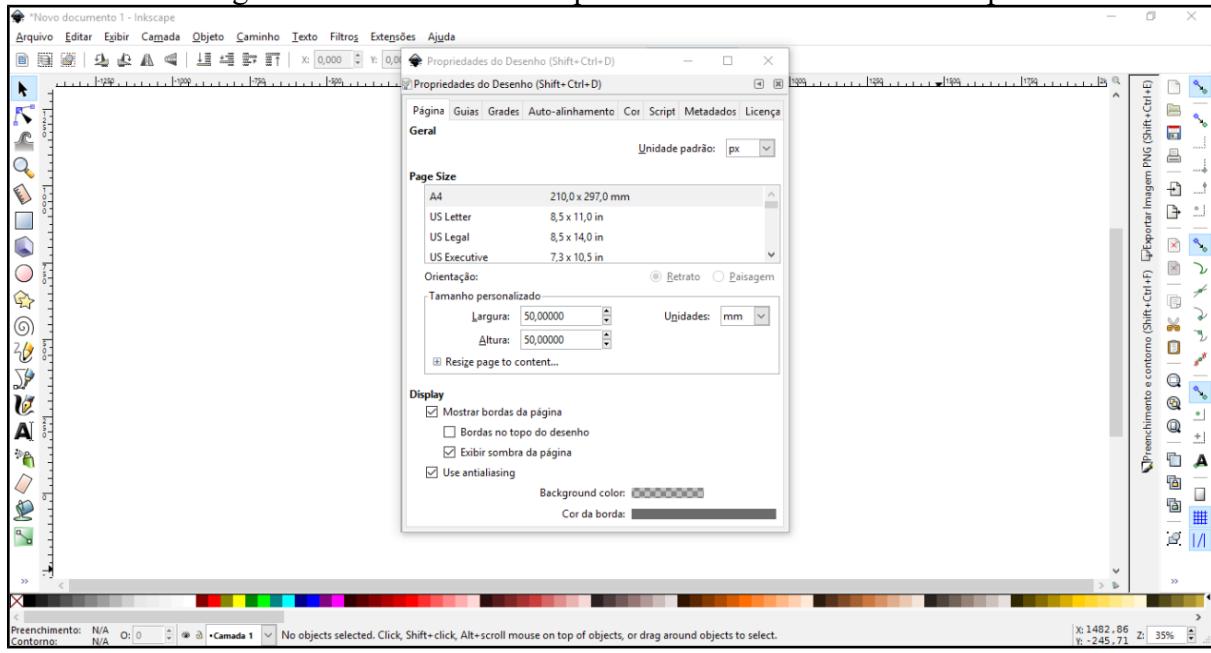
O processo apresentado aqui foi usado para desenvolver os marcadores dos planetas. No Inkscape, primeiramente o tamanho da página foi alterado para ficar compatível com o tamanho dos marcadores desejados, que eram 5 centímetros. Esta alteração é feita acessando a aba Arquivo e selecionando a opção Propriedades do Desenho. A Figura 11 demonstra este processo.

¹ Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology. **Solar System Simulator.** [20--]. Disponível em: <<http://maps.jpl.nasa.gov/>>. Acesso em: 28 fev. 2017.

² Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology. **JPL Image Use Policy.** [20--]. Disponível em: <<https://www.jpl.nasa.gov/imagepolicy/>>. Acesso em: 2 mar. 2017.

³ SOLAR SYSTEM SCOPE. **Textures.** [201-]. Disponível em: <<http://www.solarsystemscope.com/textures/>>. Acesso em: 07 ago. 2016.

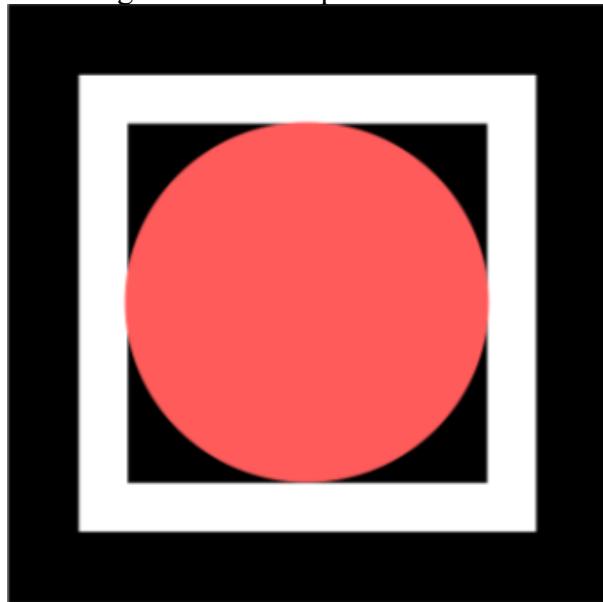
Figura 11 – Alterando as Propriedades do Desenho no Inkscape



Fonte: elaborado pelo autor.

Depois disto foram desenhadas algumas formas básicas como quadrados e círculos. Primeiramente foram feitos os quadrados com cores alterando entre preto e branco. O maior quadrado tinha o tamanho da página, que foi redefinido para 5 centímetros. No centro foi desenhado um círculo colorido para ajudar no reconhecimento do marcador, por parte do usuário, usando a cor. A Figura 12 é um exemplo de uma imagem feita com o método descrito acima.

Figura 12 – Exemplo de marcador

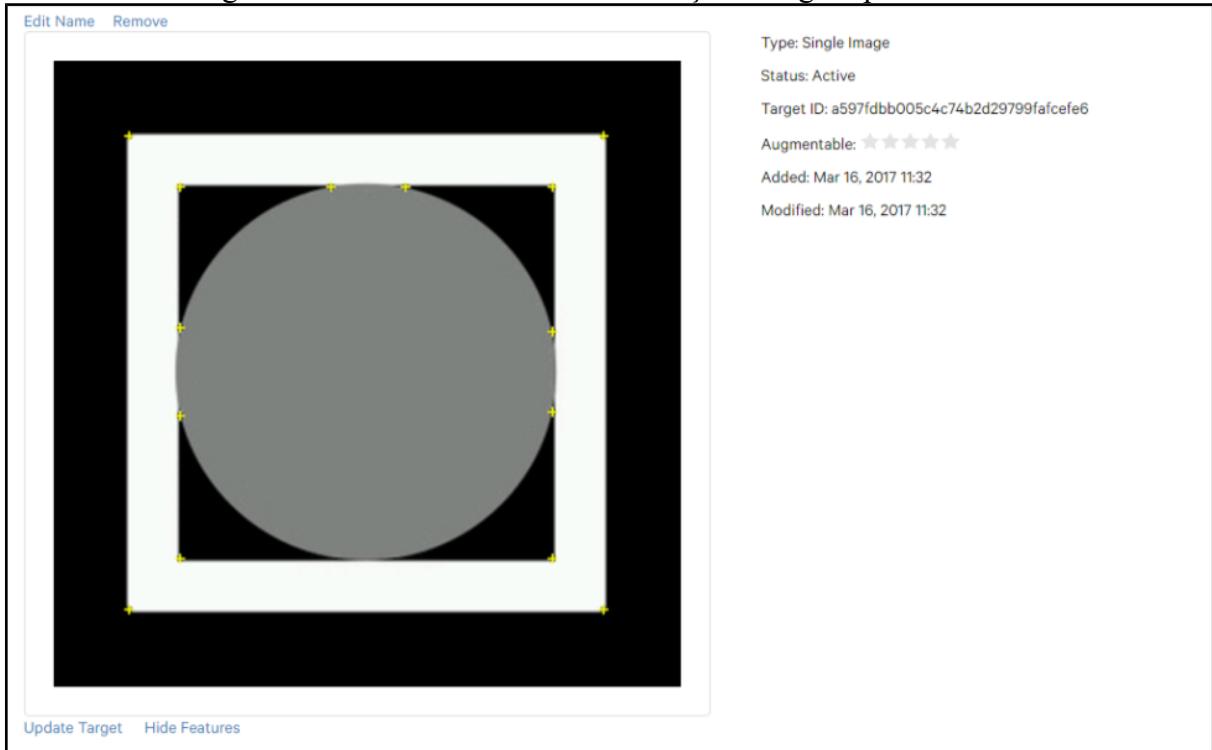


Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 12 é muito básica, não servindo como um bom marcador do Vuforia. Ela não apresenta muitas características pra reconhecimento. A Figura 13 demonstra as características

da imagem depois de cadastrada em uma base do Vuforia e como ela recebeu uma classificação de 0 estrela, mostrando que ela não é um bom marcador.

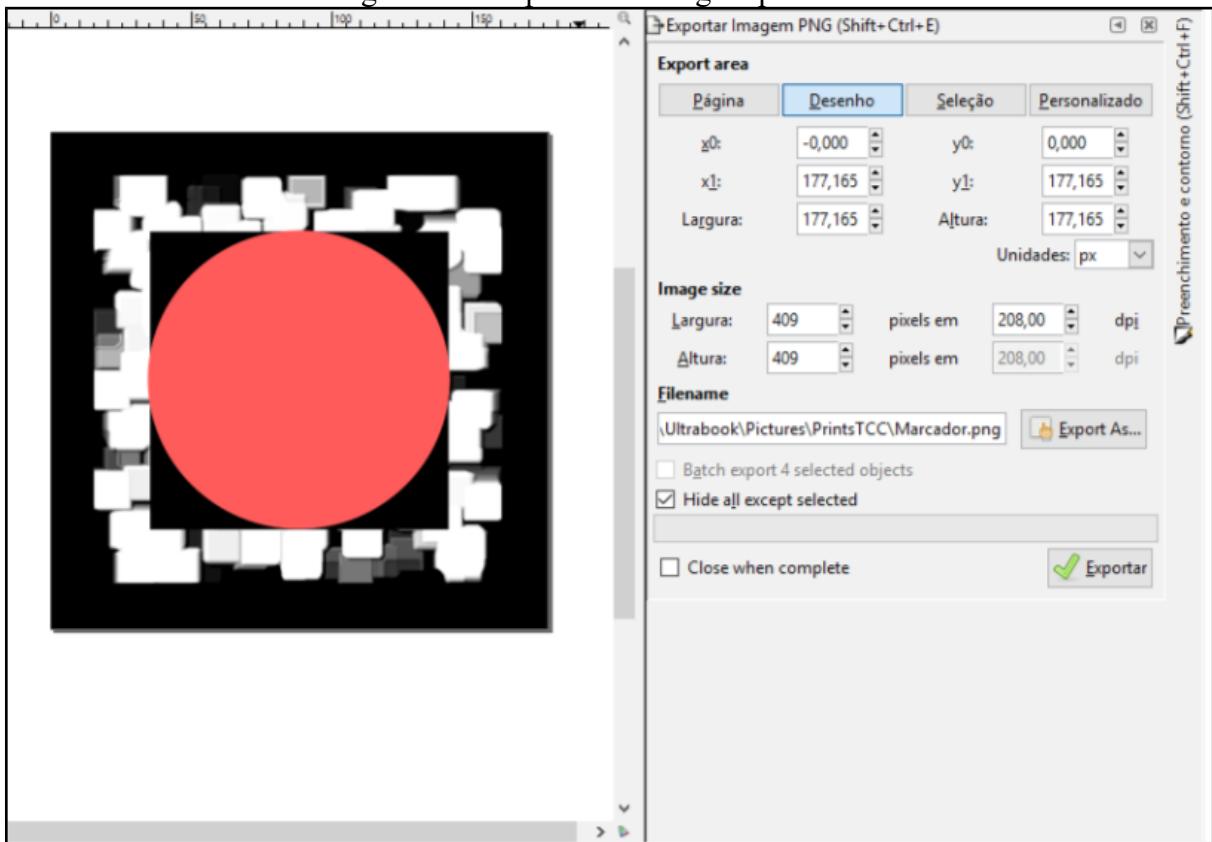
Figura 13 – Características e classificação da figura pelo Vuforia



Fonte: elaborado pelo autor.

Para solucionar este problema foi aplicado um dos filtros oferecidos pelo Inkscape na imagem. Os filtros podem ser acessados na aba de `Filtros`. Os filtros utilizados neste trabalho foram do tipo `Distorção` ou `Espalhar`. Para fazer o processo foi escolhido o quadrado branco da imagem. Depois de ter selecionado o quadrado, clicou-se na aba de `Filtros`, na opção de `Espalhar` e então selecionou-se a opção `Cubes`. Depois a imagem foi exportada para `png`, indo na aba `Arquivo` e depois `Exportar Imagem PNG`, como é demonstrado pela Figura 14. É necessário tomar cuidado nesta parte, pois se o tamanho da página não foi alterado, e a opção de exportação escolhida for `Página`, a imagem exportada pode ficar maior do que o esperado.

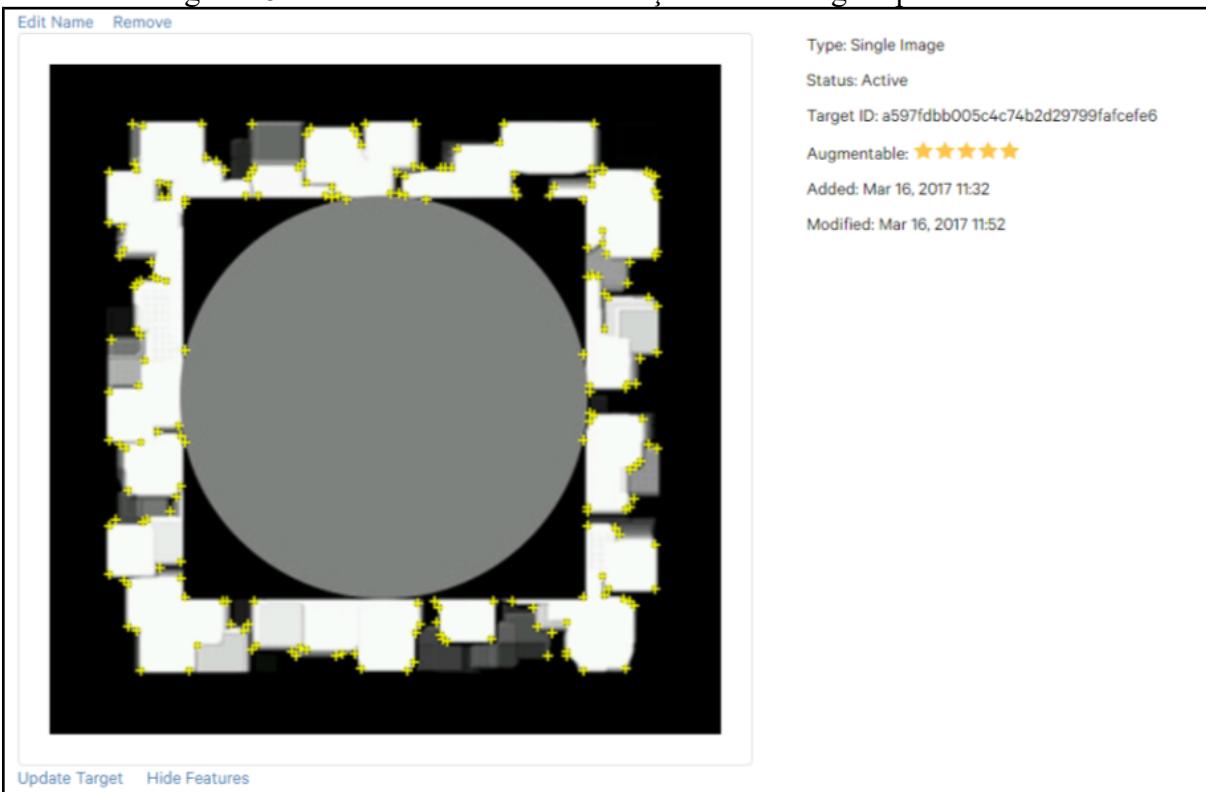
Figura 14 – Exportando imagem para PNG



Fonte: elaborado pelo autor.

Com isto feito, a imagem foi editada no Paint para ser salva como jpg, já que o formato png do Inkscape não é aceito pelo Vuforia. Alguns filtros do Inkscape fazem com que a forma que recebeu o filtro extrapole o tamanho desejado do marcador, então a edição no Paint também é um bom momento para acertar o tamanho correto. Como o filtro aplicado não causou este problema a imagem foi salva como jpg e depois cadastrada em uma base do Vuforia. Com mais características a imagem recebeu uma classificação de 5 estrelas pelo Vuforia, como é demonstrado pela Figura 15.

Figura 15 – Características e classificação da nova figura pelo Vuforia

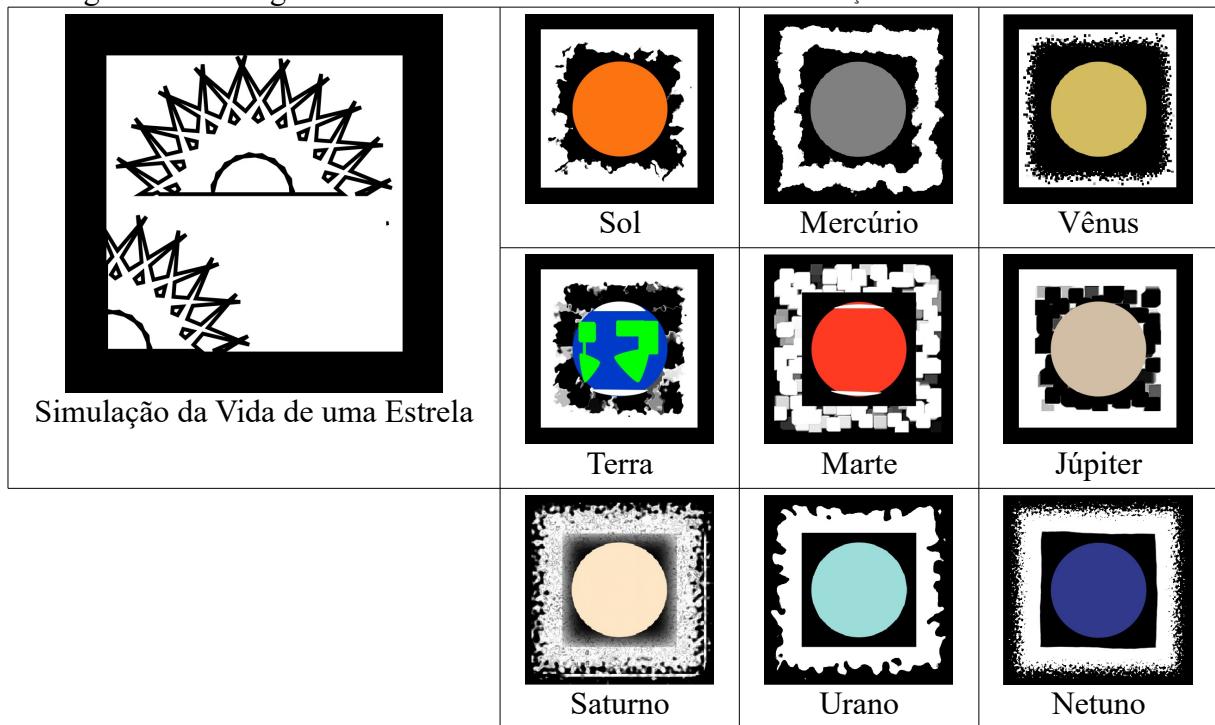


Fonte: elaborado pelo autor.

Um ponto importante de ser destacado é que certos tipos de marcadores possuem restrições no seu cadastro. Os marcadores de cuboides são um exemplo disto. Eles pedem a largura, altura e comprimento na hora de sua criação. No momento de adicionar as imagens deve-se prestar atenção às proporções definidas no momento da criação do marcador. O cubo usado neste trabalho tem dimensões de 4x4x4 centímetros e a proporção é 1. A proporção de cada imagem é calculada com a divisão entre a largura e comprimento ou largura e altura ou comprimento e altura, dependendo da face. Como a proporção do cubo é 1 as imagens usadas nele também devem seguir esta proporção, sendo assim, a divisão entre a altura e o comprimento delas deve ser 1.

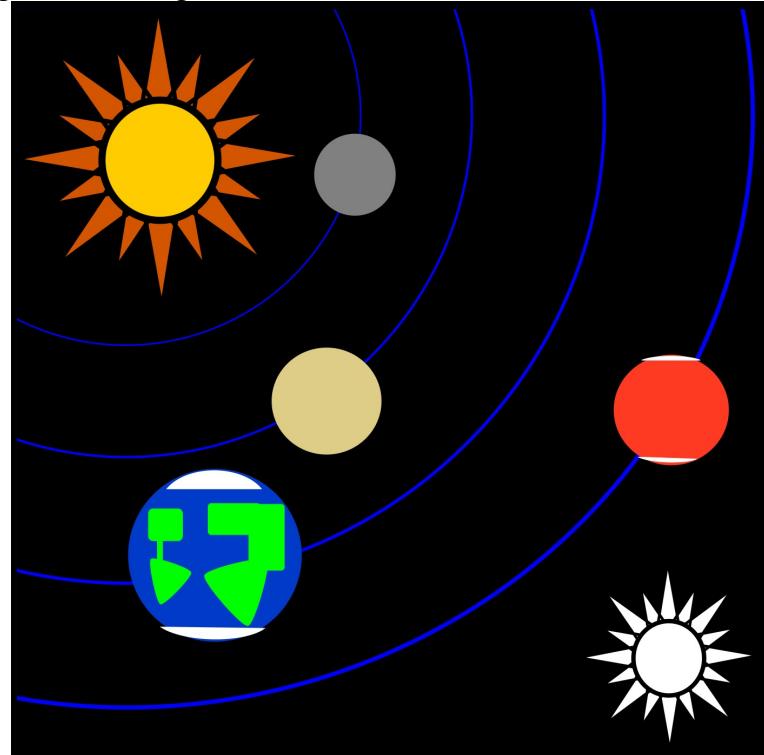
Para este trabalho foram feitas dezenove imagens, sendo treze delas imagens simples para marcadores e seis para o marcador de cubo. Este conjunto de 14 marcadores será chamado de kit de marcadores. A Figura 16 mostra as imagens que compõem os marcadores do módulo de Dissecção do Sistema Solar. A Figura 17 mostra a imagem do marcador de simulação do Sistema Solar. Por fim, a Figura 18 mostra as imagens dos marcadores de cubo, informação e dissecação, usados para fazer a Interface Tangível, que são chamados de marcadores de controle.

Figura 16 – Imagens dos marcadores do módulo de Dissecção do Sistema Solar



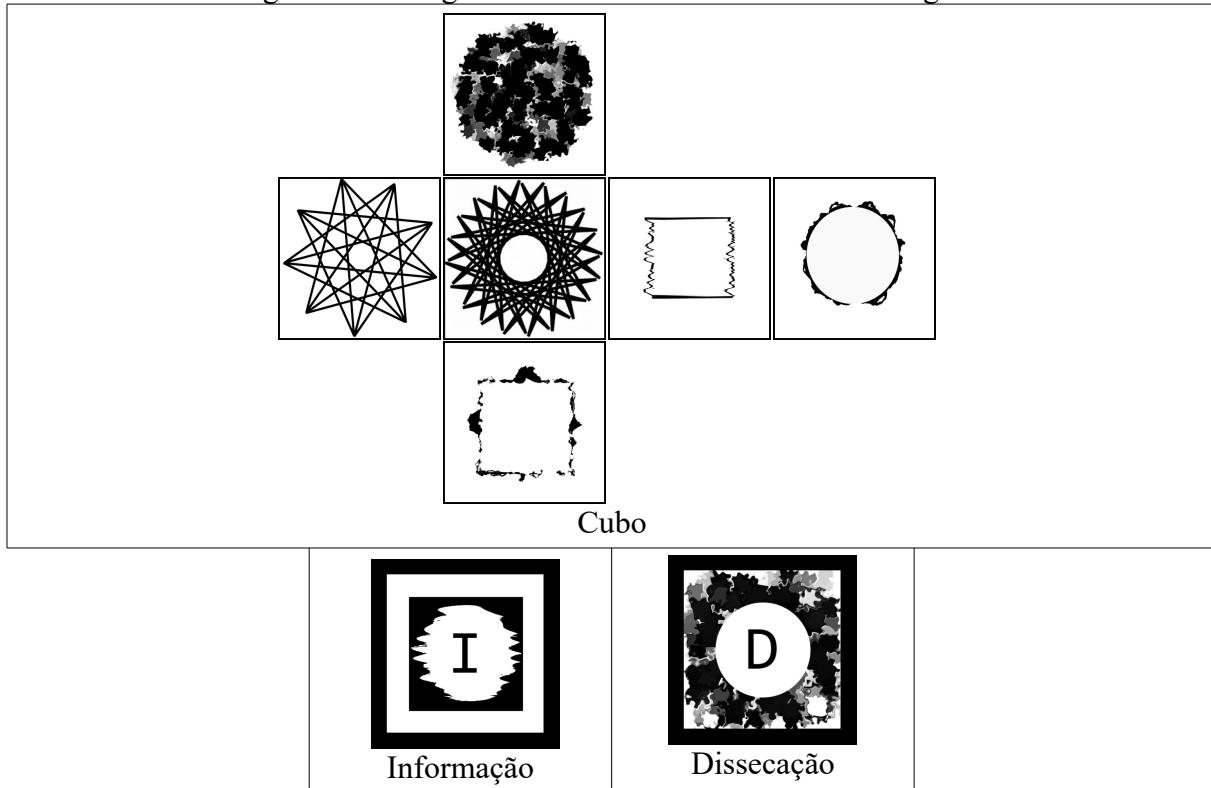
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17 – Imagens do marcador do módulo de Sistema Solar



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 18 – Imagens dos marcadores de Interface Tangível

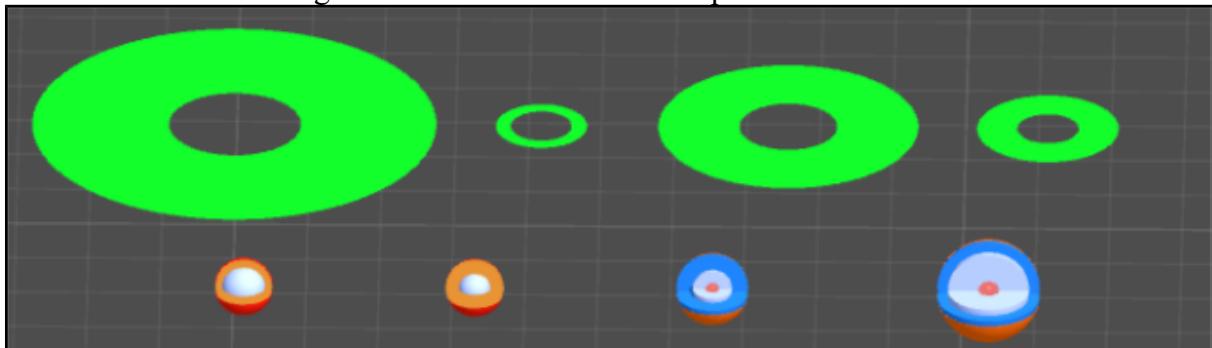


Fonte: elaborado pelo autor.

3.4.1.2 Modelos criados no Blender

O Unity é uma boa ferramenta para desenvolver jogos, mas os objetos 3D que ela permite criar são muito básicos: cubos, esferas e cilindros são exemplos. Até certo ponto é possível usar esses objetos e fazer objetos mais complexos, contudo alguns dos recursos da ferramenta desenvolvida neste trabalho não seriam possíveis de serem feitos desta forma. Um planeta pode ser uma esfera com uma textura, mas para mostrar o interior do planeta, as suas camadas, seria necessário cortar a esfera. Esse processo não era possível dentro do Unity por isto foi feito o uso do Blender. Além de fazer os modelos dos planetas cortados para ver o interior, também foram feitos modelos dos anéis de Saturno, Júpiter, Urano e Netuno, mas só os anéis de Saturno e Urano foram realmente usados. Era possível fazer os anéis no Unity utilizando *scripts* mas preferiu-se fazer um modelo no Blender. Os modelos para objetos utilizados para a Interface Tangível que foram feitos no Blender são: o velocímetro para troca de velocidade, o peso para mudança de massa, o botão de *play* para iniciar a simulação da vida de uma estrela, a régua para o incluir o Sol na escala de planetas e as letras que representam as teorias de simulação do Sistema Solar. A Figura 19 mostra uma imagem dos modelos de planetas cortados e dos anéis planetários.

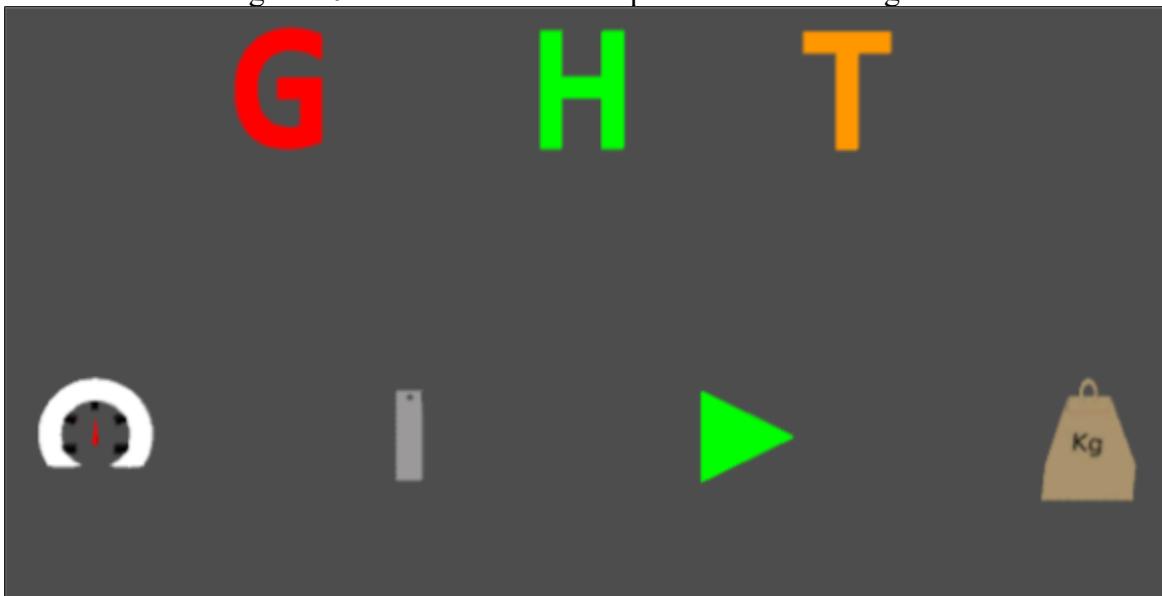
Figura 19 – Modelos dos anéis e planetas cortados



Fonte: elaborado pelo autor.

Os elementos mostrados na Figura 19 foram coloridos para mostrar melhor os detalhes. Os anéis ganham o aspecto correto com o uso de materiais e texturas no Unity. Os anéis e materiais para eles também fazem parte do módulo reaproveitável. A Figura 20 mostra os modelos utilizados para a Interface Tangível feitos no Blender.

Figura 20 – Modelos utilizados para a Interface Tangível



Fonte: elaborado pelo autor.

Algo que não é muito perceptível nas Figuras 19 e 20, mas ocorre é a distorção da escala e rotação. Criar um modelo no Blender e depois importá-lo no Unity faz com que as propriedades de escala e rotação do modelo fiquem diferentes no Unity. Então além de criar os modelos e importá-los no Unity foi necessário alterar os valores de rotação e escala deles para que os mesmos se adequassem ao tamanho e tivessem a orientação correta. Outro ponto que não é possível notar, mas é importante falar é a questão da aplicação das texturas nos modelos. Este passo deve ser executado no Blender, caso a textura seja complexa, com detalhes. Se isto não for feito no Blender e o modelo for importado no Unity, as texturas serão aplicadas de forma errada, não sendo posicionados os detalhes nos locais corretos do modelo.

3.4.1.3 Ferramenta e operacionalidade da implementação

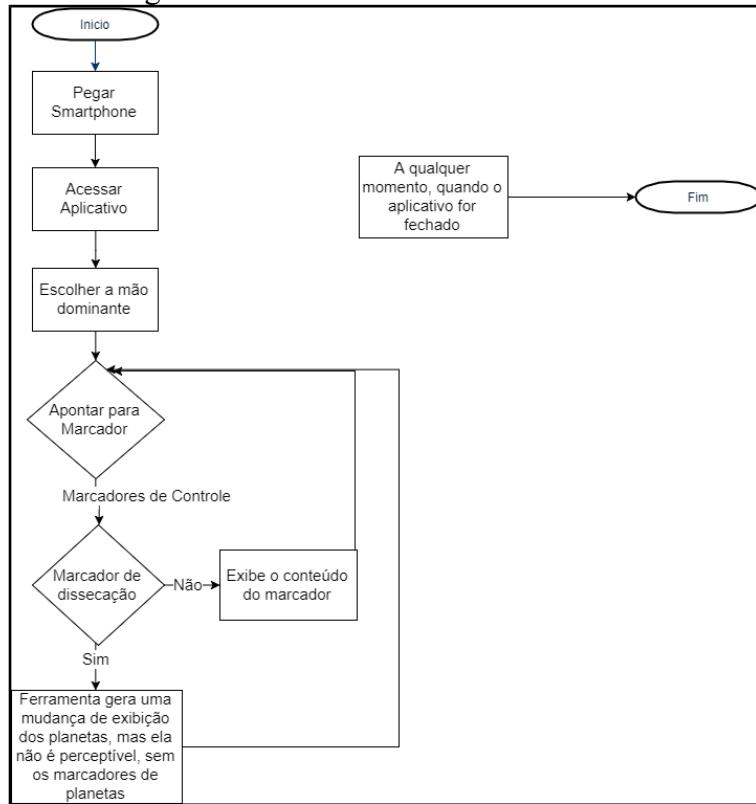
Antes de começar a descrição sobre o desenvolvimento da ferramenta é importante conhecer alguns termos que serão utilizados. Os objetos criados nas cenas do Unity são chamados de `GameObject`. Outro termo do Unity é `prefab`, que é um modelo de um `GameObject` que pode ser replicado várias vezes. A praticidade de usar um `prefab` é que a modificação do original faz com que as suas diversas instâncias também sofram esta alteração, mas modificar uma instância de um `prefab` não costuma alterar o seu original. Os códigos da maioria dos *scripts* também são comentados, para facilitar o entendimento e até a reutilização deles, mas nesta seção optou-se por não exibir os comentários, para que os códigos ficasse mais compactos. Alguns *scripts* comentados foram disponibilizados por Schmitz (2017)⁴. Para a explicação sobre o desenvolvimento da ferramenta optou-se por fazer uso de diagramas de atividade mostrando tudo o que a ferramenta pode fazer em determinados módulos em conjunto com telas mostrando as funcionalidades em execução. Na medida do necessário serão mostrados códigos para explicar como o processo ocorre.

Para o uso da ferramenta é necessário imprimir os marcadores que podem ser encontrado em <<http://tecedu.inf.furb.br/geografia/fes/>> ou na tela sobre da ferramenta desenvolvida. Além de imprimir os marcadores é necessário ter uma boa iluminação local e fazer o posicionamento dos marcadores em uma superfície plana. O uso de superfície plana se faz necessário pois todos os elementos foram pensados para serem usados neste tipo de superfície para facilitar o manuseio e movimentação dos marcadores. A Figura 21 mostra a primeira parte de um diagrama de atividades mostrando os primeiros passos para usar a ferramenta.

4 Códigos disponíveis em:

<<https://drive.google.com/drive/folders/0B5JaVAk1a5ebMTZjQi1PazNwa0k?usp=sharing>>.

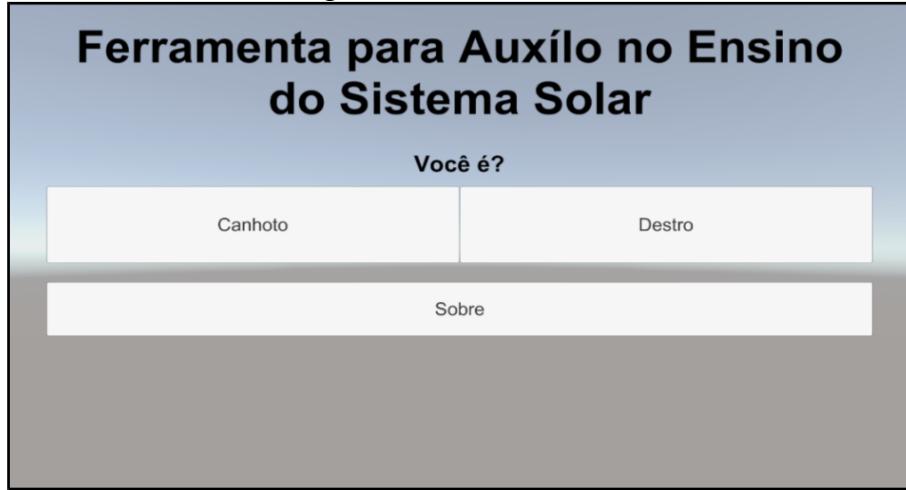
Figura 21 – Iniciando o uso da ferramenta



Fonte: elaborado pelo autor.

O fluxo da Figura 21 mostra o que o usuário deve fazer ao acessar a ferramenta na tela inicial, que consiste em escolher a mão dominante. Esta escolha se torna necessária para fazer o posicionamento de certos elementos usados para a Interface Tangível. O usuário usa o cubo para interagir com certos elementos da Interface Tangível então é necessário que manipule o cubo com sua mão dominante e que a outra mão fique só segurando o smartphone. A mudança na posição dos elementos é necessária para que as interações realizadas com o cubo não se tornem um complicante para o uso da ferramenta. É melhor uma pessoa destra segurar o cubo com a mão direita e interagir com os elementos do lado direito do seu corpo, do que segurar o cubo com a mão direita e ter que movê-la para o lado esquerdo do corpo. Além do movimento ser estranho isto pode se tornar um complicante e o mesmo vale para uma pessoa canhota. A tela inicial é mostrada na Figura 22.

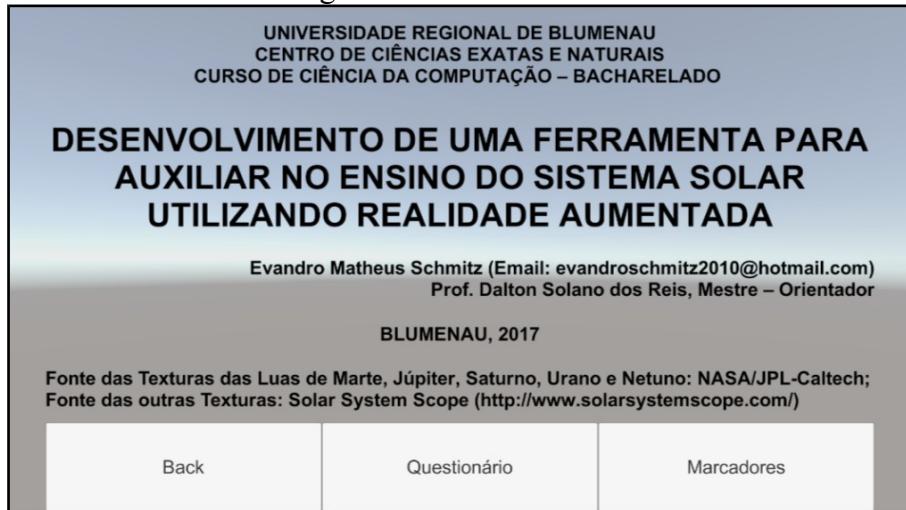
Figura 22 – Tela inicial



Fonte: elaborado pelo autor.

O botão sobre na Figura 22 leva a tela sobre mostrada na Figura 23. A tela sobre mostra o nome do trabalho, do acadêmico e do seu orientador. Também são exibidos os créditos das texturas e botões para voltar para a tela inicial, para acessar uma página com os marcadores e para acessar uma página com o questionário utilizado para os testes da ferramenta, que é apresentado no Apêndice B.

Figura 23 – Tela de sobre



Fonte: elaborado pelo autor.

Tanto a tela inicial como a tela de sobre foram feitas usando os recursos próprios dos Unity. A tela principal da ferramenta, responsável pela parte de Realidade Aumentada, faz o uso do GameObject ARCamera, que é um prefab do SDK Vuforia. Este componente faz o acesso e exibição de imagens da câmera do dispositivo em que aplicação está rodando. Uma opção mudada neste componente foi WORLD CENTER MODE, onde a opção CAMERA foi selecionada. A Figura 24 mostra a exibição do marcador de simulação da vida de uma estrela com elementos para a interação com o cubo. A imagem esquerda da Figura 24 mostra o

posicionamento dos elementos caso o usuário escolha a opção canhoto e a imagem direita o posicionamento para os destros.

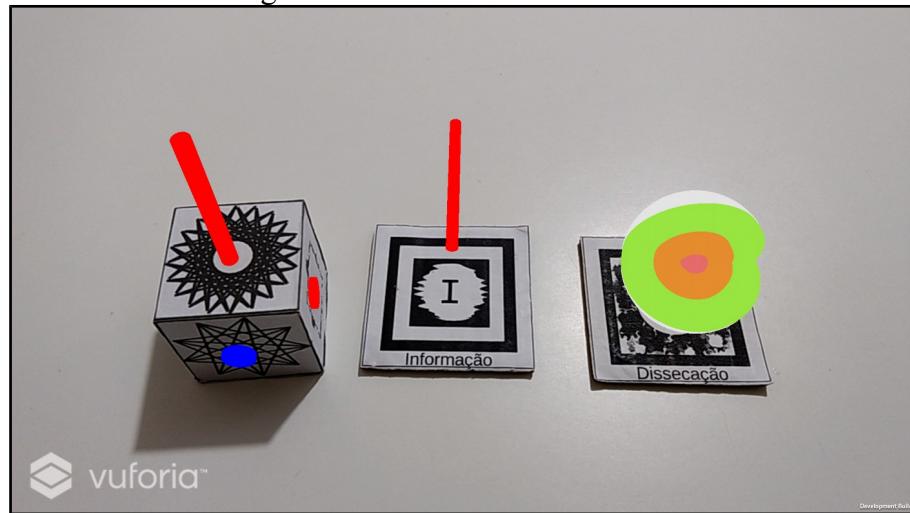
Figura 24 – Posicionamento dos elementos



Fonte: elaborado pelo autor.

Para fazer interações com a ferramenta é necessário utilizar os marcadores de controle. Se eles forem usados sem nenhum outro marcador eles não fazem muita coisa, como é explicado no diagrama da Figura 21 e o que eles exibem para o usuário é mostrado na Figura 25.

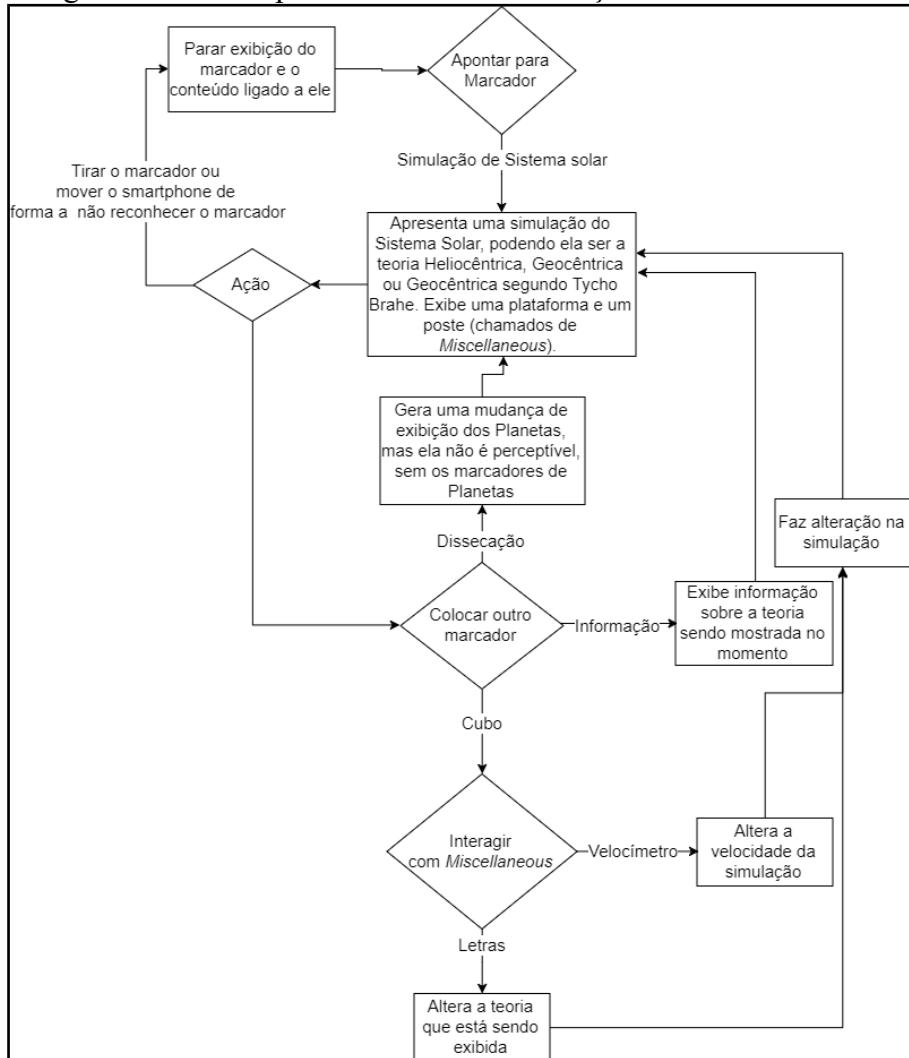
Figura 25 – Marcadores de controle



Fonte: elaborado pelo autor.

Contudo se os marcadores de controle forem utilizados com outros marcadores então muitas interações são possíveis. Na Figura 25 também é possível ver a orientação normal para a utilização do marcador de cubo onde a figura apresentada no topo, o maior bastão vermelho, deve ficar assim para que ele possa ser usado na execução das rotações com outros marcadores. A Figura 26 mostra o uso do módulo de Sistema Solar. A Figura 26 é parte do diagrama de atividades mostrado na Figura 21 e para não repetir o inicio ela começa na decisão de apontar a câmera para um marcador, ideia seguida para todos os diagramas que indicam o fluxo de uso da ferramenta.

Figura 26 – Fluxo para o módulo de simulação do Sistema Solar



Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 27 mostra o que ocorre com o marcador de simulação do Sistema Solar quando ele é encontrado. O que é chamado de *Miscellaneous* na Figura 26 se refere aos elementos utilizados para a Interface Tangível, que são as letras e o velocímetro mostrados na Figura 27.

Figura 27 – Marcador de simulação do Sistema Solar



Fonte: elaborado pelo autor.

Os marcadores de cubo e informação fazem uso de *scripts* padrões do Vuforia para funcionar e assim atendem bem as suas funções, contudo os outros marcadores deste trabalho não poderiam usar estes *scripts* padrões. O motivo para isto é a necessidade exibir elementos diferentes em momentos diferente no mesmo marcador, o que os *scripts* padrões do Vuforia não permitem. Sendo assim foi necessário criar os *scripts* CelestialBodyPaneBehaviour e o seu filho CelestialBodyDissectionPaneBehaviour para suprir essa necessidade. Eles foram criados copiando o conteúdo do *script* padrão do Vuforia DefaultTrackableEventHandler e fazendo alterações nos seus métodos que são: OnTrackableStateChanged, OnTrackingFound e OnTrackingLost. DefaultTrackableEventHandler é o *script* padrão dos ImageTargets, que são prefabs do Vuforia para representar um marcador no Unity. Outras variáveis e métodos foram adicionados conforme a necessidade. No *script* de CelestialBodyPaneBehaviour foram feitas alterações nos métodos OnTrackingFound e OnTrackingLost. Para fazer a mostra de diversos GameObjects em momentos diferentes foram usados o sistema de hierarquia e de Tags do Unity em conjunto com Enums. A Tag é uma forma de rotular um GameObject e isto pode ser acessado via *script*. Para cada Tag criada foi criado um valor de Enum para ser usado no código. O motivo para isto é que a Tag é um valor string que pode gerar problemas por digitação errada ou problemas de caixa. Com o Enum isto não ocorre e o C# tem formas de verificar se um valor string pertence a um Enum e até transformar uma string em um valor de Enum. O *script* CelestialBodyPaneBehaviour faz parte de um sistema de observadores e sempre que ocorre uma ação ele é notificado, sendo que uma dessas notificações pode ser

uma mudança de exibição o que implica na execução do método `EnableComponents`, mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Método `EnableComponents`

```
private void EnableComponents(string tag, bool enable)
{
    GameObject gameObjectWithTag = null;

    foreach(Transform child in transform)
    {
        if (child.tag == tag)
        {
            gameObjectWithTag = child.gameObject;
            break;
        }
    }
    if (gameObjectWithTag != null)
    {
        Renderer[] rendererComponents =
gameObjectWithTag.GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
        Collider[] colliderComponents =
gameObjectWithTag.GetComponentsInChildren<Collider>(true);
        Light[] lightComponents =
gameObjectWithTag.GetComponentsInChildren<Light>(true);
        IChildTrackBehaviour[] childTrackComponents =
gameObjectWithTag.GetComponentsInChildren<IChildTrackBehaviour>(true);

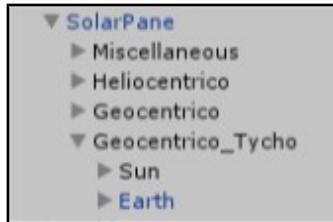
        foreach (Renderer component in rendererComponents)
        {
            component.enabled = enable;
        }
        foreach (Collider component in colliderComponents)
        {
            component.enabled = enable;
        }
        foreach (Light component in lightComponents)
        {
            component.enabled = enable;
        }
        foreach (IChildTrackBehaviour component in
childTrackComponents)
        {
            if (enable)
            {
                component.OnFind();
            } else
            {
                component.OnLost();
            }
        }
    }
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

O código mostrado no Quadro 2 serve para procurar um objeto que tenha uma `Tag` e ativar ou desativar componentes de `Render`, `Collider` e `Light` nos filhos deste objeto na hierarquia do Unity. O `Render` cuida do desenho da forma do objeto virtual, o `Collider` é um

componente para tratar colisões e Light é um emissor de luz. Quando ocorre uma ação de mudança de teoria esse método é invocado fazer a troca de exibição ativando e desativando componentes. Ele também é chamado dentro de OnTrackingFound. Em DefaultTrackableEventHandler o método OnTrackingFound só ativava os componentes de Collider e Render. O método OnTrackingLost de DefaultTrackableEventHandler desativa os componentes de Collider e Render enquanto no script CelestialBodyPaneBehaviour ele também desativa os componentes de Light. O uso de componentes de Light foi para fazer a luz do Sol. O uso do sistema de hierarquia em CelestialBodyPaneBehaviour ocorre pelo fato de haver muitos GameObjects filhos do ImageTarget que representa o marcador de simulação do Sistema Solar. Para um GameObject ser exibido pelo Vuforia ele deve ser filho de um ImageTarget. O ImageTarget que representa o marcador de simulação do Sistema Solar é chamado de SolarPane e o script DefaultTrackableEventHandler foi removido e o CelestialBodyPaneBehaviour foi adicionado. A Figura 28 mostra a estrutura de hierarquia de SolarPane.

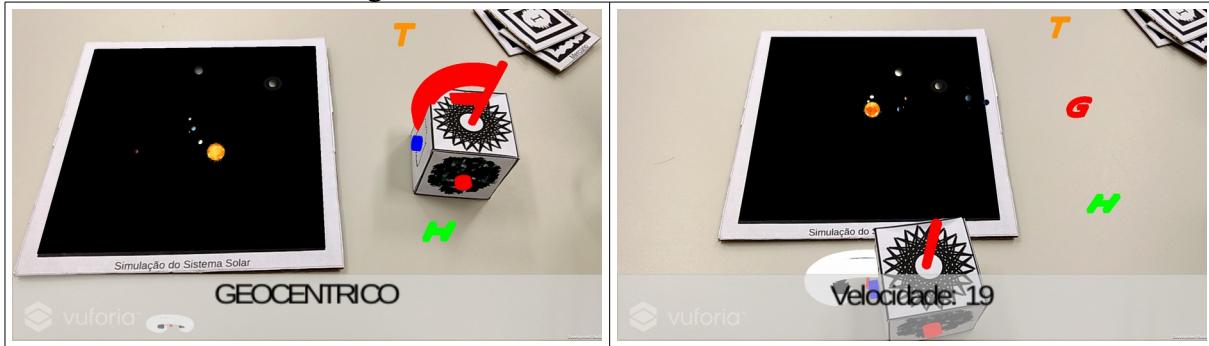
Figura 28 – Estrutura de hierarquia



Fonte: elaborado pelo autor.

Cada filho direto de SolarPane recebeu uma Tag, mas os netos de SolarPane não. Isto se dá pelo fato que os netos são muito numerosos, sendo muito trabalhoso aplicar uma Tag para cada um. Ao procurar pelo filho direto de SolarPane que tem a Tag em questão e ativar ou desativar os filhos deste filho o trabalho se torna mais fácil. A Figura 29 mostra o processo de trocar a teoria de exibição da simulação (imagem a esquerda) e alterar a velocidade da mesma (imagem a direita). Para realizar ambas as ações é usado o marcador cubo.

Figura 29 – Alterar a teoria e a velocidade



Fonte: elaborado pelo autor.

A troca de teoria gera a ação que provoca a chamada ao método `EnableComponents`. A Figura 29 também mostra duas formas de se interagir com a ferramenta: a colisão com um elemento, tocar a letra, e a rotação, girar o cubo quando este está tocando o velocímetro. Essas duas formas foram usadas para fazer a Interface Tangível e fazem uso do componente de `Collider` do Unity. Praticamente todos os `GameObjects` usados na tela principal tem um componente de `Collider` e destes todos os que se movimentam tem um componente de `Rigidbody`, que é próprio do Unity, com a opção `isKinematic` ativada. O uso do `Collider` com a opção `isTrigger` ativada permite a detecção de eventos relacionados a interação desse componente e que podem ser verificados com os métodos: `OnTriggerEnter`, `OnTriggerStay` e `OnTriggerExit`. Estes três métodos foram usados para fazer a questão de alterar uma teoria ou a velocidade. O código do Quadro 3 mostra o uso do método `OnTriggerEnter` para informar outro *script* que deve ocorrer a mudança de teoria. O uso do método `OnTriggerStay` para verificar a rotação do cubo e fazer alterações será mostrado posteriormente, já que o seu princípio para tratar esta ação é o mesmo.

Quadro 3 – Uso do `OnTriggerEnter`

```
void OnTriggerEnter(Collider other)
{
    if (other.tag == targetCollision.ToString())
    {
        theoryScript.ChangeTheory(teory, information);
        theoryScript.OnCollisionFound();
    }
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

A comparação de Tags feita no Quadro 3 é necessária pelo fato de que já que muitos `GameObjects` tem um `Collider` e é necessário saber se o `GameObject` que entrou no `Collider` deve gerar uma ação ou não. A variável `theoryScript` é do tipo `TeoryChange` e é feito a chamada para dois métodos dela. O método `ChangeTeory` serve para chamar quem gerará a notificação para alterar a teoria e a informação sobre a teoria. O método

`OnCollisionFound` é de uma interface e define o comportamento para ser executado quando ocorrer uma colisão, que neste caso é mostrar texto. O uso de interfaces para definir comportamentos foi muito usado neste trabalho principalmente pela forma como o Vuforia trata a perda de um marcador, que é desativando componentes. O desativar do componente de `Collider` não é tratado como uma saída do `Collider` que chamaria o método `OnTriggerExit`. Contudo foi necessário pensar em uma forma de ser fazer essa chamada e a solução encontrada foi usar interfaces e chamar os métodos delas no momento de ativar ou desativar componentes e dentro de `OnTriggerEnter` e `OnTriggerExit`. Desta forma é possível evitar problemas como texto aparecendo quando não deveria. O Quadro 4 mostra os métodos `ChangeTeory` e `OnCollisionFound`.

Quadro 4 – Métodos `ChangeTeory` e `OnCollisionFound`

```
public void ChangeTeory(DisplayMode newTeory, Information infoChange)
{
    teoryChosen = newTeory;
    teoryText.text = teoryChosen.ToString();
    teoryText.text = teoryText.text.Replace("_", " ");

    showInformation.informationToDisplay = infoChange;

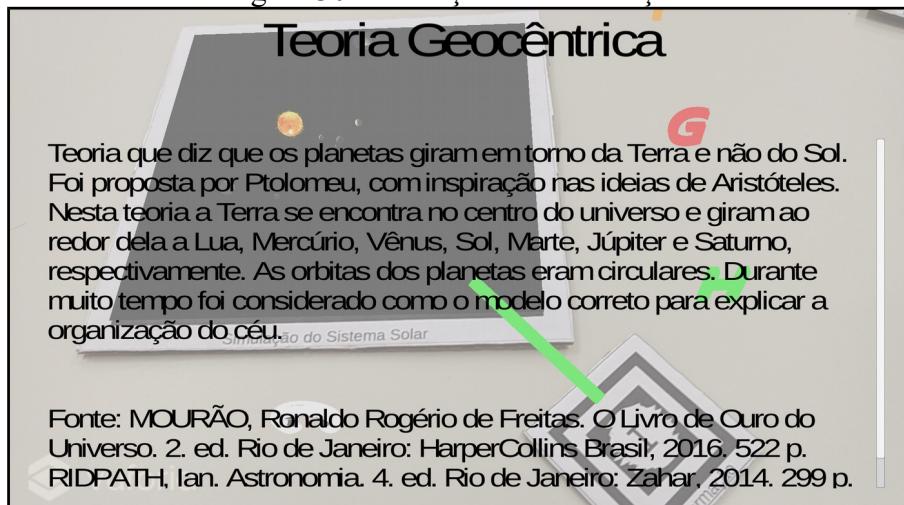
    PlanetSubject.instance.changeDisplayStyle(teoryChosen);
}

public void OnCollisionFound()
{
    if (panelText != null)
    {
        panelText.enabled = true;
        teoryText.text = teoryChosen.ToString();
        teoryText.text = teoryText.text.Replace("_", " ");
    }
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 4 o Singleton `PlanetSubject` é o responsável por fazer as notificações ao sistema de observadores. A variável `showInformation` é do tipo `ShowInformation` e serve para exibir informações ao usuário mediante ao uso de um marcador. As informações são mantidas em um arquivo Json e elas são carregadas na memória assim que a ferramenta é iniciada. O processo para mostrar as informações requer o uso do marcador de informação, como é mostrado pela Figura 30.

Figura 30 – Exibição de informações

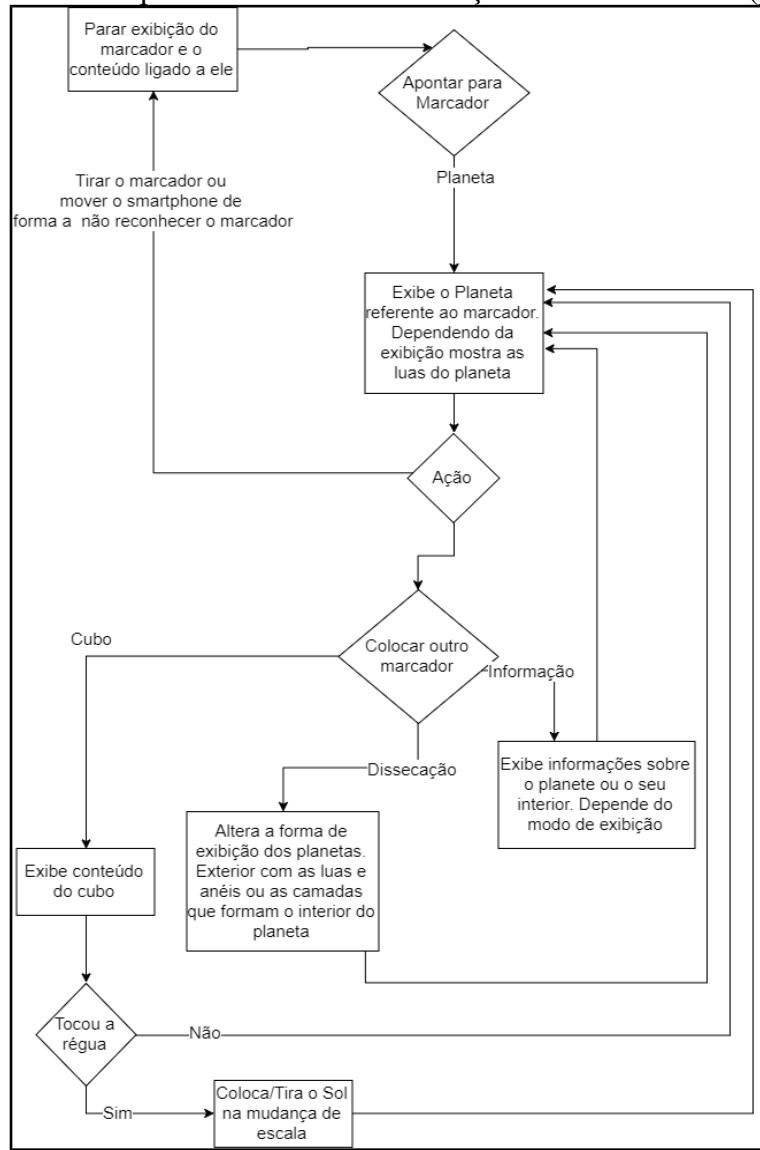


Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 30, o processo de exibição de informações trabalha usando o mesmo princípio de detectar colisões. Também é possível notar a mudança de cor na barra que sai do marcador de informação, ela era vermelha e ficou verde. Esta troca de cor é para dar um indicativo visual ao usuário de que houve uma interação e que a informação será mostrada.

O módulo de Dissecção do Sistema Solar é dividido em duas partes: uso dos marcadores de planeta e uso do marcador simulação da vida de uma estrela. Essas duas partes têm fluxo de uso diferente e eles serão mostrados separadamente. A Figura 31 mostra o diagrama de atividades para o uso dos marcadores de planetas. Novamente, o diagrama começa no momento em que é escolhido para qual marcador a câmera será apontada.

Figura 31 – Fluxo para o módulo de Dissecção do Sistema Solar (planetas)



Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 31 mostra o uso do marcador de informação com o intuito de mostrar informações sobre o planeta, mas isto depende do que o marcador de planeta está mostrando. Se estiver mostrando o planeta todo então serão exibidas informações sobre o planeta, como diâmetro, quantidade de luas, características da atmosfera, etc.. Se o marcador estiver mostrando as camadas dos planetas então serão exibidas informações sobre as camadas. A Figura 32 mostra essa diferença de informações.

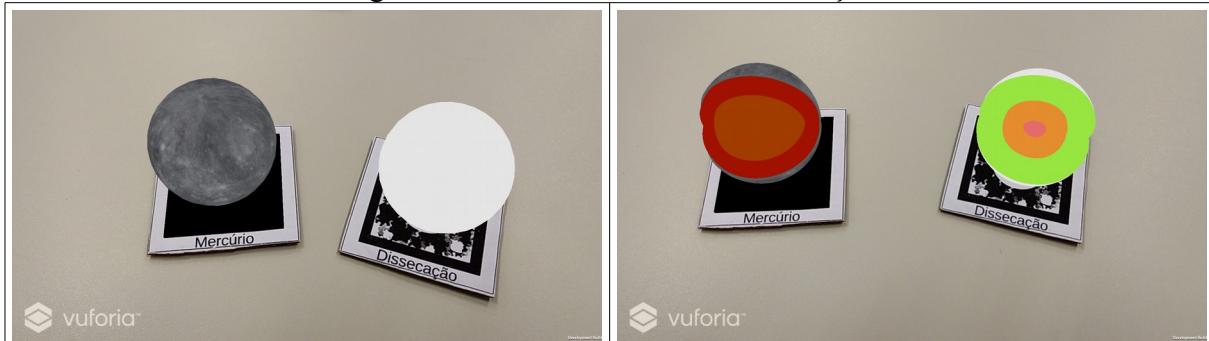
Figura 32 – Diferença nas informações mostradas



Fonte: elaborado pelo autor.

O processo para fazer a alteração entre o planeta e as suas camadas internas é feito usando o marcador de dissecação. Quando ele é localizado pela ferramenta ele altera a exibição dos marcadores de planeta. O marcador de dissecação também exibe um planeta genérico e mostra ele inteiro ou as suas camadas dependendo do que será exibido para o usuário. O motivo para esta exibição é apresentar uma resposta gráfica para o usuário saber que o marcador foi reconhecido e o que será exibido. A Figura 33 mostra o processo de troca entre o planeta e suas camadas internas.

Figura 33 – Processo de troca de exibição



Fonte: elaborado pelo autor.

O processo para a alteração de exibição é feito usando o *script DissectionTargetBehaviour*. Ele é um *script* criado para ser usado no marcador de dissecação e fazer a alteração entre as exibições dos planetas. Este *script* também é filho de *CelestialBodyPaneBehaviour* e teve o método *OnTrackableStateChange* sobreescrito, como é mostrado no Quadro 5.

Quadro 5 – Método `OnTrackableStateChange` modificado

```

public override void OnTrackableStateChanged(
    TrackableBehaviour.Status previousStatus,
    TrackableBehaviour.Status newStatus)
{
    if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED ||
        newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED ||
        newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED)
    {
        dissect = !dissect;
        if (dissect)
        {

PlanetSubject.instance.changeDisplayMode(DisplayMode.PLANET);
        }
        else
        {

PlanetSubject.instance.changeDisplayMode(DisplayMode.DISSECTION);
        }
        OnTrackingFound();
    }
    else
    {
        OnTrackingLost();
    }
}

```

Fonte: elaborado pelo autor.

O código do Quadro 5 notifica `PlanetSubject` para este notificar os marcadores de planetas que o modo de exibição deve ser trocado. Esta troca só ocorre quando o marcador de dissecação é encontrado. O mesmo princípio é aplicado no método `OnTrackableStateChange` do script `CelestialBodyDissectionPaneBehaviour` para fazer a funcionalidade de escalar os planetas quando mais de um marcador de planeta é encontrado, como é mostrado na Figura 34.

Figura 34 – Escala de Planetas

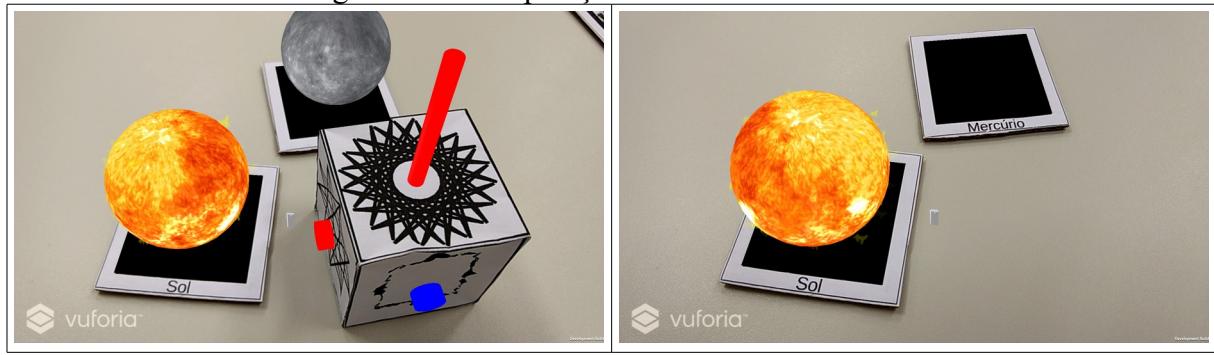


Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 34 mostra primeiro o planeta Mercúrio e depois a comparação de tamanho entre Mercúrio e Vênus. A barra branca que aparece ao lado do planeta Mercúrio é uma barra de rolagem do Unity, usado para fazer a rolagem dos textos de informação. Quando um

texto some da tela ela continua a aparecer, mas desaparece depois de um toque na tela. A última funcionalidade desta parte do módulo de Dissecção do Sistema Solar é o uso do cubo para fazer uma comparação de tamanho entre o Sol e os planetas. Para tanto é necessário tocar uma régua que está ao lado do Sol, sendo que o lado varia conforme a opção de mão que o usuário escolheu na tela inicial. A Figura 35 mostra este processo, colocando primeiro os marcadores sem a régua ter sido cocada e depois de ter ocorrido a colisão entre ela e o cubo. O planeta usado para a demonstração é Mercúrio e como ele é o menor planeta do Sistema Solar ele torna-se imperceptível. Para desativar este modo o processo é o mesmo, basta tocar a régua com o cubo novamente.

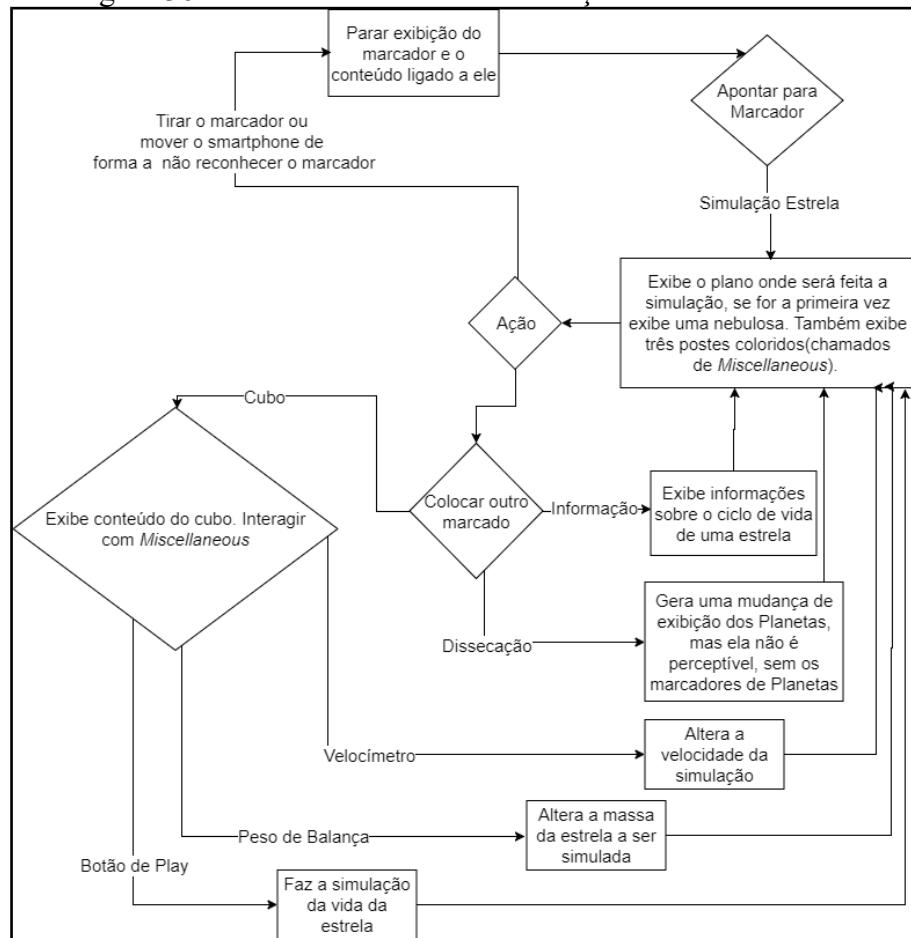
Figura 35 – Comparação de tamanho com o Sol



Fonte: elaborado pelo autor.

A outra parte do módulo de Dissecção do Sistema Solar é a simulação da vida de uma estrela. O fluxo para o uso desta funcionalidade é mostrado pela Figura 36. Ela faz o uso do marcador de simulação da vida de uma estrela que possui um *script* do tipo *CelestialBodyPaneBehaviour*.

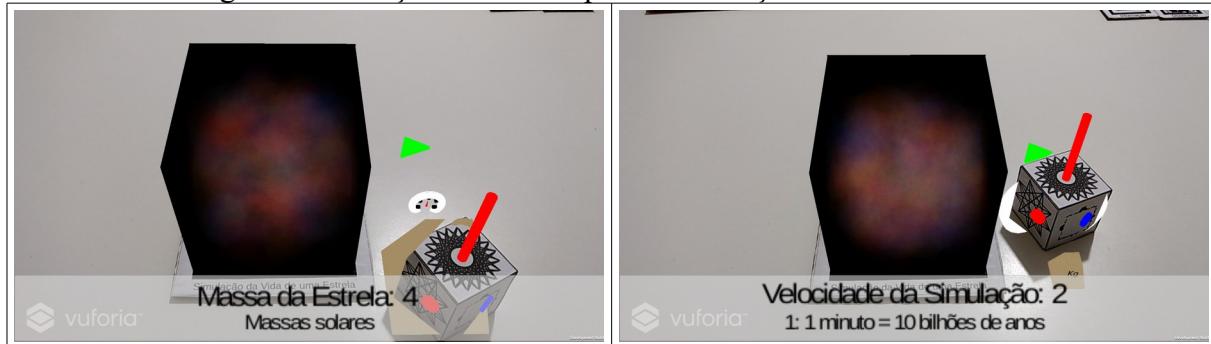
Figura 36 – Uso do marcador de simulação da vida de estrela



Fonte: elaborado pelo autor.

O ponto mais diferente da Figura 36 é o uso do cubo para alterar os valores de massa e velocidade da simulação. Este processo faz uso do método `OnTriggerStay` para calcular o quanto o cubo girou e então faz a modificação dos valores. O uso dos outros marcadores de controle já foi demonstrado anteriormente com os outros fluxos. O uso da rotação do cubo para alterar dados é mostrado pela Figura 37 e o código responsável pela alteração é mostrado no Quadro 6.

Figura 37 – Edição de valores para a simulação da vida de estrela



Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 6 – Código usado fazer alteração usando o valor da rotação

```

void OnTriggerStay(Collider other)
{
    int number = 0;
    if (other.tag == TargetsTags.MULTI_TARGET.ToString())
    {
        panelText.enabled = true;
        float currentRotation =
subjectTransform.rotation.eulerAngles.y;

        if (Mathf.Abs((currentRotation - lastRotation)) >=
regulationValue)
        {
            if (currentRotation > lastRotation)
            {
                number = 1;
            } else
            {
                number = -1;
            }
            lastRotation = currentRotation;
        }
        callStarBehaviourAndShowInfo(number);
    }
}

private void callStarBehaviourAndShowInfo(int number)
{
    switch (configType)
    {
        case Configuration.SPEED:
            starConfiguration.TimeSpeed += number;
            dataText.text = "Velocidade da Simulação: " +
starConfiguration.TimeSpeed;
            helpText.text = "1: 1 minuto = 10 bilhões de anos";
            break;
        case Configuration.MASS:
            starConfiguration.StarMass += number;
            dataText.text = "Massa da Estrela: " +
starConfiguration.StarMass;
            helpText.text = "Massas solares";
            break;
    }
}

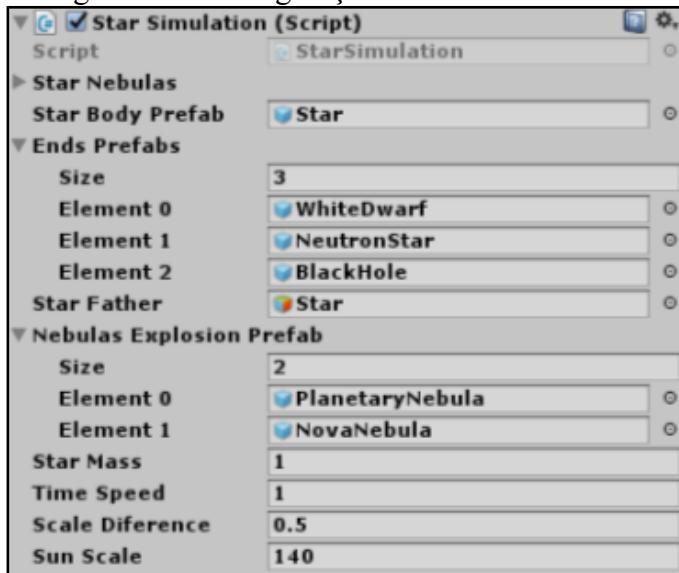
```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 6 no método `OnTriggerStay` a variável `subjectTransform` representa a `Transform`, que é um componente do Unity, do cubo. O valor da rotação em no eixo Y dela é armazenado e comparado com um valor anterior. Dependendo do resultado da comparação é possível saber se é para aumentar ou diminuir um atributo. O método `callStarBehaviourAndShowInfo` é chamado dentro do `OnTriggerStay` e é ele que verifica qual atributo deve ser modificado e avisa o *script* `StarSimulation` que é responsável pela simulação que uma modificação de valor ocorreu.

Além da ferramenta, este trabalho também possui um pacote que pode ser reaproveitado que se chama `_CelestialBodies`. Ele contém *scripts* responsáveis pela rotação de planetas e a simulação de vida de uma estrela, além de `prefabs` e texturas dos planetas e luas. As texturas são as mesmas que foram comentadas na seção 3.4.1. Os *scripts* que estão neste pacote também são comentados para facilitar o uso, mas existe um *script* que tem uma configuração muito específica que é o `StarSimulation`. A configuração das variáveis `Ends`, `Prefabs` e `Nebulas Explosion Prefab` deste *script* no editor do Unity deve ser igual à apresentada pela Figura 38. Os `prefabs` que devem ser colocados nestas variáveis fazem parte de `_CelestialBodies`.

Figura 38 – Configuração de `StarSimulation`



Fonte: elaborado pelo autor.

3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção é dedicada a mostrar os experimentos realizados com a ferramenta e o Asset desenvolvidos. Na seção 3.5.1 é apresentada a metodologia utilizada para a realização do experimento, e a seção 3.5.2 apresenta o experimento em si. O experimento com a ferramenta foi realizado com uma turma de 20 alunos do 1º ano da ETEVI, junto com a professora de Geografia da Etevi, Maria Helena Batista e depois com alguns bolsistas do PIBID do professor Maurício Capobianco Lopes. O teste com o Asset foi feito com dois alunos do curso de Ciência da Computação. A seção 3.5.3 apresenta uma análise geral sobre o trabalho desenvolvido como um todo. Por fim, a seção 3.5.4 apresenta uma comparação entre os trabalhos correlatos e a ferramenta desenvolvida.

3.5.1 Metodologia

Os experimentos foram realizados durante o mês de abril de 2017, com testes em grupos e acompanhados do autor e orientador deste trabalho. No caso do teste da ferramenta foram utilizados 10 tablets Samsung Galaxy Tab 2 10.1 P5110 com Tela 10.1", processador Dual Core 1.0 GHz, 16GB de memória e dois smartphones MOTO G4 PLUS, ambos emprestados do LIFE. Já para o teste do Asset foram usados os notebooks dos próprios alunos. Em ambos os experimentos foi feita uma breve introdução e explicação sobre o trabalho e como utilizá-lo. Depois foi oferecido um questionário, com perguntas de perfil e atividades para serem realizadas. O questionário sobre a ferramenta encontra-se no Apêndice B e o questionário sobre o Asset encontra-se no Apêndice C.

3.5.2 Experimentos e resultados

Esta seção está dividida em duas partes, a seção 3.5.2.1 apresenta o experimento e resultado da ferramenta e a seção 3.5.2.2 apresenta o experimento e resultado do Asset.

3.5.2.1 Experimento e resultado da ferramenta

O experimento foi realizado na sala do LIFE da Universidade Regional de Blumenau no dia 17 de abril de 2017, no período vespertino. Antes do início do questionário o professor Dalton Solano dos Reis (orientador deste trabalho) fez uma breve explicação sobre o LIFE e Realidade Aumentada para os alunos da ETEVI, seguido depois pelo autor deste trabalho que explicou a motivação do trabalho e como utilizar a ferramenta. Após isto os alunos responderam a primeira parte do questionário que consiste sobre o perfil deles, cujas respostas podem ser vistas na Tabela 1. O total de resposta do questionário foi 20, mas isto tem a mistura de alunos da ETEVI e bolsistas do PIBID. Fotos sobre do dia deste experimento são mostradas no Apêndice A.

Tabela 1 – Perfil dos usuários

Sexo?	50% masculino 50% feminino
Idade?	20% entre 11 a 15 anos 45% entre 16 a 20 anos 20% entre 21 a 25 anos 5% entre 26 a 30 anos 10% mais de 30 anos
Nível de escolaridade?	10% ensino fundamental completo – 1º grau 30 % ensino médio incompleto 50% ensino superior incompleto 10% ensino superior completo
Você utiliza dispositivos móveis com que frequência?	10% às vezes 90% frequentemente
Em qual aparelho você irá utilizar o aplicativo para a realização das tarefas?	50% tablet 50% celular
Indique seu grau de familiaridade com Realidade Aumentada?	5% nunca ouviu falar 55% conhece, mas nunca utilizou 40% já utilizou
Indique seu grau de conhecimento sobre o Sistema Solar?	90% conhece poucas coisas 10% conhece bastante sobre o assunto

Fonte: elaborado pelo autor.

Como é possível ver na Tabela 1, metade dos usuários era do público feminino e a outra metade do masculino, e a grande maioria já tinha algum conhecimento sobre o que era Realidade Aumentada. A variância entre as idades e a escolaridade se deve ao fato dos alunos da ETEVI terem sido agrupados em duplas, e cada dupla respondeu o questionário uma vez, depois os bolsistas do PIBID responderam o questionário, mas foram respostas individuais.

Concluída a parte do perfil, os usuários tiveram que realizar tarefas conforme eram orientadas pelo questionário. As perguntas eram de resposta sim ou não, com um espaço para eventuais observações. Durante a realização da tarefa por parte dos usuários eles tiveram suporte para o caso de eventuais dúvidas ou dificuldades no entendimento das tarefas pedidas. As tarefas foram divididas em duas partes, a primeira sobre o uso do módulo do Sistema Solar e a segunda sobre o uso do módulo de Dissecção do Sistema Solar. A primeira parte das respostas dos alunos são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Respostas da primeira parte das instruções do questionário

Aponte a câmera para o marcador de Sistema Solar e veja simulação do Sistema Solar. A tarefa foi realizada?	100% sim
Utilize o cubo para aumentar ou diminuir a velocidade da simulação (sentido horário aumenta a velocidade, sentido anti-horário diminui ela). A tarefa foi realizada?	90% sim 10% não
Toque em uma das letras com o cubo e veja a teoria de simulação mudar (H = teoria heliocêntrica, G = teoria geocêntrica e T = teoria geocêntrica de Tycho Brahe). A tarefa foi realizada?	100% sim
Conecte o marcador "Informação" a simulação do Sistema Solar. Veja as informações sobre a teoria que está sendo simulada. A tarefa foi realizada?	100% sim

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 2 é possível notar que quase todas as tarefas foram realizadas sem grandes problemas. No caso da segunda tarefa onde 10% dos usuários falaram que não conseguiram realizar a tarefa, isto foi em grande parte devido ao uso dos tablets que tinham um hardware limitado e de certa forma apresentavam comportamentos diferentes, alguns funcionavam com um bom desempenho, outros já tinham problemas e travavam. O peso do tablet e a dificuldade de segurá-lo e manuseá-lo também foram comentados como dificuldades. Na segunda parte das instruções os usuários foram instruídos a utilizarem os marcadores módulo de Dissecção do Sistema Solar, e as respostas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Respostas da segunda parte das instruções do questionário

Tire o marcador do Sistema Solar e coloque um marcador de planeta. A tarefa foi realizada?	100% sim
Conecte o marcador "Informação" ao marcador de planeta. Veja as informações sobre o planeta. A tarefa foi realizada?	95% sim 5% não
Coloque o marcador de "Dissecção" perto do marcador de planeta. Observe as camadas do planeta. A tarefa foi realizada?	100% sim
Conecte o marcador "Informação" ao marcador de planeta. Veja as informações sobre o interior planeta.	100% sim
Coloque o marcador de "Dissecção" novamente perto do planeta e veja ele voltar a ser inteiro. A tarefa foi realizada?	100% sim
Coloque outros marcadores de planetas e veja eles serem escalados para uma comparação de tamanho. A tarefa foi realizada?	100% sim
Coloque o marcador do Sol perto de um marcador de planeta, veja o tamanho não se alterar. Depois toque a régua perto do Sol (o lado varia conforme a opção de mão, destro do lado direito, canhoto do lado esquerdo) com o cubo. Veja o planeta ser escalado para uma comparação de tamanho com o Sol. (Se o planeta for pequeno, como Mercúrio, vai ser difícil de notar ele). A tarefa foi realizada?	90% sim 10% não

Fonte: elaborado pelo autor.

A Tabela 3 apresenta basicamente uma repetição dos resultados da Tabela 2, mas as observações foram em grande parte positivas. Entre as observações que relatavam problemas existe o fato de alguns marcadores de planetas terem de ser aproximados mais perto da câmera do que outros para funcionarem, mas isto já era conhecido. O motivo para tal deve-se aos detalhes de alguns marcadores, como o de Netuno, que são pequenos e precisam estar mais próximos da câmera para serem reconhecidos. O marcador de cubo também tem este comportamento de precisar estar próximo da câmera para ser reconhecido, mas depois pode ser afastado. Contudo o hardware dos tablets aumentava este problema de precisar aproximar os marcadores. Depois das instruções foram apresentadas perguntas sobre a usabilidade da ferramenta. As respostas das perguntas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Respostas de usabilidade

Das atividades solicitadas, quantas atividades você conseguiu executar sem auxílio?	35% todas 65% a maior parte
De modo geral, você achou o protótipo intuitivo e fácil de usar?	95% sim 5% não
Se você se considerava com "Muito Conhecimento" sobre o Sistema Solar, a ferramenta conseguiu de algum modo lhe trazer informações novas ou mostrar algo que você não sabia?	89,5% sim 10,5% não
Se você se considerava com "Pouco Conhecimento" ou "Nenhum Conhecimento" sobre o Sistema Solar, a ferramenta lhe proporcionou uma nova forma de ver este conteúdo e lhe ajudar a compreendê-lo	100%
A ferramenta conseguiu despertar em você interesse em conteúdos ou assuntos relacionados ao Sistema Solar?	95% sim 5% não
Você acha que com esta abordagem para a demonstração de conteúdos relacionados ao Sistema Solar, possa ajudar nas explicações e compreensão de assuntos relacionados a este tema?	95% sim 5% não
Qual é a sua avaliação da aplicação?	65% muito bom 30% bom 5% regular
Qual foi a sua maior dificuldade utilizando a aplicação? [As respostas foram concentradas em seus pontos principais]	Aparelho Focar as imagens/identificar os marcadores Peso e manuseio do tablet Utilização do cubo

Fonte: elaborado pelo autor.

De forma geral a Tabela 4 apresenta reações que em sua maioria foram identificadas no dia do teste. Muitas pessoas precisaram de ajuda nas primeiras interações com a ferramenta ou com as instruções em alguma atividade mais específica, mas depois que entenderam como utilizar a ferramenta elas se divertiram. As perguntas sobre se nível de conhecimento agregou algo ou despertou mais interesse no assunto de Sistema Solar tiveram um problema quanto a forma como foram apresentadas aos usuários, gerando respostas repetidas. O problema ocorreu pois as perguntas foram apresentadas em sequência e provavelmente não foram lidas corretamente. Desta maneira a pergunta sobre “muito conhecimento” recebeu 19 respostas e a pergunta sobre “pouco ou nenhum conhecimento” recebeu 18 respostas, somando ambos os números o resultado é maior que 20 respostas. Mas o interessante é que mesmo com esta repetição de respostas mais de 95% das pessoas acharam que esta abordagem para a

apresentação de conteúdo ajuda na explicação e compreensão do mesmo e outros 95% falaram que tiveram despertado o interesse no assunto apresentado, incluindo uma resposta sobre o usuário ter se encantado com as estrelas. Contudo, o marcador de estrela não tinha nenhuma atividade no questionário, então ou o usuário explorou os marcadores depois de ver a demonstração inicial ou simplesmente se encantou ao ver a demonstração inicial. Mas a última opção parece pouco provável levando em conta que alguns usuários pediram ajuda com o uso do marcador de simulação da vida de uma estrela. Por fim, a grande maioria considerou a ferramenta boa e muito boa, e só 5% a consideraram regular, logo ela teve uma boa aceitação por parte dos usuários.

Quanto aos problemas, com exceção do peso e manuseio dos tablets eles já eram conhecidos. De certa forma o fato do hardware do tablet ser mais limitado dificulta o uso do cubo, por causa do reconhecimento, e também o reconhecimento como um todo dos marcadores. Alguns tablets eram muito lentos e demoravam para reconhecer os marcadores, e quando os reconheciais o usuário poderia ter mudado a posição do mesmo tentando acertar a posição para um reconhecimento. Nesta mudança de posição o objeto virtual aparecia na tela e depois sumia, gerando uma certa frustração que pode não ser boa caso a ferramenta seja usada com pessoas mais jovens ou sem paciência com tecnologia mais lenta. O único marcador que é lento mesmo com um aparelho melhor é o marcador de simulação da vida de uma estrela no seu primeiro uso, devido ao uso de um Sistema de Partículas para simular as nuvens de gases que originam as estrelas. O uso do cubo era de forma geral a parte mais difícil de se acostumar, mesmo com um aparelho com um hardware melhor. A ferramenta como um todo pode até ser resumida com a frase que um usuário colocou: “O manuseio é fácil quando você entende a maneira de usar o aplicativo (a forma de usar cada coisa)”. A turma da ETEVI foi muito interativa e depois que os testes foram concluídos eles estavam se divertindo: brincando com a ferramenta ou até tirando *selfies* onde alguém simulava comer um planeta. Outros alunos comentavam que assim que tivessem a chance iriam baixar e instalar o aplicativo em seus smathphones.

Dia 19 de abril de 2017, não foi feito um teste, mas a ferramenta foi apresentada para uma turma de pedagogia do professor Maurício. Embora o interesse não fosse fazer um teste e só mostrar a ferramenta, pois a mesma envolve o uso da tecnologia na educação, a turma teve uma reação muito interessante. Algumas alunas estavam querendo fazer o download da ferramenta e outras estavam respondendo o questionário. Não foi pedido isto para a turma, mas foi uma reação muito espontânea e as alunas se divertiram e gostaram do que viram. Isto

deu indícios que de certa forma se a ferramenta não puder ser usada no ensino fundamental ela pode ser usada por turmas mais velhas, como o ensino médio ou até pessoas que tenham algum interesse na área de Astronomia ou tecnologia, como uma forma de fazer uma ponte entre esses assuntos e despertar interesse neles.

3.5.2.2 Experimento e resultado do Asset

O objetivo deste experimento foi verificar se a forma como o Asset foi construído e os recursos que ele possuía poderiam ser reutilizados sem apresentar grandes problemas aos usuários. Ele foi pensado para ser reaproveitado e possuía elementos que não dependiam de outras partes da ferramenta para funcionar, mas isto não significa que ele seria fácil de usar ou considerado útil, e estas foram algumas questões abordadas no questionário deste teste. O experimento do Asset _CelestialBodies foi feito no laboratório 412 do Bloco S, campus I da Universidade Regional de Blumenau no dia 26 de abril de 2017, no período vespertino. O questionário foi aplicado a duas pessoas, alunos do curso de Ciência da Computação. O procedimento foi primeiramente explicar sobre o Asset, depois preencher a parte do questionário referente ao perfil, 5 minutos para usar o Asset livremente, depois uma sequência de atividades com o Asset e por último questões sobre a usabilidade. A Tabela 5 apresenta as respostas do questionário de perfil.

Tabela 5 – Resposta do questionário de perfil

Sexo	100% masculino
Idade	100% entre 16 a 20 anos
Nível de Escolaridade	100% ensino superior incompleto
Você utiliza o Unity com qual frequência	100% frequentemente
Versão do Unity no que você está usando	5.5.0f3 5.5.2f1

Fonte: elaborado pelo autor.

Pelos dados da Tabela 5 é possível notar que os usuários estão acostumados a utilizar o Unity e eles utilizam uma versão mais recente do Unity do que a versão com a qual este trabalho foi desenvolvido. Na Tabela 6 são mostradas as respostas quanto às atividades realizadas (respostas são de Sim ou Não).

Tabela 6 – Respostas das instruções do questionário

Importe o Asset _CelestialBodies (Assets → Import Package → Custom Package). A tarefa foi realizada?	100% sim
Adicione uma "Star" na cena (_CelestialBodies -> Prefabs -> Star). No script StarControler da Star que se encontra na cena modifique o atributo Mass. De um Play e veja o que ocorre.	100% sim
Agora adicione um "Planet" a cena (_CelestialBodies -> Prefabs -> Planet) Garanta que ele fique alinhado com o a Star em um dos eixo. Adicione um material ao Planet (_CelestialBodies -> Materials). Modifique os atributos "Revolution Speed", "Rotation Speed", "Direction" e coloque o "Barycenter" como a "Star". De um Play e veja o que ocorre.	100% sim
Adicione outro "Planet" modifique os mesmos atributos. Em "Axis" coloque "X" e em "Axis Inclination" coloque o valor de 90. De um Play e veja o que ocorre.	100% sim
Adicione outro Planet repita os processos mencionados acima. Depois disto coloque um dos "rings" (_CelestialBodies -> Prefabs -> *-rings) como filho deste Planet. Adicione um material aos rings (os dois lados dos rings). De um Play e veja o que ocorre.	100% sim
Adicione prefabs de Nebula, BlackHole, NeutronStar, NovaNebula, PlanetaryNebula, WhiteDwarf e PolarSteam (_CelestialBodies -> Prefabs). Molde a cena como a sua criatividade mandar. De um Play e observe.	100% sim

Fonte: elaborado pelo autor.

Na tabela 6 é possível notar que os usuários não tiveram grandes dificuldades em realizar o que lhes foi pedido. Durante algumas atividades eles apresentaram dúvidas que foram esclarecidas. As dúvidas geralmente consistiam em pontos das instruções que não estavam muito claros ou estavam confusos. O questionário sofreu uma modificação por conta disto. Na Tabela 7 é apresentado o questionário de usabilidade.

Tabela 7 – Respostas de usabilidade

Das atividades solicitadas, quantas atividades você conseguiu executar sem auxílio?	100% a maior parte
De modo geral, você achou o Asset fácil de usar?	100% sim
Você acha que o Asset pode ajudar com a construção de jogos ou aplicações no Unity voltadas a temática do Universo?	100% sim
Qual é a sua avaliação da aplicação?	50% muito bom 50% bom
Qual foi a sua maior dificuldade utilizando o Asset?	Não teve dificuldades

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 7 nota-se que os usuários consideraram o Asset fácil de usar e que ele pode ajudar na construção de jogos com aplicações com a temática do Universo. A avaliação do Asset ficou dividida em boa e muito boa. De forma geral a quantidade de pessoas com a qual o Asset foi testado não é significativa e os usuários eram acostumados a usar o Unity, mas de certa forma isto indica que o Asset foi feito de uma forma correta. Os alunos também apresentavam reações de diversão e curiosidade realizando as atividades, querendo saber como era o funcionamento de algumas partes do Asset.

3.5.3 Análise geral sobre o desenvolvimento da ferramenta

Nesta seção são apresentadas análises sobre como foi o processo de desenvolvimento e suas implicações neste trabalho. Uma das ideias pensadas depois do projeto deste trabalho foi aplicar o uso de um cubo para fazer a Interface Tangível. A ideia inicial foi o uso de marcadores para fazer todas as interações, mas como o desenvolvimento do trabalho começou antes do planejado, o tempo extra foi aproveitado para testar ideias. O uso do cubo foi uma ideia para aumentar a interação com a ferramenta. Foram feitos testes usando um cubo de modelo, para verificar a sua interação para realizar algumas ações, mudar a teoria de simulação e aumentar a velocidade no módulo do Sistema Solar. Conforme os testes prosseguiam, foi notado que o cubo era mais fácil de manusear, do que pressionar botões. Depois que foi decidido que seria usado um cubo teve-se que pensar as dimensões dele. O cubo deveria ser grande o suficiente para facilitar a detecção, mas também ser pequeno o suficiente para um aluno de ensino fundamental conseguir segurá-lo. Optou-se por fazer um cubo com as dimensões 5x5x5, que atingia este objetivo, mas as dimensões foram modificadas posteriormente devido a montagem dos kits de marcadores, pois não foram

achados cubos de madeira com tamanho 5x5x5 centímetros só com tamanho 4x4x4 centímetros, que ainda assim atingiam o objetivo inicial.

Outro ponto que levou certo tempo para ser acertado foram os menus tangíveis, que se referem aos elementos com os quais o cubo interage. O primeiro e maior problema era a questão dos usuários destros ou canhotos. Os menus tinham que ser posicionados de tal forma que não limitassem o uso da ferramenta tanto por parte de um grupo quanto do outro. A limitação viria pelo fato dos usuários terem que segurar o dispositivo com uma mão e o cubo ou outro marcador com a outra mão, sendo que a mão dominante seguraria o cubo ou marcador. Desta forma se a pessoa fosse canhota, ela teria que segurar o cubo com a mão esquerda, mas como os menus iniciais ficavam do lado direito, isto geraria um movimento desconfortável para alcançá-los ou para não perder um outro marcador. A solução para este problema foi fazer uma tela inicial perguntando qual é mão dominante do usuário e fazer o posicionamento dos elementos dos menus de acordo com a resposta. Outro problema encontrado foram os símbolos utilizados para representar as opções, que atualmente são: um peso, um velocímetro, letras com as iniciais da opção de modelo de representação do Sistema Solar e um botão de *play*. Nas primeiras versões da ferramenta estas opções eram apresentadas como cilindros coloridos. Os cilindros não permitiam fazer nenhuma relação para facilitar o uso ou entendimento da função deles na ferramenta a não ser o fato da cor. Este problema foi levantado durante reuniões de orientação, onde a melhor solução encontrada foi atribuir desenhos que lembrasse o mundo real, ou que a função pudesse ser associada a algo já mais conhecido. Botão de *play* para iniciar a simulação, o peso para modificar a massa, o velocímetro para a velocidade e as letras para as teorias de simulação.

O Blender foi utilizado para fazer elementos da Interface Tangível e para criar modelos 3D que não são possíveis com o Unity. Para fazer uso do Blender e trazer os modelos para o Unity foram usados tutoriais e explicações na Internet. Um comentário que sempre ocorria nos tutoriais era que quanto mais vértices, faces ou bordas um modelo 3D possui, mais processamento é usado para desenhar o elemento na tela. Quanto mais processamento é gasto em uma atividade, mais lenta uma aplicação pode se tornar. Como a cena principal da ferramenta já tem muitos elementos 3D, teve-se de prestar atenção com a quantidade de vértices, faces e bordas dos modelos gerados no Blender para não gastar processamento desnecessariamente. Levando estes fatos em conta, quando o Blender era usado para fazer um modelo, sempre foi procurado uma forma de diminuir a quantidade de faces, vértices e bordas.

O uso do Vuforia para cuidar da Realidade Aumentada e a possibilidade de fazer *scripts* que pudessem receber os eventos dele foi o que possibilitou a ferramenta fazer o que foi prometia. Possivelmente os únicos problemas em relação ao uso do Vuforia são fazer as configurações iniciais, passo que pode ser facilmente esquecido, e a questão quanto ao foco da câmera de dispositivos móveis, mas para isto tem um *script* CameraSettings que soluciona o problema. O Unity facilitou o desenvolvimento da ferramenta como um todo, pois o mesmo cuidava da maioria das coisas relacionadas a parte gráfica, deixando a lógica da ferramenta como a parte mais complicada. Mas mesmo a lógica sendo a parte mais complicada, a forma como o Unity usa os *scripts* também facilitou isto. Sem falar do componente de `Collider` que foi em sua grande parte empregado para fazer as Interfaces Tangíveis. O Unity também oferece a possibilidade de exportar a ferramenta para outras plataformas além da Android, como o iOS.

Durante o desenvolvimento da ferramenta ela também foi pensada para ser modular, tanto que uma parte dela pode ser separada em um `Asset` e usada sem grandes complicações. Durante o planejamento isto gerou um certo problema, devido ao fato da ideia inicial ser modularizar tudo, mas isto não pareceu útil. A solução foi pensar em duas partes diferentes, uma que pudesse ser separada e a outra destinada especificamente a ferramenta. Com esta separação em mente, cada elemento da ferramenta que era criado era pensado em uma função: ser específico da ferramenta ou poder ser reaproveitado. Esta divisão também obrigou a aplicação de padrões de projetos para permitir a modularização e não prender o que poderia ser reaproveitado com a estrutura específica da ferramenta. Desta forma foi feito o `Asset_CelestialBodies`.

Para a realização dos testes foram feitos 10 kits de marcadores. Cada kit de marcadores consiste em um marcador do Sistema Solar, 8 marcadores de planetas, 1 marcador do Sol, 1 marcador de simulação da vida de uma estrela, 1 marcador de informação, 1 marcador de dissecação e 1 marcador de cubo. Os marcadores podem ser simplesmente impressos e o cubo montado e tudo está pronto para ser usado. Mas no caso de usar uma folha de papel normal existe o problema de dobrar o papel o que dificulta o reconhecimento do marcador. Uma primeira solução seria usar papelão para colar os marcadores, mas devido às pesquisas foi encontrado o papel Paraná que é mais resistente que papel normal e mais fino que papelão. Foram usadas duas folhas de papel Paraná de dimensões 80x100 centímetros, mas a segunda folha não foi usada em sua totalidade. Para a montagem dos cubos foram utilizados cubos de madeira. Devido ao fato dos cubos de madeira terem dimensões 4x4x4

centímetros o marcador de cubo teve de mudar de tamanho para se adequar a esta limitação. Com estas folhas e cubos de madeira foram montados 10 kits de marcadores para serem usados durante os testes. Foi feito uso de cola bastão nos marcadores colados em papel Paraná devido a um certo temor de utilizar cola branca, já que a mesma é líquida e poderia deformar o papel dos marcadores. O uso da cola branca na madeira foi mais fácil pois as faces do marcador eram menores e era mais fácil realizar esse processo com cola branca. Os kits de marcadores se encontram disponíveis no laboratório LIFE na Universidade Regional de Blumenau.

Sobre os pontos levantados na seção 2.1.3 é necessário destacar que este trabalho levou em conta alguns problemas que foram relatados e outros acabaram sendo ignorados. O que foi levado em conta durante a produção da ferramenta foi a criação de um material que pudesse ser facilmente montado ou usado, por isto o uso de marcadores de papel e um aplicativo já que as plataformas móveis estão cada vez mais comuns. Um ponto que foi ignorado foi a consulta de com uma professora de Geografia durante a fase de desenvolvimento da ferramenta. Durante esta fase a maior parte das ideias de uso e desenvolvimento veio da observação do autor a sistemas voltados a simulação e exibição de informações sobre a Astronomia e contribuições do orientador sobre questões práticas de uso e aplicação na educação. De certa forma o caminho escolhido chegou a um resultado positivo, pois quando a ferramenta foi mostrada para a professora Maria Helena Batista, ela considero-a interessante, mas isto não significa que esta é a forma correta de se desenvolver uma aplicação educacional.

Outra análise relevante a ser feita é a classificação da Interface Tangível da ferramenta segundo a classificação de Fishkin (2004). Como já foi dito, Fishkin (2004) define dois eixos para a classificação da Interface Tangível: a personificação e a metáfora. No quesito de personificação este trabalho faz uso da personificação distante, pois os elementos que fazem a Interface Tangível e o dispositivo que exibe as alterações provocadas estão afastados, distantes. Quanto ao outro eixo pode-se dizer que a ferramenta faz uso de uma metáfora de verbo. O motivo desta escolha é que a maioria das ações pode ser relacionada ao uso de botões no computador sendo que o cubo representa o mouse e as letras, a régua, e o botão de *play* são botões, então existe uma semelhança de ação, mas uma semelhança visual com as formas usadas não ocorre com tanta facilidade. O uso do marcador de dissecação e o de informação também tem uma propriedade igual, mas não necessitam do uso do cubo para realizarem suas funções. Já a mudança de velocidade de simulação do Sistema Solar, da vida

de uma estrela e a mudança de massa da simulação da vida de uma estrela são as mais diferentes, pois eles têm uma ação de colocar o cubo em cima do elemento e girá-lo. Isto não tem uma ação no computador, mas existe uma ação parecida no mundo real que é girar botões de rádio ou caixas de som para aumentar ou diminuir o volume por exemplo. Mas mesmo que a metáfora seja de verbo ainda assim foi feito um apelo para as formas dos elementos com os quais o cubo interage, então outra forma de enxergar esta classificação seria que o que faz uso das ações do cubo utiliza uma metáfora de nome e verbo. Esta nova colocação deve-se ao fato que se apela para a forma para fazer uma relação mais fácil com algo do mundo real e a ação que continua sendo ao um clique de mouse ou virar um botão de rádio, mas, ainda assim, existem diferenças com relação ao mundo real. Os marcadores de informação e dissecação continuam só como metáfora de verbo.

3.5.4 Comparação com os trabalhos correlatos

Esta seção faz uma comparação da ferramenta desenvolvida com os trabalhos correlatos apresentados na seção 2.5. O Quadro 7 apresenta a comparação entre as principais características.

Quadro 7 – Comparativo entre os trabalhos correlatos

Características/ Trabalhos correlatos	Ferramenta desenvolvida	Okawa, Kirner e Kirner (2010)	Sin e Zaman (2010)	Silva (2016)
Interface Tangível	X	X	X	X
Voltado ao Ensino do Sistema Solar	X	X	X	
Modificação de elementos	X		X	X
Unity e SDK Vuforia	X		Não informado	X
Captação de imagens	smartphone	<i>webcam</i>	<i>webcam</i>	smartphone
Elementos da Interface Tangível	Cubo e Marcadores	Marcadores	Cubo e marcadores	Cubo e marcadores

Fonte: elaborado pelo autor.

Por meio das informações do Quadro 7 é possível notar que todos os trabalhos fazem uso de uma Interface Tangível. Entretanto, só o trabalho de Silva (2016) e a ferramenta desenvolvida usam Unity e Vuforia. Os trabalhos de Okawa, Kirner e Kirner (2010) e Sin e

Zaman (2010) e a ferramenta desenvolvida são voltadas para o ensino do Sistema Solar, mas só o trabalho de Okawa, Kirner e Kirner (2010) apresenta jogos para a fixação de conteúdos, sendo eles um jogo da memória e um de perguntas e respostas. O uso do smartphone para captação de imagens do mundo real é feito por Silva (2016) e por este trabalho. Em todos os trabalhos é observado o uso de marcadores para fazer parte da interface tangível, contudo só o trabalho de Okawa, Kirner e Kirner (2010) usa somente os marcadores, enquanto o trabalho de Sin e Zaman (2010), de Silva (2016) e a ferramenta desenvolvida também usam um cubo para manipular elementos. A ferramenta desenvolvida permite uma certa modificação dos seus elementos, mas não na mesma proporção do trabalho de Sin e Zaman (2010) e Silva (2016).

4 CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou o desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar no ensino de Sistema Solar utilizando Realidade Aumentada. O objetivo de disponibilizar uma ferramenta com o intuito de ajudar a ensinar um conteúdo de Geografia, junto com os seus objetivos específicos, foram alcançados e os resultados dos testes comprovam isto. Embora os testes tenham sido realizados com um grupo pequeno composto de 20 alunos do primeiro ano do ensino médio, a reação e o envolvimento deles com o uso da ferramenta comprova o que foi concluído no trabalho de Sin e Zaman (2010) sobre o uso de Realidade Aumentada na educação. Não só a reação dos alunos demonstra potencial, mas também a reação do grupo de alunos para qual este trabalho foi apresentado, no qual não foi pedido nada para eles, mas eles se interessaram e que quiseram usar a ferramenta, mesmo que só para ver como ela funcionava. O objetivo de mostrar conteúdos relacionados com o Sistema Solar de forma alternativa foi atingido usando Realidade Aumentada em conjunto com Interface Tangível. O módulo reaproveitável existe em razão da separação entre elementos específicos da ferramenta e elementos que poderiam ser reaproveitados. Os modelos do Sistema e dos planetas e suas estruturas internas foram feitos usando os recursos do Blender e do Unity.

As ferramentas utilizadas durante o desenvolvimento se mostraram adequadas para os fins que foram utilizadas. O Inkscape foi muito útil devido aos seus diversos filtros para figuras possibilitando a criação de marcadores com formas simples, mas que tivesse um bom reconhecimento por parte do Vuforia. O Blender facilitou a criação e edição de modelos 3D para o interior dos planetas e para alguns elementos da Interface Tangível. As maiores dificuldades em relação ao uso do Blender são: a aplicação de texturas, rotação e escala. A definição de como a textura deve ser aplicada em um modelo deve ser feito no Blender e caso este passo seja esquecido isto pode gerar problemas na aplicação da textura no Unity. A rotação, escala dos modelos 3D quando eles são importados para o Unity podem apresentar uma variação significativa. O Vuforia cuidou de toda a parte de Realidade Aumentada, e poder criar *scripts* que interagissem com os eventos do Vuforia permitiu que a ferramenta apresentasse o dinamismo para fazer a escala dos planetas e não deixar elementos aparecendo na tela quando eles não deveriam. O uso do Unity facilitou o desenvolvimento da ferramenta como um todo, especialmente com o uso do componente de *Collider* que foi em sua grande parte empregado para fazer as Interfaces Tangíveis.

Por fim, este trabalho deixa uma contribuição social, já que a ferramenta desenvolvida pode ser utilizada como um método alternativo para mostrar conteúdos relacionados ao

Sistema Solar. Os kits de marcadores desenvolvidos para os testes deste trabalho encontram-se no laboratório LIFE da Universidade Regional de Blumenau com o intuito de serem utilizados para este fim. Quanto a contribuição científica este trabalho deixa as soluções encontradas para construir Interface Tangível utilizando Unity e Vuforia, além da fundamentação teórica sobre o assunto. Contudo, o trabalho desenvolvido possui certas limitações, como a necessidade de um aparelho com um bom hardware para apresentar uma boa usabilidade dos marcadores.

4.1 EXTENSÕES

Para trabalhos futuros são sugeridos:

- a) criar um módulo para constelações para mostrar o seu desenho e história usando um livro de Realidade Aumentada;
- b) melhorar o marcador de simulação de vida de uma estrela para mostrar os sistemas de estrelas que existem;
- c) criar um jogo para ajudar a memorizar conceitos do Sistema Solar utilizando Realidade Aumentada;
- d) melhorar o desempenho da ferramenta para que ela possa ser utilizada no CardBoard sem o problema de ficar lenta;
- e) melhorar o módulo de simulação do Sistema Solar para permitir ver quantos dias e anos passaram nos planetas desde o início da simulação, levando em conta a possibilidade de regredir no “tempo”;
- f) adicionar uma física aos componentes do `Asset_CelestialBodies`.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ana L. M. de; CONCEIÇÃO, Sheilla S. da; SCHNEIDER, Henrique N.. ProInfo: Uma proposta para a inserção das TICs na Educação Brasileira. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, [S.l.], v. 2, n. 2, p.91-106, 2009. Disponível em:
<http://www.seer.ufs.br/index.php/revtee/article/view/2206/1877>. Acesso em: 10 ago 2016.
- ASTRONOMIA. [S.l.]: Ozi; TV Cultura (Fundação Padre Anchieta), 2011. (7 min.), son, color. Série ABC DA ASTRONOMIA. Disponível em:
<http://tvescola.mec.gov.br/tve/video/abc-da-astronomia-astronomia>. Acesso em: 23 ago. 2016.
- AZUMA, Ronald T.. A Survey of Augmented Reality. **Presence: teleoperators and virtual environments**, [S.l.], v. 6, n. 4, p.355-385, ago. 1997. Disponível em:
<http://www.ronaldazuma.com/papers/Arpresence.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2016.
- AZUMA, Ronald T.. The Most Important Challenge Facing Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, [S.l.], v. 25, n. 3, p.234-238, dez. 2016. MIT Press - Journals. http://dx.doi.org/10.1162/pres_a_00264. Disponível em:
http://www.ronaldazuma.com/papers/Presence_AR_challenge.pdf. Acesso em: 04 jul. 2017.
- FISHKIN, Kennethp.. A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. **Personal And Ubiquitous Computing**, [S.l.], v. 8, n. 5, p.347-358, 28 jul. 2004. Springer Nature.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00779-004-0297-4>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-004-0297-4>. Acesso em: 07 mar. 2017.
- ISHII, Hiroshi. Tangible bits: Beyond Pixels. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TANGIBLE AND EMBEDDED INTERACTION, 2., 2008, Bonn, Alemanha. **Proceeding**. New York: Acm, 2008. p. xv - xxv. Disponível em: <https://tangible-fmp.mit.edu/publishedmedia/Papers/349-Tangible Bits Beyond Pixels/Published/PDF>. Acesso em: 09 jul. 2017.
- KELNER, Judith; TEICHRIEB, Veronica. Técnicas de interação para ambientes de Realidade Virtual e Aumentada. In: SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 9., 2007, Petrópolis, Rj. **Livro do Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality**. Porto Alegre, Rs: Editora Sbc – Sociedade Brasileira de Computação, 2007. p. 52 - 70. Disponível em: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2007_svrps.pdf. Acesso em: 21 out. 2016.
- KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza G.. Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. In: SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 13., 2011, Uberlândia, Mg. **Livro do pré-simpósio, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality**. Uberlândia, Mg: Editora Sbc – Sociedade Brasileira de Computação, 2011. p. 10 - 44. Disponível em: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf. Acesso em: 21 out. 2016.
- MARTINS, Valéria Farinazzo; GUIMARÃES, Marcelo de Paiva. Desafios para o uso de Realidade Virtual e Aumentada de maneira efetiva no ensino. In: WORKSHOP DE DESAFIOS DA COMPUTAÇÃO APLICADA À EDUCAÇÃO, 1., 2012, Curitiba, Pr. **Anais... .** [S.l.]: Sociedade Brasileira de Computação, [2012?]. p. 100 - 109. Disponível em: <http://br-ie.org/pub/index.php/desafie/article/view/2780/2433>. Acesso em: 06 jul. 2017.
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **O Livro de Ouro do Universo**. 2. ed. Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2016. 522 p.

- MIT. **Supply Chain Visualization.** [2017?a]. Disponível em: <<http://tangible.media.mit.edu/project/supply-chain-visualization/>>. Acesso em: 05 jul. 2017.
- MIT. **Topobo.** [2017?b]. Disponível em: <<http://tangible.media.mit.edu/project/topobo/>>. Acesso em: 05 jul. 2017.
- NASA. **Galleries:** Our Solar System. 2009. Disponível em: <<https://solarsystem.nasa.gov/galleries/our-solar-system>>. Acesso em: 06 jul. 2017.
- NUNES, Augusto L. P.; RADICCHI, Adriel O.; BOTEGA, Leonardo C.. Interfaces Tangíveis: Conceitos, Arquiteturas, Ferramentas e Aplicações. In: SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 13., 2011, Uberlândia, MG. **Livro do pré-simpósio, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality.** Uberlândia, MG: Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2011. p. 25 - 43. Disponível em: <http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf>. Acesso em: 14 set. 2016.
- OKAWA, Eduardo S.; KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza G.. Sistema Solar com Realidade Aumentada. In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 7, 2010, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2010, p.72-76. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wrva/2010/0013.pdf>>. Acesso em 17 ago. 2015.
- RIDPATH, Ian. **Astronomia.** 4. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2014. 299 p. (Guia Ilustrado Zahar). Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges.
- SCHMITZ, Evandro Matheus. **Desenvolvimento De Uma Ferramenta Para Auxiliar No Ensino Do Sistema Solar Utilizando Realidade Aumentada.** 2017. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- SILVA, Antônio M. da. **VISEDU:** Interface de Usuário Tangível utilizando Realidade Aumentada e Unity. 2016. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- SIN, Aw Kien; ZAMAN, Halimah Badioze. Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool. In: 2010 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INFORMATION TECHNOLOGY, ITSIM'10, 2010, Kuala Lumpur. **Proceedings ...** Kuala Lumpur: Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., 2010. v. 1, p. 1 - 6. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5561320>>. Acesso em: 15 ago. 2016.
- UNITY. **Requisitos do sistema para a @versão Unity.** [2017?]. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity/system-requirements>>. Acesso em: 04 jul. 2017.
- VUFORIA. **Vuforia is the leading AR platform. Here's why.**: maximum reach. [2016?a]. Disponível em: <<http://www.vuforia.com/>>. Acesso em: 22 out. 2016.
- _____. **Many devices, many platforms.** [2016?b]. Disponível em: <<http://www.vuforia.com/Devices>>. Acesso em: 22 out. 2016.
- _____. **See a little, see a lot.** [2016?c]. Disponível em: <<http://www.vuforia.com/Tools-and-Resources>>. Acesso em: 22 out. 2016.
- _____. **What your app can see.** [2016?d]. Disponível em: <<http://www.vuforia.com/Features>>. Acesso em: 22 out. 2016.

_____. **Vuforia Pricing.** [2016?e] Disponível em: <<https://developer.vuforia.com/pricing>>. Acesso em: 22 out. 2016.

VUFORIA DEVELOPER LIBRARY. **Natural Features and Image Ratings.** [2017?a]. Disponível em: <<https://library.vuforia.com/articles/Solution/Natural-Features-and-Ratings>>. Acesso em: 22 maio 2017.

_____. **VuMark.** [2017?b]. Disponível em: <<https://library.vuforia.com/articles/Training/VuMark>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

_____. **Optimizing Target Detection and Tracking Stability.** [2017?c]. Disponível em: <<https://library.vuforia.com/articles/Solution/Optimizing-Target-Detection-and-Tracking-Stability>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

_____. **Framerate Optimization for Mixed Reality Apps.** [2017?d]. Disponível em: <<https://library.vuforia.com/articles/Solution/Framerate-Optimization-for-Mixed-Reality-Apps>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

APÊNDICE A – Teste da ferramenta do dia 17 de Abril de 2017

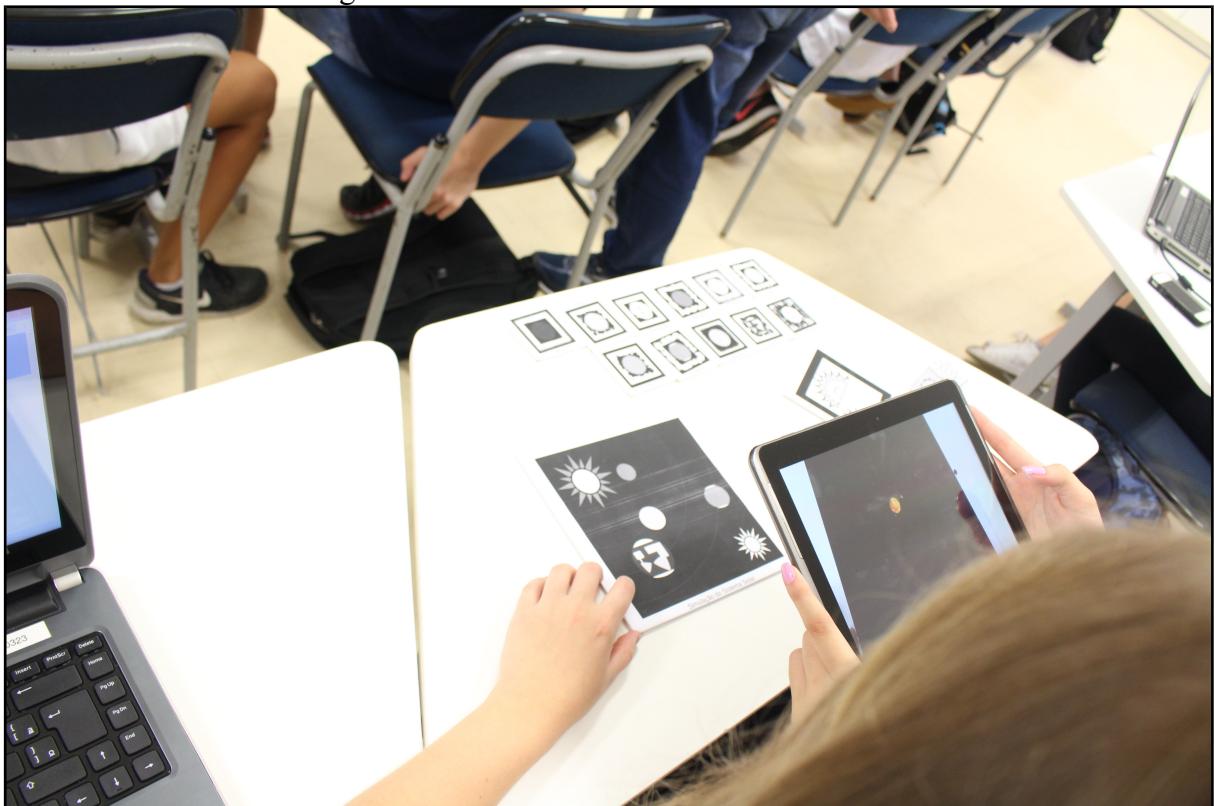
Neste apêndice são apresentadas fotos do teste realizado dia 17 de Abril de 2017 com os alunos da ETEVI no laboratório LIFE na Universidade Regional de Blumenau. A Figura 39 mostra uma das explicações feitas antes de iniciar os testes. As Figuras 40 e 41 mostram os alunos fazendo uso da ferramenta, testando ela. A Figura 42 mostra um momento de esclarecimento de dúvidas sobre o uso da ferramenta.

Figura 39 – Explicação inicial sobre a ferramenta



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 40 – Alunos fazendo uso da ferramenta



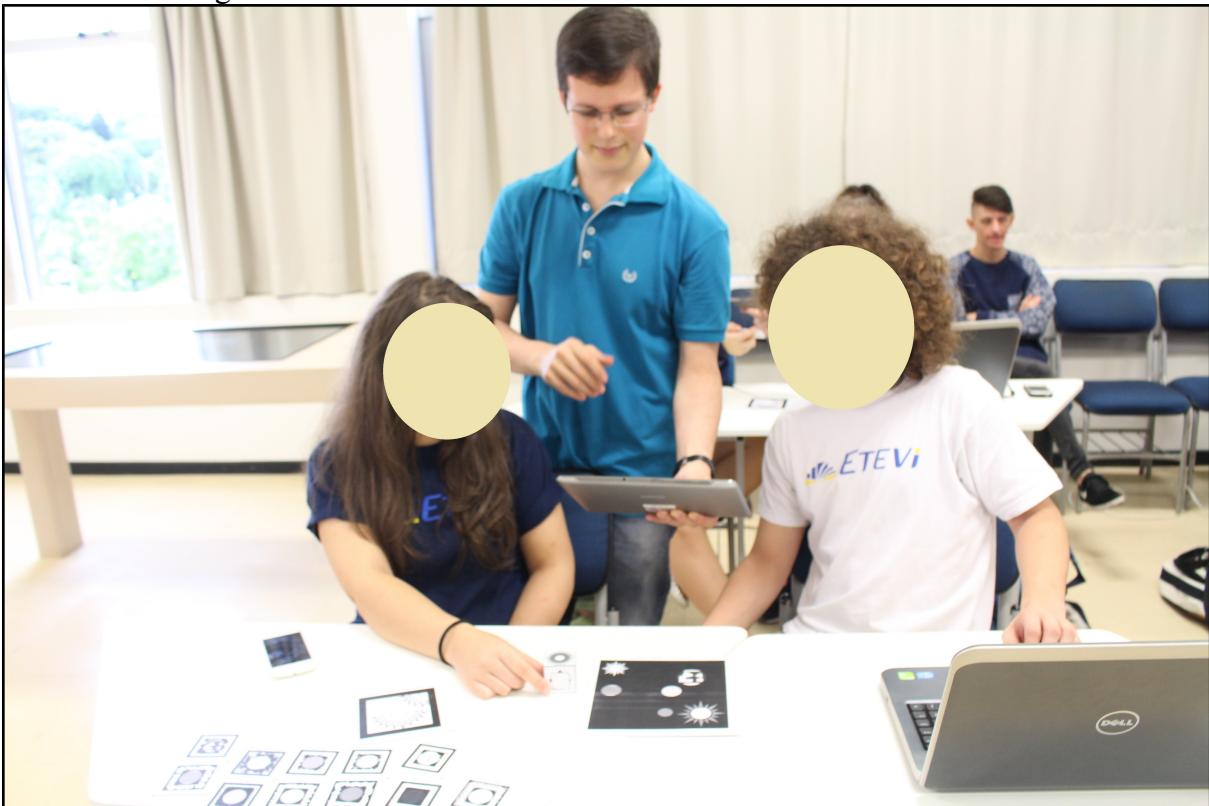
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 41 – Alunos fazendo uso da ferramenta



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 42 – Esclarecimento de dúvidas sobre o uso da ferramenta



Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – Questionário de teste da ferramenta

Neste apêndice é apresentado o questionário feito para o teste da ferramenta. A Figura 43 mostra as perguntas de perfil do usuário e o início da primeira sequência de instruções. As Figuras 44 e 45 mostram a continuação da primeira sequência de instruções. A segunda sequência de instruções começa na Figura 45 e continua nas Figuras 46 e 47. As perguntas de usabilidade são mostradas na Figuras 48 e 49.

Figura 43 – Perguntas sobre perfil do usuário e primeira sequência de instruções

<p>Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - FES</p> <p>O questionário é parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Desenvolvimento de uma Ferramenta para Auxílio no Ensino do Sistema Solar" realizado na Universidade Regional de Blumenau, pelo acadêmico Evandro Matheus Schmitz e professor/orientador Dalton Solano dos Reis.</p> <p>*Obrigatório</p> <p>PERFIL DE USUÁRIO</p> <p>Observação: as informações recebidas abaixo serão mantidas de forma confidencial.</p> <p>1. Sexo: * Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Masculino <input type="radio"/> Feminino <p>2. Idade: * Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Tenho menos de 5 anos <input type="radio"/> Tenho entre 6 a 10 anos <input type="radio"/> Tenho entre 11 a 15 anos <input type="radio"/> Tenho entre 16 a 20 anos <input type="radio"/> Tenho entre 21 a 25 anos <input type="radio"/> Tenho entre 26 a 30 anos <input type="radio"/> Tenho mais de 30 anos <p>3. Nível de Escolaridade: Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ensino fundamental incompleto <input type="radio"/> Ensino fundamental completo – 1º grau <input type="radio"/> Ensino médio incompleto <input type="radio"/> Ensino médio completo – 2º grau <input type="radio"/> Ensino superior incompleto <input type="radio"/> Ensino superior completo <p>https://docs.google.com/forms/d/13kA8ogBOrY5UgJxdrnML5hkaICtuUfawrgdA/publish</p>	<p>Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - FES</p> <p>08/06/17 20:35</p> <p>4. Você utiliza dispositivos móveis com qual frequência? * Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca utilizei <input type="radio"/> Às vezes <input type="radio"/> Frequentemente <p>5. Em qual aparelho você irá utilizar o aplicativo para a realização das tarefas * Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Celular <input type="radio"/> Tablet <p>6. Sistema Operacional do dispositivo e Versão do mesmo</p> <p>7. Tamanho da tela do dispositivo</p> <p>8. Indique seu grau de familiaridade com Realidade Aumentada: * Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço, mas nunca utilizei <input type="radio"/> Já utilizei <p>9. Indique seu grau de conhecimento sobre o Sistema Solar: * Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nenhum <input type="radio"/> Conheço poucas coisas <input type="radio"/> Conheço bastante sobre o assunto <p>INSTRUÇÕES</p> <p>Com este questionário buscamos avaliar a utilização da aplicação. A aplicação possibilita a utilização de objetos reais para manipular objetos virtuais. Você pode utilizar a aplicação e os objetos livremente por um período de 5 a 10 minutos para se ambientar. Ao finalizar, solicitamos que preste nos testes conforme as orientações abaixo.</p> <p>10. Aponte a câmera para o marcador do Sistema Solar e veja a simulação do Sistema Solar A tarefa foi realizada? Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <p>https://docs.google.com/forms/d/13kA8ogBOrY5UgJxdrnML5hkaICtuUfawrgdA/publish</p>
---	--

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 44 – Primeira sequência de instruções

Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - PES

08/04/17 20:30

11. Observação:

12. Utilize o cubo para aumentar ou diminuir a velocidade da simulação (sentido horário aumenta a velocidade, sentido anti-horário diminui ela). *
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval.

Sim
 Não

O cubo deve ter esta face (a estrela com mais pontas) para cima

<https://docs.google.com/forms/d/13KA8qBObtS0lgJzodrM1NktaICuUfFwolg8A/publish>

Page 3 of 13

Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - PES

08/04/17 20:30

13. Observação:

14. Bata em uma das letras com o cubo e veja a teoria de simulação mudar (H = teoria heliocêntrica, G = teoria geocêntrica e T = teoria geocêntrica de Tycho Brahe). *
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval.

Sim
 Não

<https://docs.google.com/forms/d/13KA8qBObtS0lgJzodrM1NktaICuUfFwolg8A/publish>

Page 4 of 13

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 45 – Primeira sequência de instruções e segunda sequência de instruções

Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - PES

08/04/17 20:30

15. Observação:

16. Conecte o marcador "Informação" a simulação do Sistema Solar. Veja as informações sobre a teoria que está sendo simulada. *
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval.

Sim
 Não

Teoria Geocêntrica

Theoria que diz que os planetas giram em torno da Terra e não do Sol. Foi proposta por Ptolomeu, com inspiração nas ideias de Aristóteles. Nesta teoria a Terra se encontra no centro do universo e gira ao redor dela a Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno, respectivamente. As órbitas dos planetas eram circulares. Durante muito tempo foi considerado como o modelo correto para explicar a organização do céu.

Fonte: MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. O Livro do Céu do Universo. 2. ed. Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2016. 522 p.
RIDPATH, Ian. Astronomia. 4. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2014. 299 p.

<https://docs.google.com/forms/d/13KA8qBObtS0lgJzodrM1NktaICuUfFwolg8A/publish>

Page 5 of 13

Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - PES

08/04/17 20:30

17. Observação:

18. Tire o marcador do Sistema Solar e coloque um marcador de planeta. *
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval.

Sim
 Não

Mercurio

19. Observação:

20. Conecte o marcador "Informação" ao marcador de planeta. Veja as informações sobre o planeta. *
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval.

Sim
 Não

<https://docs.google.com/forms/d/13KA8qBObtS0lgJzodrM1NktaICuUfFwolg8A/publish>

Page 6 of 13

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 46 – Segunda sequência de instruções

Ferramenta para auxílio no ensino do sistema Solar - PBS

Mercurio

Diâmetro: 4.879 km
Período Orbital: 88 dias terrestres
Período de Rotação: 59 dias terrestres
Temperatura da Superfície: -180°C a 430°C
Número de Satélites: 0

Informações: Mercurio é um mundo seco e o planeta mais próximo do Sol. Possui dias quentes e noites geladas. Sua atmosfera é fina por conta da sua fraca atração gravitacional, e é composta principalmente por oxigênio, sódio e hélio.

21. Observação:

22. Coloque o marcador de "Dissecção" perto do marcador de planeta. Observe as dimensões do planeta.
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval:

Sim
 Não

Ferramenta para auxílio no ensino do sistema Solar - PBS

Interior de Mércurio

É extremamente denso, o que significa que é rico em ferro.
Crosta: Composta de rocha silicática.
Manto: Composto de rocha silicática.
Núcleo: Composto de ferro e é com cerca de 3.000 km de diâmetro.

Fonte: RIDPATH,L.J.d., Astronomia, 4. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2014. 299 p. (Guia Ilustrado Zahar). Tradução: Maria Eduarda A. Borges.

23. Observação:

24. Conecte o marcador "Informação" ao marcador de planeta. Veja as informações sobre o interior planeta.
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval:

Sim
 Não

Page 7 of 13

Page 8 of 13

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 47 – Segunda sequência de instruções

Ferramenta para auxílio no ensino do sistema Solar - PBS

Mercurio

27. Observação:

28. Coloque outros marcadores de planetas e veja eles serem escalados para uma comparação de tamanho.
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval:

Sim
 Não

Ferramenta para auxílio no ensino do sistema Solar - PBS

Sol

29. Observação:

30. Coloque o marcador do Sol perto de um marcador de planeta, veja o tamanho não se alterar. Depois bata com o cubo na régua perto do Sol (o lado varia conforme a opção de mão, dentro do lado direito, canhoto do lado esquerdo). Veja o planeta ser escalado para uma comparação de tamanho com o Sol. (Se o planeta for pequeno, como Mercúrio, vai ser difícil de notar ele).
A tarefa foi realizada?
Marcar apenas uma oval:

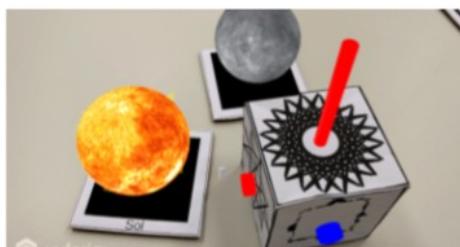
Sim
 Não

Page 9 of 13

Page 10 of 13

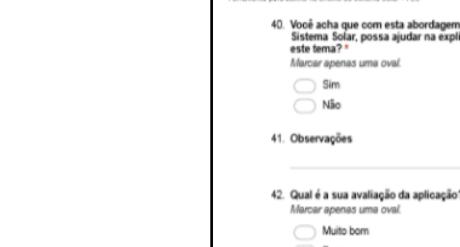
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 48 – Segunda sequência de instruções e perguntas de usabilidade

 <p>Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - PES</p> <p>08/06/17 20:05</p> <p>31. Observação:</p> <hr/> <p>QUESTIONÁRIO DE USABILIDADE</p> <p>https://docs.google.com/forms/d/13kA8ugDmH50gJzodmM1NtduCt0UfIaUrgdA/joinform</p>	 <p>Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - PES</p> <p>08/06/17 20:05</p> <p>32. Das atividades solicitadas, quantas atividades você conseguiu executar sem auxílio? *</p> <p>Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Todas <input type="radio"/> A maior parte <input type="radio"/> Metade das tarefas <input type="radio"/> Menos da metade das tarefas <input type="radio"/> Nenhuma tarefa <p>33. De modo geral, você acha o protótipo intuitivo e fácil de usar? *</p> <p>Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <p>34. Se você se considerava com "Muito Conhecimento" sobre o Sistema Solar, a ferramenta conseguiu em algum modo lhe trazer informações novas ou mostrar algo que você não sabia? *</p> <p>Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <p>35. Observações</p> <hr/> <p>36. Se você se considerava com "Pouco Conhecimento" ou "Nenhum Conhecimento" sobre o Sistema Solar, a ferramenta lhe proporcionou uma nova forma de ver este conteúdo e lhe ajudar a compreendê-lo *</p> <p>Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <p>37. Observações</p> <hr/> <p>38. A ferramenta conseguiu despertar em você interesse em conteúdos ou assuntos relacionados ao Sistema Solar? *</p> <p>Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <p>39. Observações</p> <hr/> <p>https://docs.google.com/forms/d/13kA8ugDmH50gJzodmM1NtduCt0UfIaUrgdA/joinform</p> <p>Page 11 of 13</p> <p>Page 12 of 13</p>
---	--

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 49 – Perguntas de usabilidade

 <p>Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar - PES</p> <p>08/06/17 20:05</p> <p>40. Você acha que com esta abordagem para a demonstração de conteúdos relacionados ao Sistema Solar, possa ajudar na explicações e compreensão de assuntos relacionados a este tema? *</p> <p>Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <p>41. Observações</p> <hr/> <p>42. Qual é a sua avaliação da aplicação? *</p> <p>Marcar apenas uma oval.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Muito bom <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Insatisfatório <p>43. Observação:</p> <hr/> <p>44. Qual foi a sua maior dificuldade utilizando a aplicação? *</p> <hr/> <p>https://docs.google.com/forms/d/13kA8ugDmH50gJzodmM1NtduCt0UfIaUrgdA/joinform</p> <p>Page 13 of 13</p>
--

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – Questionário de teste do Asset

Neste apêndice é apresentado o questionário feito para o teste do Asset. A Figura 50 mostra as perguntas de perfil do usuário. A Figura 51 apresenta a seção de instruções para o uso do Asset. Por fim a Figura 52 apresenta as perguntas sobre usabilidade da ferramenta.

Figura 50 – Perguntas sobre o perfil

<p>Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar – FES – Módulo CelestialBodies</p> <p>O questionário é parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Desenvolvimento de uma Ferramenta para Auxílio no Ensino do Sistema Solar” realizado na Universidade Regional de Blumenau pelo acadêmico Evandro Matheus Schmitz e professor/orientador Dalton Solano dos Reis. O módulo em questão é um Asset desenvolvido no Unity 3D, que容纳 scripts, texturas/Das quais não possui os direitos autorais, mas as licenças bem como de onde elas vieram se encontram em um arquivo chamado ReadMe) e sistemas de partículas, para a criação de corpos celestes.</p> <p>*Obrigatório</p> <p>PERFIL DE USUÁRIO</p> <p>Observação: as informações recebidas abaixo serão mantidas de forma confidencial.</p> <p>Sexo: *</p> <p><input type="radio"/> Masculino <input type="radio"/> Feminino</p> <p>Idade: *</p> <p><input type="radio"/> Tenho menos de 5 anos <input type="radio"/> Tenho entre 6 a 10 anos <input type="radio"/> Tenho entre 11 a 15 anos <input type="radio"/> Tenho entre 16 a 20 anos <input type="radio"/> Tenho entre 21 a 25 anos <input type="radio"/> Tenho entre 26 a 30 anos <input type="radio"/> Tenho mais de 30 anos</p>	<p>Nível de Escolaridade:</p> <p><input type="radio"/> Ensino fundamental incompleto <input type="radio"/> Ensino fundamental completo – 1º grau <input type="radio"/> Ensino médio incompleto <input type="radio"/> Ensino médio completo – 2º grau <input type="radio"/> Ensino superior incompleto <input type="radio"/> Ensino superior completo</p> <p>Você utiliza o Unity com qual frequência? *</p> <p><input type="radio"/> Nunca utilizei <input type="radio"/> Às vezes <input type="radio"/> Frequentemente</p> <p>Versão do Unity no que você está usando.</p> <p>Sua resposta</p>
---	---

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 51 – Instruções

<p>Ferramenta para auxilio no Ensino do sistema Solar – FES – Módulo CelestialBodies</p> <p>*Obrigatório</p> <p>INSTRUÇÕES</p> <p>Com este questionário buscamos avaliar a utilização da aplicação. A aplicação possibilita a utilização de objetos reais para manipular objetos virtuais. Você pode utilizar a aplicação e os objetos livremente por um período de 5 a 10 minutos para se ambientar. Ao finalizar, solicitamos que preencha nos testes conforme as interações abaixo.</p> <p>Importe o Asset CelestialBodies (Assets -> Import Package -> Custom Package). A tarefa foi realizada?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>Observação:</p> <p>Sua resposta _____</p> <p>Adicione uma "Star" na cena (CelestialBodies -> Prefabs -> Star). No script StarController da Star que se encontra na cena modifique o atributo Mass. De um Play e veja o que ocorre. * A tarefa foi realizada?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>Observação:</p> <p>Sua resposta _____</p> <p>Agora adicione um "Planet" a cena (CelestialBodies -> Prefabs -> Planet) Garanta que ele fique alinhado com o a Star em um dos eixos. Adicione um material ao Planet (CelestialBodies -> Materials). Modifique os atributos "Revolution Speed", "Rotation Speed", "Direction" e coloque o "Barycenter" como a "Star". De um Play e veja o que ocorre. * A tarefa foi realizada?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>Observação:</p> <p>Sua resposta _____</p> <p>Adicione outro "Planet" modifique os mesmos atributos. Em "Axis" coloque "X" e em "Axis Inclination" coloque o valor de 90. De um Play e veja o que ocorre. * A tarefa foi realizada?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>Observação:</p> <p>Sua resposta _____</p> <p>Adicione outro Planet repita os processos mencionados acima. Depois disto coloque um dos "rings" (CelestialBodies -> Prefabs -> *-rings) como filho deste Planet. Adicione um material aos rings (os dois lados dos rings). De um Play e veja o que ocorre. * A tarefa foi realizada?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>Observação:</p> <p>Sua resposta _____</p> <p>Adicione prefabs de Nebula, BlackHole, NeutronStar, NovaNebula, PlanetaryNebula, WhiteDwarf e PolarSteam (CelestialBodies -> Prefabs) . Molde a cena como a sua criatividade mandar. De um Play e observe. * A tarefa foi realizada?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>Observação:</p> <p>Sua resposta _____</p>
--

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 52 – Perguntas de usabilidade

<p>Ferramenta para auxílio no Ensino do sistema Solar – FES – Módulo CelestialBodies</p> <p>*Obrigatório</p> <p>QUESTIONÁRIO DE USABILIDADE</p> <p>Das atividades solicitadas, quantas atividades você conseguiu executar sem auxílio? *</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Todas <input type="radio"/> A maior parte <input type="radio"/> Metade das tarefas <input type="radio"/> Menos da metade das tarefas <input type="radio"/> Nenhuma tarefa <p>De modo geral, você achou o Asset fácil de usar? *</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <p>Você acha que o Asset pode ajudar com a construção de jogos ou aplicações no Unity voltadas a temática do Universo?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não <p>Observações</p> <p>Sua resposta</p>	<p>Qual é a sua avaliação da aplicação? *</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Muito bom <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Insatisfatório <p>Observação:</p> <p>Sua resposta</p> <p>Qual foi a sua maior dificuldade utilizando a aplicação? *</p> <p>Sua resposta</p>
--	---

Fonte: elaborado pelo autor.