

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA
CURSO LICENCIATURA EM COMPUTAÇÃO

Naikson Nogueira Uleon

**BIOAR: APLICAÇÃO BASEADA EM REALIDADE AUMENTADA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AOS CONCEITOS DE CITOPLASMA E ORGANELAS
DA DISCIPLINA DE BIOLOGIA**

Itacoatiara/AM

2017

Naikson Nogueira Uleon

**BIOAR: APLICAÇÃO BASEADA EM REALIDADE AUMENTADA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AOS CONCEITOS DE CITOPLASMA E ORGANELAS
DA DISCIPLINA DE BIOLOGIA**

Monografia apresentada como requisito de aprovação na disciplina de Projeto Orientado em Informática na Educação II do curso de Licenciatura em Computação, Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – CESIT/UEA, sob a orientação do Prof. MSc. Jhonathan Araújo de Oliveira.

Itacoatiara/AM

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Deve seguir modelo da bibliotecária e ser colocada no verso da folha de rosto

**BIOAR: APLICAÇÃO BASEADA EM REALIDADE AUMENTADA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AOS CONCEITOS DE CITOPLASMA E ORGANELAS
DA DISCIPLINA DE BIOLOGIA**

Naikson Nogueira Uleon

Monografia apresentada como requisito de aprovação na disciplina de Projeto Orientado em Informática na Educação II do curso de Licenciatura em Computação, Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – CESIT/UEA, sob a orientação do Prof. MSc. Jhonathan Araújo de Oliveira.

Jhonathan Araújo de Oliveira (Orientador)

Mário Humberto Miranda (Membro da Banca)

Elisângela Silva de Oliveira (Membro da Banca)

Itacoatiara

2017/2

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua presença constante em minha vida, não sou nada sem você.

A minha Família, por estarem sempre ao meu lado, me incentivando a seguir em frente e não desistir dos meus sonhos.

Ao meu orientador, Prof.^o MSc Jhonathan Araújo Oliveira, pela sua dedicação e pelo seu compromisso de auxiliar-me neste projeto. Professor, você é o cara!!!

A todos os meus colegas e amigos, desde o ensino fundamental até a faculdade, sem dúvidas são minha segunda família, agradeço pelos momentos de alegria e tristeza compartilhados. A todos os alunos que fizeram parte da minha avaliação, na E.E. Mirtes Rosa de Mendonça Lima e à Prof.^a Simone Oliveira da Silva, por permitir a aplicação em seus tempos de aula.

A todo corpo docente do CESIT, que se empenharam em lapidar pedras, enchendo-as de brilho do conhecimento e da sabedoria.

A Professora Elisângela, que foi minha orientadora de estágio e que colaborou significativamente com esta pesquisa, agradeço pela sua atenção e disposição em sempre ajudar.

Aos meus amigos Aldir, Ronem e Genarde que me ajudaram significativamente no desenvolvimento da aplicação, pelo companheirismo e disposição em sempre querer ajudar. Manos, minha gratidão por vocês, vocês são demais.

A banca, Prof.^o Mário Miranda e Prof.^a Elisângela Silva de Oliveira, por avaliarem e contribuírem com esta pesquisa.

A todos aqueles que fizeram, fazem e farão parte da minha vida, minha eterna gratidão.

RESUMO

As novas Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs vêm provocando mudanças na forma de aprender e conhecer, possibilitando o exercício colaborativo e cooperativo dos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Dentre estas tecnologias, destaca-se a Realidade Aumentada (RA) – tecnologia que permite misturar objetos virtuais ao mundo real, utilizando técnicas de visão computacional e que proporciona uma variedade de recursos que podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo construir uma aplicação utilizando os recursos ofertados pela Realidade Aumentada, com a finalidade de apoiar o ensino dos conteúdos de Citoplasma e Organelas da disciplina de Biologia, disciplina que apresenta uma característica abstrata de conteúdos. A metodologia utilizada apoiou -se na pesquisa bibliográfica, sendo desenvolvida com o 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual do município de Itacoatiara. A avaliação dos resultados da aplicação, contou com 10 participantes que tiveram acesso a aplicação. Os dados coletados foram avaliados utilizando o método qualitativo e representados na forma de gráficos.

Palavra Chave: Tecnologia, Ensino-aprendizagem, Biologia.

ABSTRACT

The new Information and Communication Technologies - ICTs have been provoking changes in the way of learning and knowing, making possible the collaborative and cooperative exercise of those involved in the teaching and learning process. Among these technologies is Augmented Reality (RA) - a technology that allows mixing virtual objects in the real world, using computer vision techniques and providing a variety of resources that can aid in the teaching-learning process. The objective of this research was to build an application using the resources offered by the Augmented Reality, with the purpose of supporting the teaching of the contents of Cytoplasm and Organelles of the discipline of Biology, a discipline that presents an abstract content feature. The methodology used was based on bibliographical research, being developed with the 1st year of High School of a state public school in the municipality of Itacoatiara. The evaluation of the results of the application, counted on 10 participants who had access to the application. The data collected were evaluated using the qualitative method and represented in the form of graphs.

Key words: Technology, Teaching-learning, Biology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação do Citoplasma e das Organelas. Blogspot (2017).....	13
Figura 2. Exemplo do funcionamento da aplicação com Realidade Aumentada. Adaptado de Cardoso et, al (2014).	19
Figura 3. O Volcano on a Book é um exemplo de livro aumentado (Cardoso, 2014).	20
Figura 4. Dispositivos móveis.	21
Figura 5. Processos de usabilidade definido pela norma ISO 13407. Pádua, 2012. 28	
Figura 6. Método TAM. Adaptada de Davis (1989).	29
Figura 7. Realidade Aumentada Aplicada a Medicina. (BUCIOLI et al, 2008).....	31
Figura 8. Realidade aumentada no ensino de ciências: tecnologia auxiliando a visualização da informação (De Souza, et al., 2010).	32
Figura 9. Equipamento Utilizado e posicionamento no Paciente. Realidade Aumentada Aplicada a Medicina.	33
Figura 10. Interface para distribuição e integração de Realidade Aumentada com Realidade Virtual por meio da plataforma CORBA, tendo como estudo de caso ambientes multidisciplinares de biologia e química (SILVA, et al, 2008).....	34
Figura 11. Realidade Aumentada aplicada a Medicina. (Romano, 2010).....	35
Figura 12. Metodologia do trabalho.	36
Figura 13. Diagrama de caso de uso.....	38
Figura 14. Protótipo da aplicação.	38
Figura 15. Plataforma de desenvolvimento, Unity.	40
Figura 16. Objetos 3D criados no SketchUp 2016.....	40
Figura 17. Execução da aplicação BioAR	41
Figura 18. Aplicação utilizada na execução da avaliação	43
Figura 19. Opinião dos participantes sobre a facilidade de uso do BioAR.	44
Figura 20. Opinião dos participantes sobre a utilidade do BioAR.....	45
Figura 21. Opinião dos participantes sobre o desempenho do BioAR.	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AV's – Ambientes Virtuais

CESIT – Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara

DCU – Diagrama de Caso de Uso

EDMC – Educação a Distância Mediada por Computador

GPS – Global Positioning System

M-Learning – Educação Móvel

MMS – Serviços de Mensagens Curtas

PCTV – Computador com capacidade para receber sinais como de TV

RA – Realidade Aumentada

RNA – Ácido Ribonucleico

SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação

TIC – Tecnologia de Informação e Comunicação

UEA – Universidade do Estado do Amazonas

VR – Realidade Virtual

WAP – Wireless Application Protocol

XML – Extensible Markup Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contextualização E Caracterização Do Problema	11
1.2	Justificativa	12
1.3	Objetivo Geral	14
1.4	Objetivos Específicos	14
1.5	Organização do Trabalho	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Realidade Aumentada	16
2.2	Sistemas de Realidade Aumentada	17
2.3	Realidade Aumentada na Educação	18
2.4	Dispositivos Móveis	21
2.5	Aprendizagem Móvel – Mobile Learning	22
2.6	Engenharia de Software	23
2.7	Usabilidade	27
2.8	Trabalhos Relacionados	30
3	METODOLOGIA E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	36
3.1	Levantamento bibliográfico	36
3.2	Proposta inicial	37
3.3	Modelagem	37
3.4	Prototipação de telas	38
3.5	Desenvolvimento da Aplicação	39
3.6	Análise com Especialista	41
3.7	Estudo de Observação	41
3.8	Avaliação dos resultados	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Telas da Aplicação BioAR	43
4.2	Resultados da Avaliação de Usabilidade	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5.1	Proposta de Trabalhos Futuros	49
6	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO	52

APÊNDICE B - CARACTERIZAÇÃO DO PARTICIPANTE.....	54
APÊNDICE D - Roteiro de Avaliação de Usabilidade da aplicação BioAR	56
APÊNDICE C - BioAR – Questionário pós-avaliação	57
BioAR – Questionário pós-avaliação.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e caracterização do problema

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) podem ser entendidas como um conjunto de recursos tecnológicos que proporcionam um novo modo de se comunicar. O uso dessas Tecnologias passou a fazer parte da vida diária das pessoas. O relacionamento com aparelhos tecnológicos, por exemplo, os celulares e computadores, tem modificado as formas de comunicação e isso tem gerado novas formas de interação entre as pessoas.

As TICs proporcionam, em uma sociedade globalizada, o conhecimento de diversas culturas e saberes. Além disso, é possível perceber uma melhoria dos meios de comunicação e uma rapidez cada vez maior, na transmissão da informação, que nos dias atuais são recebidas de maneira instantânea por todo o mundo (ANDRADE ET AL., 2008).

Dentro desse contexto destaca-se o uso das TICs voltadas para o âmbito educacional, que podem, por exemplo, auxiliar e apoiar no processo de ensino aprendizagem através da oferta de recursos tais como, softwares educacionais, dispositivos móveis, ambientes de mídias e sistemas colaborativos.

Os recursos tecnológicos possuem um grande valor motivacional para os alunos. Quando um computador ou qualquer outro dispositivo é inserido no ambiente escolar, é possível aumentar as chances de uma interação mais ampla entre o conteúdo e o aluno. Outra contribuição importante é que as tecnologias também conseguem se adaptar aos ritmos e às características de cada estudante. Deste modo, os desafios, ritmos e ajudas podem ser adaptados individualmente para cada aluno (SILVA ET AL., 2012).

Assim, as novas tecnologias vêm provocando mudanças na forma de aprender e conhecer, possibilitando o exercício colaborativo e cooperativo dos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem (SILVA ET AL., 2012).

Em destaque às tecnologias emergentes surgiu a Realidade Aumentada - (RA). A RA é uma tecnologia que permiti misturar objetos virtuais ao mundo real, utilizando técnicas de visão computacional (Kirner et al. 2006). Esta tecnologia vem abrangendo de maneira positiva diversos campos do conhecimento, em especial o

âmbito educacional, trazendo novos recursos como a visualização da informação utilizando interface gráfica bidimensional (2D) e tridimensional (3D).

Desta forma a RA oportuniza a exibição de conteúdos com uma riqueza de detalhes, além disso, a possibilidade de simular situações e experiências, que de maneira real não seriam possíveis, permitindo uma aprendizagem de forma mais intuitiva e interativa (CRUZ-CUNHA, 2010).

Neste contexto, mobilizados por estas questões, elaboramos o seguinte problema de pesquisa: *Como construir uma aplicação utilizando os recursos ofertados pela Realidade Aumentada, com a finalidade de apoiar o ensino dos conteúdos de Citoplasma e Organelas da disciplina de Biologia?*

Com base nisto, o presente trabalho visou desenvolver uma aplicação, utilizando técnicas da RA, para apoio ao ensino da disciplina de Biologia nos conteúdos de Citoplasma e Organelas, no 1º ano do Ensino Médio, da Escola Estadual Mirtes Rosa de Mendonça Lima.

1.2 Justificativa

Alguns conteúdos abordados no ambiente educacional, são apresentados com uma metodologia de caráter mais teórico, sem ferramentas didáticas para práticas, tornando o ensino exaustivo e sem interação (PREZOTTO et al.,2013).

A disciplina de Biologia, por ser uma disciplina que trabalha com diversas áreas do conhecimento, como genética, biotecnologia, ecologia, anatomia, medicina, microbiologia e zoologia, apresenta essa característica abstrata, que por conseguinte é decorrente da falta de recursos tecnológicos didáticos disponibilizados nos ambientes educacionais. O ensino biológico se organiza ainda hoje de modo a privilegiar o estudo de conceitos, linguagem e metodologias desse campo do conhecimento, tornando as aprendizagens pouco eficientes para interpretação e intervenção na realidade (BORGES, 2007, p.166).

Segundo Morais *et al.*, 2011, existem várias opções de recursos visuais que podem ser utilizados pelos professores na intervenção de alcançar o objetivo da disciplina, como quadro negro, retroprojetores, filmes, dispositivos (data show e PCTV) e modelos. Apesar dessa variedade em termo de opções, há o problema quanto à quantidade e disponibilidade desses recursos dentro dos estabelecimentos de ensino.

Dentre as diversas partes de estudos da Biologia, existe a Biologia Celular, também chamada de *Citologia*, que se dedica ao estudo das células e suas estruturas. Essa área é considerada importante, uma vez que a célula é a menor unidade viva de um organismo e é utilizada para diferenciar um ser vivo daquele que não apresenta vida (JUNQUEIRA, 1998).

Atualmente, admite-se que as células são formadas por três partes básicas: a membrana, o citoplasma e o núcleo. Dentro do citoplasma estão localizadas as organelas, que são estruturas responsáveis pelas mais variadas funções da célula (JUNQUEIRA, 1998).

O citoplasma é um espaço intracelular preenchido por uma matriz semifluida (com consistência de gel), denominada hialoplasma, onde está "mergulhado" tudo que se encontra dentro da célula, como moléculas e *organelas*. Este é composto principalmente por 80% de água, mas também contém íons, sais e moléculas grandes, como proteínas, carboidratos e o RNA (JUNQUEIRA, 1998).

A Figura 1, ilustra a quantidade de detalhes apresentados nos conteúdos de citoplasmas e organelas, onde é possível visualizar a necessidade de atenção a esses assuntos dentro da sala de aula.

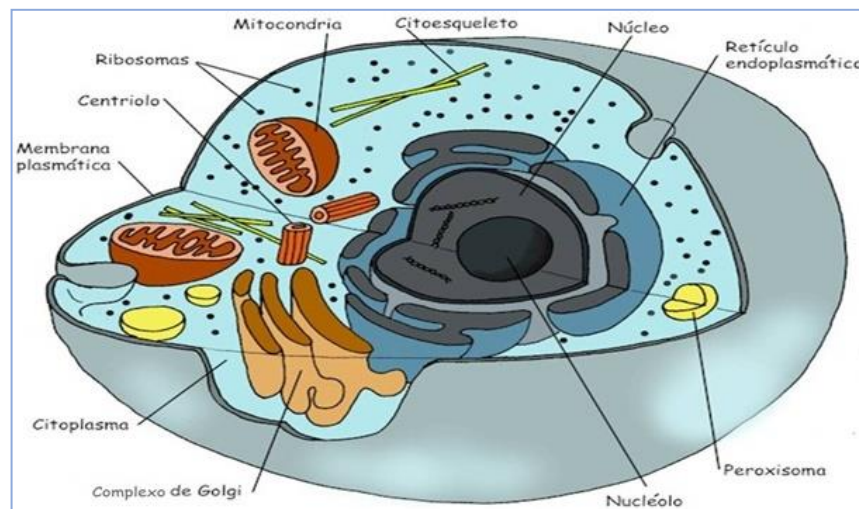


Figura 1. Representação do Citoplasma e das Organelas. Blogspot (2017).

Sendo assim, este projeto visou construir através de métodos tecnológicos, utilizando técnicas de RA, uma aplicação para auxiliar no processo de ensino de tais conteúdos.

Acredita-se que as técnicas da RA podem contribuir para o processo de ensino de tais conteúdos, através da sua oferta de recursos como visualização da informação, manipulação de objetos e ampliação de cenários, proporcionando para os alunos a aproximação dos objetos estudados. Diante disso, pode-se suprir a carência de uma forma didática mais adequada e aproximada do real, ilustrando como são os objetos estudados.

1.3 Objetivo Geral

Construir uma aplicação utilizando os recursos ofertados pela Realidade Aumentada, com a finalidade de apoiar o ensino dos conteúdos de Citoplasma e Organelas da disciplina de Biologia.

1.4 Objetivos Específicos

- Compreender o conceito de Realidade Aumentada e Engenharia de Software para a construção de uma aplicação para o ensino dos conteúdos de citoplasma e organelas em Biologia;
- Avaliar o nível de aceitação da aplicação, considerando aspectos didáticos, tais como, facilidade de uso e apresentação dos conteúdos.
- Analisar o aprendizado dos alunos quanto ao ensino de Citoplasma e Organelas apoiados pelos recursos da RA.

1.5 Organização do Trabalho

O presente trabalho é constituído por 4 capítulos:

No Capítulo 2 apresenta-se uma fundamentação teórica, a fim de proporcionar um embasamento para melhor compreensão deste projeto. São descritos conceitos e definições relacionados a Realidade Aumentada, Engenharia de Software, realidade aumentada na educação, dispositivos móveis, M-Learning, usabilidade, método TAM e trabalhos relacionados.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para o alcance dos objetivos propostos.

O Capítulo 4 expõe os resultados alcançados através do desenvolvimento e avaliações de usabilidade da aplicação desenvolvida e algumas discussões sobre esses resultados.

O Capítulo 5 apresenta as considerações finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Realidade Aumentada

A RA surgiu na década de 60, com o pesquisador Ivan Sutherland, que prestou duas grandes contribuições para esta tecnologia: a) escreveu um artigo, vislumbrando a evolução de RA e seus reflexos no mundo real (Sutherland 1965); b) desenvolveu um capacete de visão ótica direta rastreado para visualização de objetos 3D no ambiente real (SUTHERLAND 1968- RIBEIRO, 2011).

Apenas na década de 80 foi que surgiu o primeiro projeto de realidade aumentada desenvolvido pela Força Aérea Americana. Tal projeto consistiu na construção de um simulador de *cockpit* de avião, com visão ótica direta, misturando elementos virtuais com o ambiente físico do usuário (RIBEIRO E ZORZAL, 2011).

Realidade Aumentada – RA - é uma tecnologia que mistura objetos reais com objetos virtuais, desenvolvidos para ampliar a realidade das informações que recebemos. Isso acontece por meio de informações capturadas do nosso mundo real, com a utilização de um *webcam*, que transmite esses dados capturados para um *software* (gerador de cenas), que combina objetos virtuais aos dados enviados e transmite através de um monitor (KIRNER, 2007).

Azuma (1997) definiu realidade aumentada como um sistema que apresenta três características: combina o real com o virtual; é interativa em tempo real; e ajusta os objetos virtuais no ambiente 3D (ZORZAL E RIBEIRO, 2011).

De outra maneira, realidade aumentada pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com informações virtuais (imagens dinâmicas, sons espaciais, sensações hápticas) geradas por computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos (KIRNER, 2011).

Esta tecnologia consiste em manter o usuário no seu ambiente físico e transportar o ambiente virtual para o espaço do usuário, por meio de algum dispositivo tecnológico. Assim, a interação do usuário com os elementos virtuais ocorre de maneira natural e intuitiva, sem necessidade de adaptação ou treinamento (ZORZAL E RIBEIRO, 2011).

Uma das características mais importantes da RA é a modificação no foco da interação homem computador. Com uso de RA, a interação não se dá com um único

componente e/ou elemento localizado, mas, com o ambiente que circunda aquele que interage. Neste sentido, Realidade Aumentada faz uso da combinação de Realidade Virtual e Mundo Real, propiciando a melhoria da percepção do usuário e sua interação (KELNER ET AL., 2007).

As principais características básicas de sistemas de RA são: processamento em tempo real, combinação de elementos virtuais com o ambiente real e o uso de elementos virtuais concebidos em 3D (KELNER ET AL., 2007).

Por tais características, a concepção de soluções de Realidade Aumentada necessita de componentes que permitam avaliar a posição de quem interage (registro do usuário), o ponto de vista e, gerar os elementos virtuais para, finalmente, combiná-los com o mundo real, por meio de um sistema de projeção. Para tanto, os elementos reais e virtuais necessitam ser alinhados corretamente, um em relação ao outro (AZUMA, 2001).

2.2 Sistemas de Realidade Aumentada

Os sistemas de realidade aumentada, relacionados com a percepção de imagens, podem ser classificados conforme o tipo de display utilizado [Azuma, 2001], dando origem a quatro tipos de sistemas:

1. Sistema de visão ótica direta;
2. Sistema de visão direta por vídeo;
3. Sistema de visão por vídeo baseado em monitor;
4. Sistema de visão ótica por projeção.

O sistema de visão ótica direta utiliza óculos ou capacetes com lentes que permitem o recebimento direto da imagem real, ao mesmo tempo em que possibilitam a projeção de imagens virtuais devidamente ajustadas com a cena real. Para conseguir tal estratégia, pode-se, por exemplo, usar uma lente inclinada que permita a visão direta e que reflita a projeção de imagens geradas por computador diretamente nos olhos do usuário (KERLNER ET AL., 2007).

O sistema de visão direta por vídeo utiliza capacetes com micro câmeras de vídeo acopladas. A cena real, capturada pelo micro câmera, é misturada com os elementos virtuais gerados por computador e apresentadas diretamente nos olhos do usuário, através de pequenos monitores montados no capacete (KELNER ET AL., 2007).

O sistema de visão por vídeo baseado em monitor utiliza um *webcam* para capturar a cena real. Depois de capturada, a cena real é misturada com os objetos virtuais gerados por computador e apresentada em um monitor convencional (KELNER ET AL., 2007).

O sistema de visão ótica por projeção utiliza superfícies do ambiente real, onde são projetadas imagens dos objetos virtuais, cujo conjunto é apresentado ao usuário que o visualiza sem a necessidade de nenhum equipamento auxiliar. Embora interessante, esse sistema é muito restrito às condições do espaço real, em função da necessidade de superfícies de projeção (KELNER ET AL., 2007).

Diante disso, já imaginou, como seria a utilização desses recursos no âmbito educacional? A seguir, discutiremos sobre a Realidade Aumentada na Educação.

2.3 Realidade Aumentada na Educação

A sociedade contemporânea vem sofrendo constantes mudanças em seus modelos de produção comercial, fazendo com que a fomentação do conhecimento se torne cada vez mais criteriosa, exigindo, assim, uma competência para solucionar problemas de forma criativa e flexível. Com isso, a aquisição do conhecimento se torna mais eficiente e agradável a partir do momento que é possível sua visualização, ou seja, o teórico é aplicado de maneira prática, e os resultados, que anteriormente eram obtidos no papel, poderão ser visualizados por meio de movimentos e imagens.

Esse processo se torna possível e evidente diante da utilização do computador, e mais especificamente o uso da Realidade Aumentada, que hoje vem ganhando destaque em diversas áreas do conhecimento. A utilização dessa tecnologia estimula e facilita a aquisição do conhecimento, ajudando o docente em suas práticas educacionais além de possibilitar diversas maneiras de ensinar. O uso da RA se adapta muito bem a conteúdos onde a abstração necessitada pelos alunos se torna muito complexa (CARDOSO ET AL., 2014).

Esse recurso tecnológico torna-se extremamente eficiente por possuir a capacidade de exibir objetos, com uma grande riqueza de detalhes, mostrando-os de forma semelhante ao real. Segundo Rodrigues et al. (2010), o funcionamento desta aplicação se restringe na captura de uma imagem por meio de uma câmera, e

após a identificação de um código previamente cadastrado (marcadores), se renderiza os objetos virtuais que se deseja exibir (CARDOSO ET AL., 2014).

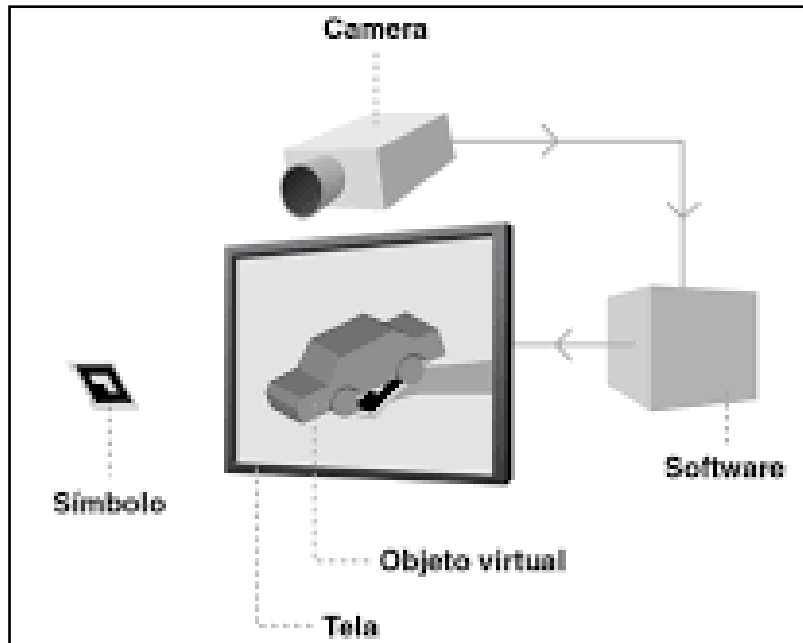


Figura 2. Exemplo do funcionamento da aplicação com Realidade Aumentada. Adaptado de Cardoso et, al (2014).

Na Figura 2 é apresentado o funcionamento de uma aplicação com Realidade Aumentada, onde é demonstrado por meio do reconhecimento de símbolos (marcadores) o processo de geração de um objeto virtual. Este processo de formação do objeto virtual é realizado quando o usuário posiciona seu símbolo no campo de atuação da câmera, de forma que esta identifique a simbologia e em seguida a transmita a um software, que é responsável pela interpretação e geração do objeto virtual. O *software* devidamente programado deve retornar um objeto virtual em sobreposição ao marcador em algum dispositivo de saída (televisão, monitor de computador ou um datashow).

Assim, a utilização da Realidade Aumentada nos espaços educacionais, tem influenciado bastante no ensino, com recursos que facilitam o cotidiano de professores e alunos. Sua riqueza de detalhes proporciona uma melhor visualização dos conteúdos, o que fomenta a interatividade entre os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem (CARDOSO, 2014).

Um bom exemplo de como a realidade aumentada pode incrementar o modo como os alunos veem o conteúdo pode ser visto no que surgiu sendo chamado de

livros aumentados. Neles, o estudante posiciona na frente de um *webcam* uma página de um livro possuindo a imagem de uma figura geométrica, por exemplo, que funcionaria como um marcador, e sobre ela é mostrada por um monitor a sua representação tridimensional, um conceito ilustrado na Figura 3. Caso ele mova ou rotacione a página, poderá ver o elemento geométrico 3D por todos os ângulos, enxergando-o em sua plenitude, o que pode ajudar bastante aqueles alunos que possuem dificuldade de visualizar formas espaciais quando estas estão no papel representadas em 2D (CARDOSO, 2014).



Figura 3. O Volcano on a Book é um exemplo de livro aumentado (Cardoso, 2014).

Como o aluno pode mover livremente as páginas do livro que contém o elemento 3D inserido, ele tem a sensação de que está segurando a figura geométrica em suas mãos, manipulando o virtual da mesma forma que faria com o real. Essa interatividade torna o aluno um elemento ativo no processo educacional (CARDOSO, 2014).

Como vimos, a realidade aumentada oferece recursos atrativos e inovadores para dentro do contexto educacional. Esta pesquisa, visa utilizar esses recursos com outra ferramenta bastante utilizada pelos alunos e professores, os dispositivos móveis, veja, abordagem a seguir.

2.4 Dispositivos Móveis

Um dispositivo móvel pode ser definido como um computador portátil, que pode ser utilizado em qualquer ambiente e que tem a capacidade de se comunicar com outros dispositivos. Em virtude da mobilidade proporcionada pelo uso de um dispositivo móvel, um usuário pode, através da tecnologia sem fio, acessar seus dados e aplicações em qualquer lugar e a qualquer momento (SANTOS et al., 2011). A Figura 4 ilustra exemplos de alguns dos dispositivos móveis utilizados atualmente, tais como, laptops, tablets e smartphones.



Figura 4. Dispositivos móveis.

O mercado de dispositivos móveis é ramificado por diferentes fabricantes, o que inclui uma gama de plataformas de desenvolvimento, sistemas operacionais móveis, software e hardware. A existência de múltiplas plataformas cria uma grande variedade de aplicativos, cada um codificado para ser executado sob sua arquitetura específica.

A existência e o uso destas tecnologias não se evidenciam somente no momento em que vemos um dispositivo em uso, mas culturalmente nossas ações, nossas relações e nosso vocabulário denunciam que estamos fortemente influenciados por esta era digital.

A principal característica destes tipos de dispositivos é justamente serem móveis. Esta característica propicia que haja uma imediata atualização da informação, seja das redes sociais, um material específico de curso, assuntos

peçoais ou de localização. A integração de recursos como o GPS (Global Positioning System) facilita a mobilidade até mesmo de pessoas com deficiência visual. Assim, os usos destas tecnologias estão associados à interação social, à localização espacial, coleta de dados, rastreamento e muitas outras que poderão ser aplicadas em função da intenção do usuário.

Vimos que os dispositivos móveis são ferramentas recheadas de novidades e que podem auxiliar no ensino, junto a outros recursos, como os recursos da realidade aumentada. Os dispositivos são portáteis e a realidade aumentada é um recurso que cabe dentro destes dispositivos, que são práticos para levar a qualquer lugar, ou seja, o aluno e o professor, podem ter uma ferramenta o tempo todo, pela facilidade e pelo tamanho do produto.

Mas, para melhor compreensão dos dispositivos móveis na educação, abordaremos o que vem sendo chamado de *Aprendizagem Móvel*, na seção seguinte.

2.5 Aprendizagem Móvel – Mobile Learning

Tal como em outras partes do mundo, o Brasil tem vivenciado um forte crescimento na oferta de cursos através da Educação a Distância Mediada por Computador (EDMC). Os cursos oferecidos por EDMC são destinados a profissionais ou não, que necessitam de atualização/conhecimentos, mas que têm dificuldades em frequentar cursos tradicionais que exigem presença em horário e locais determinados para a realização do treinamento (PELISSOLI e LOYOLLA, 2004).

EMDC leva em consideração o tempo e espaço do aluno, onde o aluno é o principal protagonista do seu estudo. Mas, para que tais pessoas possam participar de cursos, mesmo que à distância, há que se criar métodos que permitam ao estudante o contínuo aprendizado, mas dispondo de dispositivos móveis para seu acesso aos conteúdos e interações com professores, conteúdos e colegas (PELISSOLI e LOYOLLA, 2004).

A possibilidade de utilização da tecnologia de computação móvel no auxílio ao processo de aprendizagem, permitirá ao aluno acessar em qualquer lugar e em qualquer hora o vasto volume de informação necessário para o acompanhamento de

cursos, principalmente aproveitando os horários de espera ou de locomoção (PELISSOLI e LOYOLLA, 2004).

A utilização de dispositivos móveis e portáteis quando usada para facilitar o acesso a informação em programas de ensino recebe o nome de "Mobile Learning (M-Learning)" (PELISSOLI e LOYOLLA, 2004).

O M-Learning é a contração de diversas tecnologias de processamento e comunicação de dados que permite ao grupo de estudantes e aos professores uma maior interação, com tempo e espaços diferentes (PELISSOLI e LOYOLLA, 2004).

Basicamente, o M-Learning faz uso das tecnologias de redes sem fio, dos novos recursos fornecidos pela telefonia celular, da linguagem XML, da linguagem JAVA, da linguagem WAP, dos serviços de correio de voz, serviços de mensagens curtas (SMS), da capacidade de transmissão de fotos, serviços de e-mail, Múltimídia Message Service (MMS) e chamadas de vídeo (PELISSOLI e LOYOLLA, 2004).

Um dos pontos chaves ao sucesso do M-Learning é a construção de materiais atrativos e de fácil utilização pelo aluno/treinando. Quanto maior for a facilidade de uso e a interatividade com o material, maior será a possibilidade de aprendizado (PELISSOLI e LOYOLLA, 2004).

2.6 Engenharia de Software

2.6.1 A Linguagem de Modelagem Unificada (UML)

A Unified Modeling Language ou Linguagem de Modelagem Unificada – UML - é uma linguagem visual utilizada para modelar sistemas computacionais por meio do paradigma de Orientação a Objetos. Esta linguagem tornou-se, nos últimos anos, a linguagem padrão de modelagem de software adotada internacionalmente pela indústria de Engenharia de Software (GUEDES, 2008). A UML surgiu no fim da década de 90, com muitos contribuintes, mas os principais atores no processo foram Grady Booch, James Rumbaugh e Ivar Jacob (BEZERRA, 2015).

Os autores da UML sugerem que um sistema pode ser descrito por cinco visões interdependentes desse sistema (BOOCH *et al.*, 2006), onde cada visão enfatiza aspectos variados do sistema. As visões são: Visão de Casos de Uso, Visão de Projeto, Visão de Implementação, Visão de Implantação e Visão de Processo (BEZERRA, 2015).

Visão de Casos de Uso: representam descoberta das interações que ocorrem entre usuário e sistema e quais os usuários ou outros sistemas externos que são envolvidos.

Visão de Projeto: enfatiza as características do sistema que dão suporte, tanto estrutural quanto comportamental, às funcionalidades externamente visíveis do sistema.

Visão de Implementação: abrange o gerenciamento de versões do sistema, construídas pelo agrupamento de módulos (componentes) e subsistemas.

Visão de Implantação: corresponde à distribuição física em seus subsistemas e à conexão entre essas partes.

Visão de Processo: Esta visão enfatiza as características de concorrências (paralelismo), sincronização e desempenho do sistema.

A UML é usada no desenvolvimento dos mais diversos tipos de sistemas. Ela abrange sempre qualquer característica de um sistema em um de seus diagramas e é também aplicada em diferentes fases do desenvolvimento de um sistema, desde a especificação da análise de requisitos até a finalização com a fase de testes (BARROS, 2001).

A seguir, abordaremos algumas fases do desenvolvimento de software, para embasamento na criação da aplicação com os recursos da realidade aumentada, no ensino dos conteúdos de Citoplasma e Organelas da disciplina de Biologia.

2.6.2 Levantamento de requisitos

O levantamento de requisitos, também chamada de elicitação tem por objetivo compreender as necessidades em que o sistema deve atender, com base nos requisitos sob a visão de usuário. (LARMAN, 2007).

Sendo assim, esta etapa visou identificar os fatos relacionados aos requisitos do Sistema, de forma a prover o mais correto e mais completo entendimento da proposta da aplicação.

Esta fase captura as intenções e necessidades dos usuários do sistema a ser desenvolvido através do uso de funções chamadas "casos de uso". Através do desenvolvimento de caso de uso, as entidades externas ao sistema (em UML chamados de "atores externos") que interagem e possuem interesse no sistema são

modelados entre as funções que eles requerem, funções estas chamadas de "use-cases".

2.6.3 Análise de requisitos

Após a fase do Levantamento de requisitos, foi necessário realizar a Análise de requisitos dividindo-se em Requisitos funcionais e Requisitos não funcionais. Os Requisitos funcionais apontam as funções que o sistema deve oferecer e como deve-se comportar em determinadas situações. Por outro lado, os Requisitos não funcionais, também conhecidos como requisitos de qualidade têm por objetivo descrever restrições sobre as funções oferecidas, tais como usabilidade, desempenho, confiabilidade, segurança, ambiente operacional e entre outras. Requisitos não funcionais definem a arquitetura do sistema.

2.6.4 Modelagem

Para o desenvolvimento do Projeto de *software* foi necessário um levantamento dos modelos que pudessem elucidar o projeto. Alguns modelos conhecidos para modelagem dos sistemas são os modelos de caso de uso (SOMMERVILLE, 2008).

Os modelos de casos de uso descrevem o sistema de um ponto de vista externo como um conjunto de interações entre o sistema e os agentes externos ao sistema. Esta visão é criada em um estágio inicial e direciona o desenvolvimento das outras visões do sistema (BEZERRA, 2015).

Para descrever a notação de um Modelo de Caso de Uso – DCU, foi necessário identificar os atores, e os casos de uso. Os atores são todo elemento externo que interage com o sistema. Já os casos de uso, são todas as funções do sistema. Existem dois tipos de casos de uso, o primário e o secundário. O caso de uso primário representa os objetivos dos atores (que informações o sistema deve produzir?), e os casos de uso secundário é aquele que não traz benefício direto para os atores, mas que é necessário para que o sistema funcione adequadamente (manutenção de cadastros, manutenção de usuários, etc), (Bezerra, 2015).

Os atores externos e os casos de uso são modelados com relacionamentos que possuem comunicação associativa entre eles ou são desmembrados em hierarquia. Cada caso de uso modelado é descrito através de um texto, e este especifica os requerimentos do ator externo que utilizará este caso de uso. O diagrama de caso de uso mostrará o que os atores externos, ou seja, os usuários do futuro sistema deverão esperar do aplicativo, conhecendo toda sua funcionalidade sem importar como esta será implementada. A análise de requisitos também pode ser desenvolvida baseada em processos de negócios, e não apenas para sistemas de software (Barros, 2001).

2.6.5 Prototipação de telas

A ideia de um protótipo a nível de *designer*, pode ser definida de uma maneira bem ampla, o mesmo pode variar desde um simples esboço de tela em um simples papel, até uma sofisticada tela de um sistema complexo. Um protótipo possibilita que os *stakeholders*¹ interajam com o produto imaginados por ele, fazendo com que o mesmo fique mais ambientado e obtenha experiência de como utilizar o software num ambiente real (PREECE et al., 2005).

Prototipação é o desenvolvimento rápido de um sistema, com a finalidade de ajudar os clientes e desenvolvedores a entender os requisitos do sistema. A prototipação pode ser considerada como uma atividade de redução de riscos que reduz os riscos nos requisitos. Este processo pode trazer alguns benefícios como: melhoria na facilidade de uso do sistema, maior aproximação do sistema com as necessidades dos usuários, melhoria da qualidade do projeto, melhoria na facilidade de manutenção, e redução no esforço de desenvolvimento.

¹ Stakeholders – (Parte Interessada) - Qualquer usuário (pessoa, grupo de pessoas ou organizações) afetado pelo produto/serviço/sistema de alguma forma.

2.7 Usabilidade

2.7.1 Definição e Importância

A especificação de requisitos é usada na Engenharia de Software para definir as condições que um produto de software deve satisfazer para ser aceito e considerado com um nível aceitável de qualidade. De forma semelhante, a Especificação de Requisitos de Usabilidade é uma atividade de processo que tem como objetivo a definição de metas verificáveis, geralmente quantitativas, de desempenho que são usadas como referência para avaliarmos a qualidade da interface do usuário (Pádua, 2012).

A ISO 13407 *Human-centred design processes for interactive systems* é uma norma internacional que define processos de usabilidade. Um diagrama de processos, em alto nível de abstração, prescritos pela norma ISO 13407 é mostrado na Figura 5. Podemos observar que, em linhas gerais, o processo de usabilidade previsto pela norma ISO 13407 é constituído por uma atividade de planejamento e um ciclo onde são realizadas as atividades de:

- Análise de contexto de uso (que a Norma define como especifica o contexto de uso);
- Especificação de requisitos de usabilidade;
- Desenho da interação;
- Avaliação do desenho.

A norma ISO 13407 sugere um ciclo onde, em uma visão bem simplificada, o contexto é analisado, desenhos (podem ser protótipos) são produzidos e a interface é avaliada até que seja considerada satisfatória. A especificação de requisitos de usabilidade, então, serve como uma referência para avaliarmos se a interface apresenta um nível satisfatório de qualidade em termos de usabilidade (Pádua, 2012).

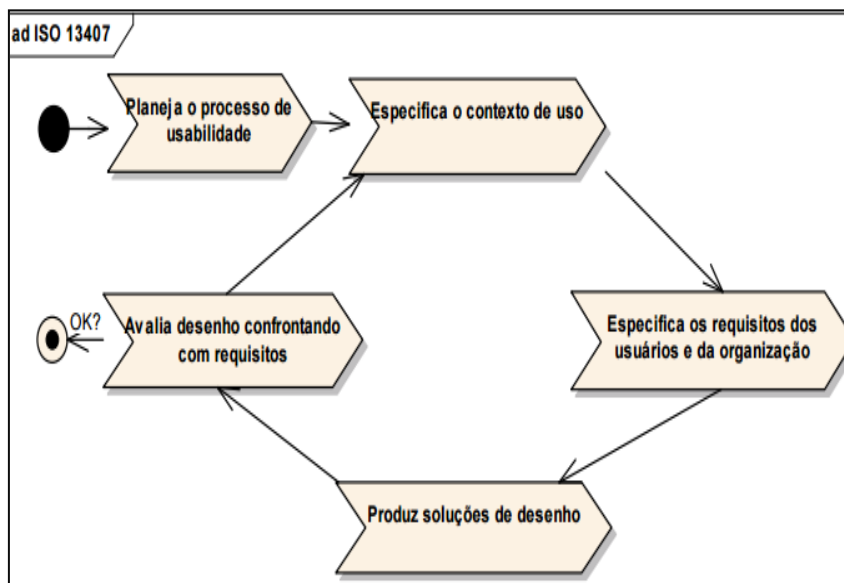


Figura 5. Processos de usabilidade definido pela norma ISO 13407. Pádua, 2012.

2.7.2 Avaliação de usabilidade

A avaliação de usabilidade é uma atividade fundamental em qualquer processo de desenvolvimento que busque produzir um sistema interativo com alta qualidade de uso (FERREIRA, 2013). Tal estimativa ajuda o avaliador a fazer um julgamento de valor sobre a qualidade de uso da solução e identificar problemas na interação e na interface que prejudiquem a experiência do usuário durante o uso do sistema (BARBOSA e SILVA, 2010).

A avaliação de usabilidade possibilita uma maior aceitação da aplicação pelo usuário. As oportunidades de avaliação de usabilidade de aplicações móveis podem ser um importante fator para o sucesso do produto (BONIFÁCIO et al., 2010).

Os métodos de avaliação de usabilidade podem ser realizados com ou sem usuários. Quando são realizados com usuários são chamados testes de usabilidade. Quando a avaliação é realizada sem a presença de usuários é chamada inspeção de usabilidade (FERREIRA, 2013).

2.7.3 Technology Acceptance Model (TAM)

O Technology Acceptance Model, mais conhecido como modelo de aceitação de tecnologia (TAM), foi proposto por Davis (1989). Tal modelo foi projetado para compreender a relação causal entre variáveis externas de aceitação

dos usuários e o uso real do computador, buscando entender o comportamento destes usuários através do conhecimento da utilidade e da facilidade de utilização percebida por eles (DAVIS, 1989).

Para Davis (1989) as pessoas tendem a usar ou não uma tecnologia com o objetivo de melhorar seu desempenho no trabalho – utilidade percebida. Porém, mesmo que essa pessoa entenda que uma determinada tecnologia é útil, sua utilização poderá ser prejudicada se o uso for muito complicado, de modo que o esforço não compense o uso – facilidade percebida (PIMENTEL, 2012).

Sendo assim, o TAM está fundamentado basicamente em dois *construtos*: a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida, sendo que ambos mediam completamente os efeitos das variáveis externas, como características do sistema, processo de desenvolvimento, treinamento, na intenção de uso (DAVIS, 1989).

Davis (1989) define os dois principais determinantes do modelo TAM da seguinte maneira: Utilidade percebida - Grau em que uma pessoa acredita que o uso de um sistema particular pode melhorar o seu desempenho; Facilidade de uso percebida - É o grau em que uma pessoa acredita que o uso de um sistema de informação será livre de esforço (PIMENTEL, 2012).

A ilustração da Figura 6, sugere que os indivíduos usarão uma determinada tecnologia se acreditarem que este uso fornecerá resultados positivos, focalizando-se na facilidade de uso percebida (*Perceived Ease of Use*) e na utilidade percebida (*Perceived Usefulness*).

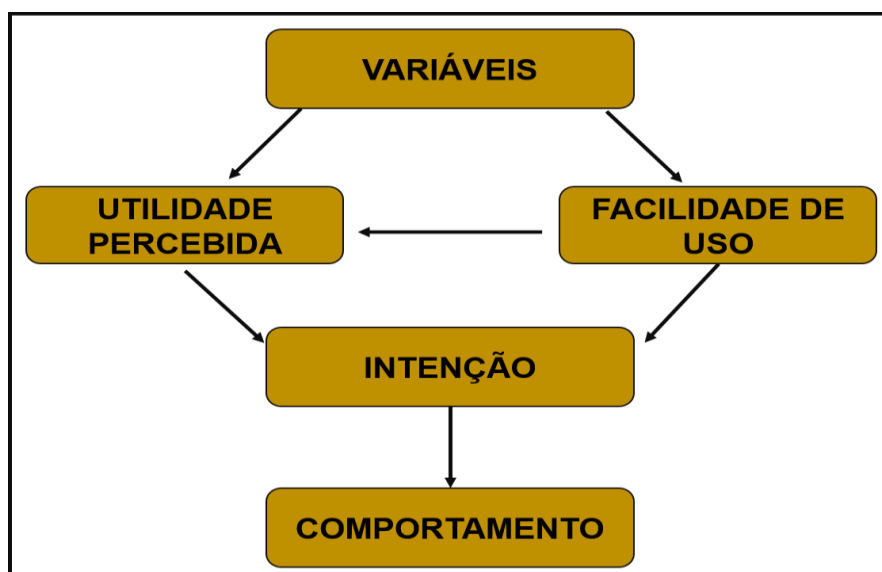


Figura 6. Método TAM. Adaptada de Davis (1989).

2.8 Trabalhos Relacionados

A seguir, serão apresentados alguns trabalhos relacionados a aplicações que utilizam Realidade Aumentada que serviram como referência para elaboração desse projeto.

2.8.1 Realidade Aumentada Aplicada a Medicina – ARBioMed (BUCIOLI et al, 2008)

O sistema ARBioMed, foi desenvolvido pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e tem a finalidade de armazenar os sinais cardiológicos que serão convertidos em formatos digitais. Com estes formatos, podemos simular - na Realidade Aumentada - a representação virtual do coração humano pulsando de acordo com o sinal recebido. Este sistema também permite capturar os sinais cardiológicos em tempo de execução, processar estes dados e simulá-los adequadamente (ROMANO, 2010).

Dentre as várias opções do *software*, a CAPTURAR ECG de Imagem possui maior interatividade com o usuário, onde é necessário abrir o gráfico contendo uma imagem de eletrocardiograma escaneada, selecionar uma cor para o sinal e configurar alguns parâmetros para recuperar o gráfico da imagem. Ao abrir o arquivo, o usuário escolhe uma cor para o sinal, digitando os valores correspondentes nos canais de cor, a cor escolhida é utilizada no processamento de imagem com a técnica chamada *Chroma Key* que separa os objetos de interesse de um fundo utilizando um elemento para diferenciar a cor de fundo da cor do objeto. Com a cor escolhida o software já consegue obter o sinal, onde os pontos brancos significam o sinal detectado e os pretos, o que foi descartado da imagem, Figura 7 (ROMANO, 2010).

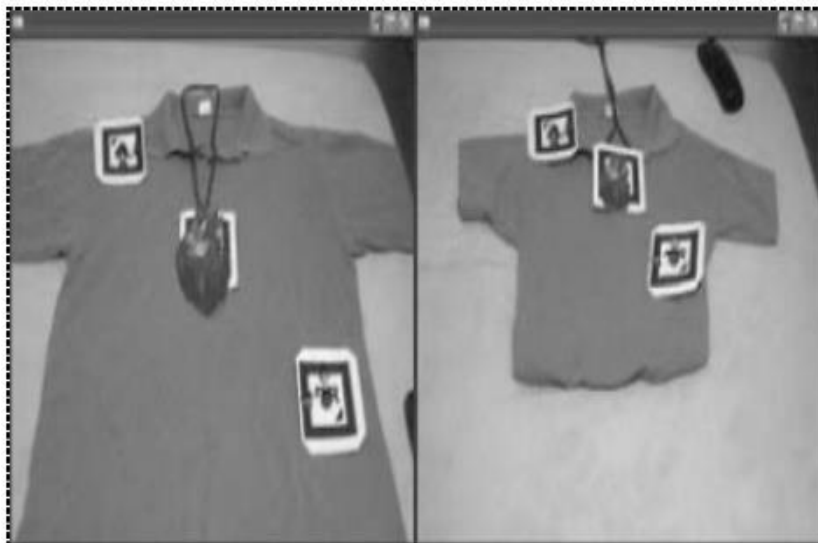


Figura 7. Realidade Aumentada Aplicada a Medicina. (BUCIOLI et al, 2008).

2.8.2 Realidade Aumentada No Ensino de Ciências: Tecnologia Auxiliando a Visualização da Informação (DE SOUZA ROLIM et al., 2010)

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo com realidade aumentada para o ensino de ciências. A interface de interação com o usuário utilizada neste trabalho é baseada na técnica de RA com rastreamento de mãos utilizando câmeras de baixo custo. Nesta conjuntura, a aplicação desenvolvida possui as seguintes características: a) quadro interativo, onde o professor pode manipular objetos virtuais (nesse caso utilizamos objetos de biologia: coluna, cérebro e coração), através de RA sem marcadores; b) comunicação síncrona com alunos e comunicação através de áudio e chat (OLIVEIRA, ET AL 2010).

Esta aplicação foi desenvolvida para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem na área de anatomia da disciplina de Biologia. A Figura 8, ilustra objetos virtuais do coração, cérebro e célula, usados para representar os conhecimentos destes órgãos no corpo.

Os objetos são movimentados através dos movimentos com as mãos, graças ao desenvolvimento das funções com Ostrich, biblioteca que capta o movimento do *webcam* através da tecnologia flash4 e o transforma em um cursor ou cursores.



Figura 8. Realidade aumentada no ensino de ciências: tecnologia auxiliando a visualização da informação (De Souza, et al., 2010).

2.8.3 Project on Image Guided Surgery (Glossop, 2001)

Este software utiliza a realidade aumentada para auxílio das intervenções cirúrgicas, onde as imagens são adquiridas a partir de um pré-processamento, como por exemplo imagens da ressonância magnética que são usadas como referência para a reconstrução dos órgãos, Figura 9.

Com os modelos tridimensionais já prontos é necessário sincronizá-los com os órgãos reais com a técnica de rastreamento das coordenadas do paciente utilizando um scanner tridimensional baseado em raio laser e câmera de vídeo, com precisão inferior a 1mm deixando uma sobreposição bastante confiável, onde os objetos virtuais sobrepõem à filmagem do paciente, simulando uma visão de raio-x, assim, o médico pode visualizar os órgãos do paciente antes de efetuar o corte. O sistema já foi utilizado em intervenções cirúrgicas com redução de custo e tempo. O projeto é desenvolvido pela MIT (Massachusetts Institute of Technology) e o BWH (Brigham & Women's Hospital) (ROMANO, 2010).



Figura 9. Equipamento Utilizado e posicionamento no Paciente. Realidade Aumentada Aplicada a Medicina.

2.8.4 Interface para distribuição e integração de Realidade Aumentada com Realidade Virtual por meio da plataforma CORBA, tendo como estudo de caso ambientes multidisciplinares de biologia e química (SILVA, *et al.*, 2008).

Silva *et al.*, criaram um protótipo de arquitetura desenvolvido para protótipos de sistemas de distribuição de Ambientes Virtuais - Avs. Nesse protótipo, deverá ser construída uma aplicação com o modelo de dados centralizada e compartilhada com a existência de um servidor único de Química, para qualquer ambiente participante da aplicação (Biologia). A plataforma CORBA foi usada sem seu serviço de eventos. Utilizou-se, aqui, apenas o modelo cliente/servidor com o serviço de localização de objetos.

Essa estrutura trabalha com um fluxo de troca de informações entre o cliente e o servidor, de tal forma, que caso haja alteração no servidor, as alterações são replicadas para todos os clientes, e ao contrário se houver alterações em um dos clientes, essas alterações irão surtir efeito na aplicação servidora, assim, como há muitos clientes, as alterações deverão ir acontecendo de acordo com a chamada nos clientes, ou seja, de acordo com uma lista de espera para a realização dos eventos. Desta forma, a responsabilidade de armazenar os dados de qualquer ambiente existente na rede é de uma aplicação servidora, única e exclusiva a esta tarefa.

A comunicação é iniciada por meio de uma interação transformada em uma requisição ao servidor. Quando o servidor (química – RA) recebe a requisição, a informação recebida é armazenada e um retorno ao cliente é disparado e, ao mesmo tempo, todos os outros clientes (biologia - RV) são atualizados com a replicação da alteração. Independentemente da quantidade de cópias de clientes deverá haver sempre um servidor responsável por todos os ambientes. Para que isso aconteça, a primeira aplicação iniciada em uma rede de computadores sempre procura o servidor. Desta forma, o servidor deverá estar ativo para que os clientes o encontrem. Uma vantagem desta arquitetura é que se algum cliente falhar não afetará o servidor. Por outro lado, as alterações realizadas nos ambientes de Realidade Virtual nas máquinas Clientes afetaram o ambiente servidor (Realidade Aumentada - Química).

A Figura 10 ilustra o funcionamento desta aplicação, no ambiente biológico e químico. Para o desenvolvimento desta aplicação, foi utilizada a biblioteca de realidade aumentada ARtoolkit.

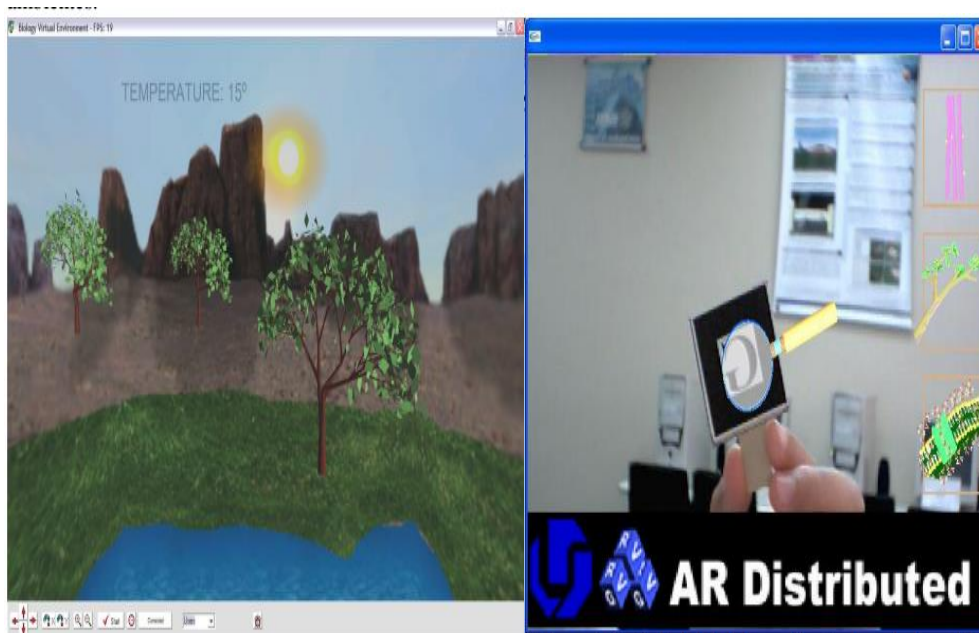


Figura 10. Interface para distribuição e integração de Realidade Aumentada com Realidade Virtual por meio da plataforma CORBA, tendo como estudo de caso ambientes multidisciplinares de biologia e química (SILVA, et al, 2008).

2.8.5 Educação médica com o uso do ARToolKit (Romano, 2010)

Esta aplicação foi desenvolvida com o objetivo de estimular a aprendizagem dos alunos de medicina e atualizar os conhecimentos dos profissionais já formados, utilizando a realidade aumentada para estudar a anatomia humana, com a criação de marcadores para todos os órgãos humanos virtuais.

Para adquirir a prática clínica é necessário o contato direto de pacientes e estudantes e também é necessário a supervisão dos médicos-professores. Sem falar nos erros médicos que podem ocorrer, gerando problemas judiciais e éticos para os profissionais de saúde. Os ambientes virtuais proveem ferramentas educacionais que cobrem os aspectos experimentais através de uma abordagem didática, que explora principalmente, a visualização 3D do corpo humano.

Para o desenvolvimento desta aplicação, foi utilizada a biblioteca ARToolKit, onde foram cadastrados objetos representantes do coração, úmero, pulmão, estômago e cérebro, conforme ilustra a Figura 11.

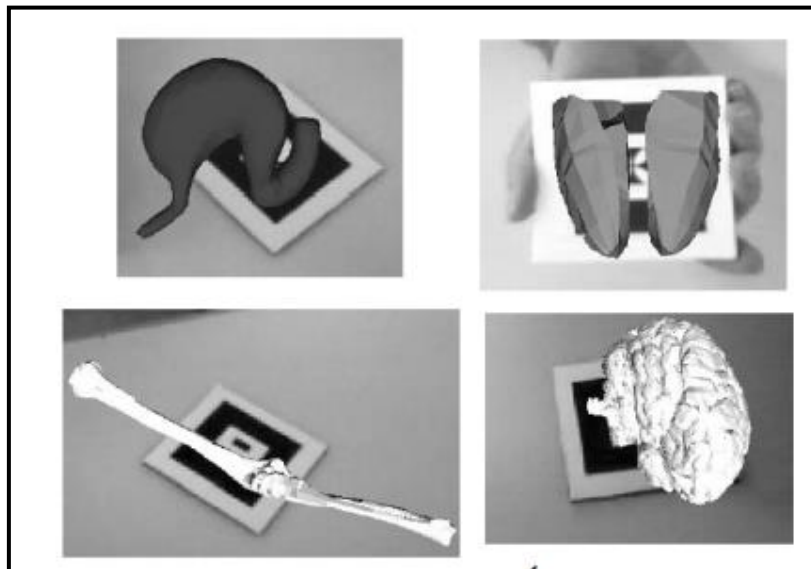


Figura 11. Realidade Aumentada aplicada a Medicina. (Romano, 2010)

3 METODOLOGIA E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as etapas de todo o percurso investigativo seguidos para alcançar os objetivos deste trabalho, conforme ilustrado na Figura 12. Tais etapas incluem Levantamento Bibliográfico, Levantamento e Análise de requisitos, Modelagem, Prototipação de Telas, Desenvolvimento da Aplicação, Avaliação de Usabilidade e Avaliação dos Resultados.

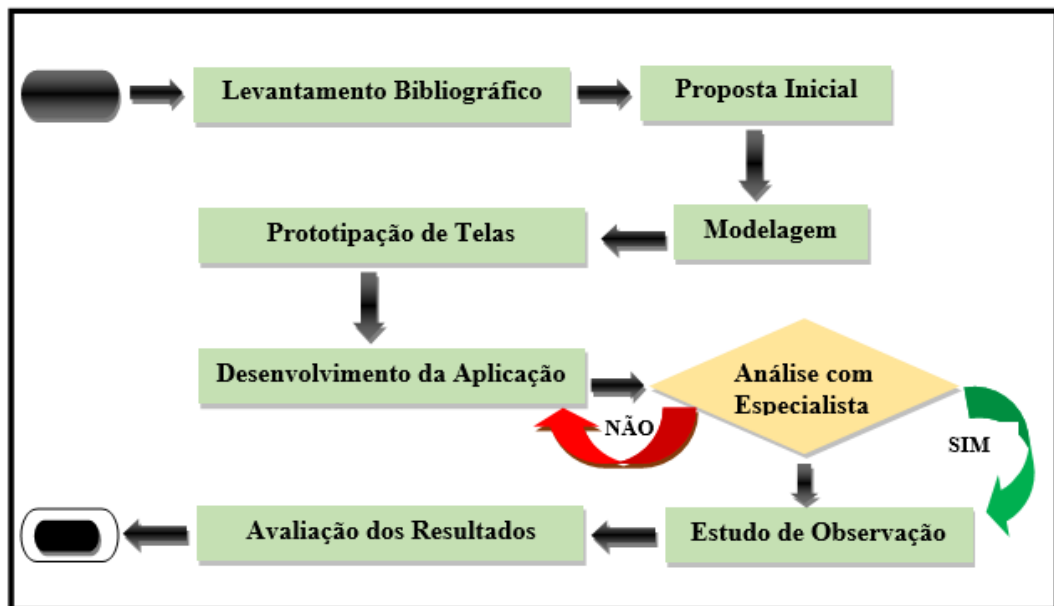


Figura 12. Metodologia do trabalho.

3.1 Levantamento bibliográfico

Esta etapa compreende todo o processo da revisão de literatura, com o objetivo de obter um embasamento teórico para a elaboração deste trabalho. Foram considerados trabalhos relacionados que abordam de maneira similar o tema proposto. Tais publicações foram retiradas das principais bibliotecas digitais existentes, tais como o IEEE e o SBIE.

3.2 Proposta inicial

3.2.1 Levantamento de requisitos

Esta etapa foi desenvolvida com base nas definições descritas na Seção 2.8.2 do Capítulo 2. Para isso realizou-se uma entrevista com a professora da disciplina de Biologia da instituição de ensino com o intuito de identificar os conteúdos em que os alunos apresentaram maiores níveis de dificuldades na assimilação, bem como a inserção de recursos que podem auxiliar no processo de ensino.

3.2.2 Análise de requisitos

Após o levantamento de requisitos, foi realizada a análise de requisitos, a fim de identificar e classificar os requisitos funcionais e não funcionais.

3.3 Modelagem

Para o desenvolvimento da modelagem foram utilizados os diagramas de caso de uso da UML, com embasamento na Fundamentação Teórica das Seções 2.1 e 2.8 do Capítulo 2. Nesta fase foi elaborado um modelo de solução, utilizando técnicas da Engenharia de Software (Levantamento de requisitos, Análise de requisitos e prototipação de telas), para a criação de uma aplicação de apoio ao ensino de Citoplasma e Organelas da escola - campo de pesquisa.

3.3.1 Diagrama de caso de uso

Nesta etapa apresentou-se o diagrama de casos de uso do sistema, para elucidar as visões externa do usuário.

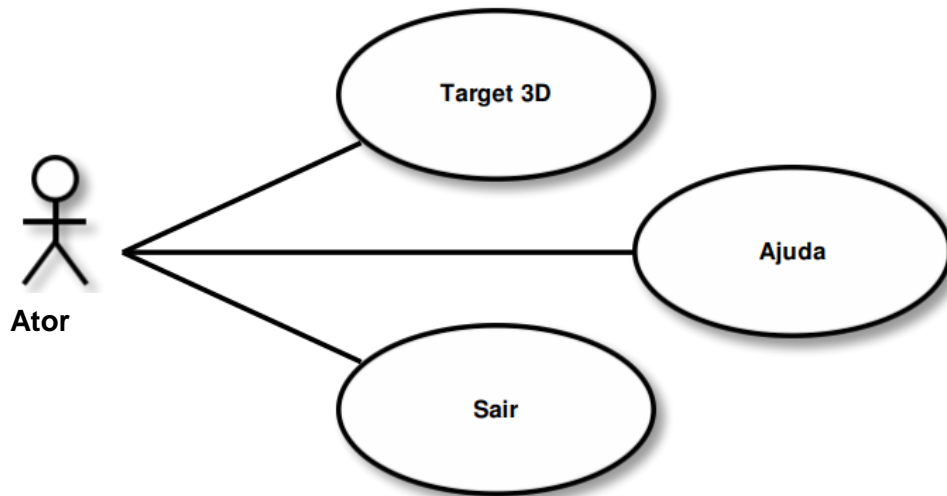


Figura 13. Diagrama de caso de uso

3.4 Prototipação de telas

Nesta fase apresentou-se o desenvolvimento de um protótipo inicial, com as funções e botões da aplicação objetivada.

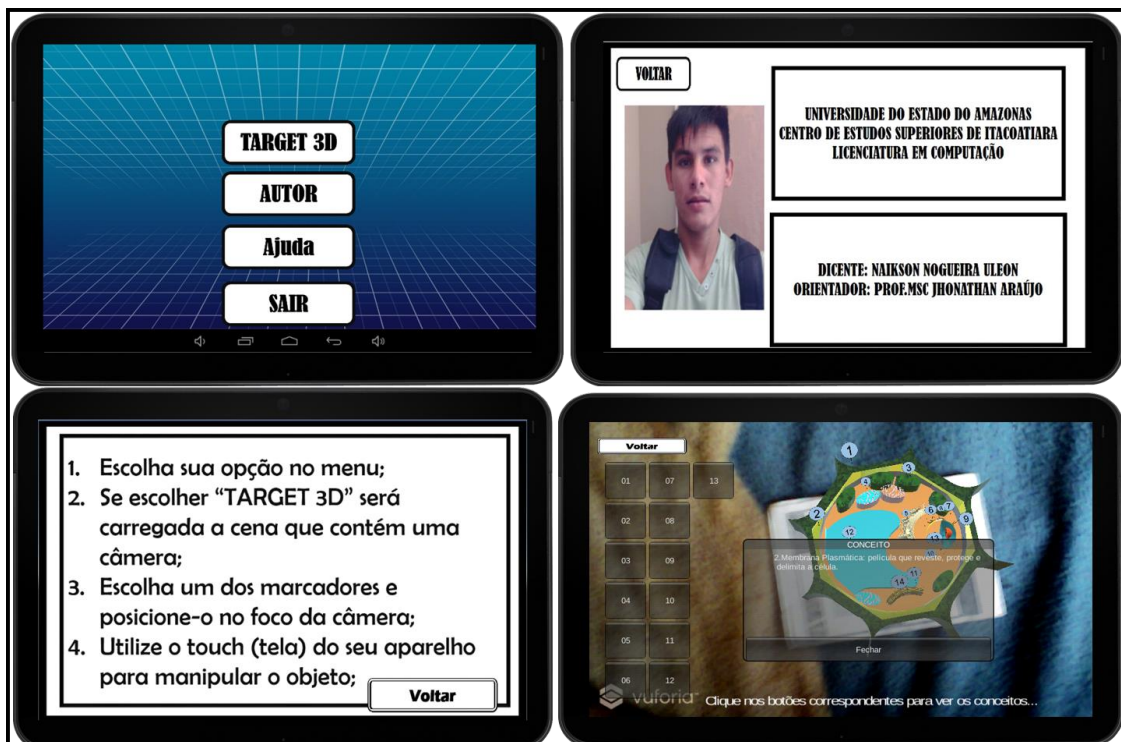


Figura 14. Protótipo da aplicação.

A Figura 14 apresenta telas da aplicação. A tela de início, quando a aplicação for acionada, apresenta os quatro botões, **TARGET 3D** – que carrega a cena com a câmera, para captura dos dados, **AUTOR** – carrega a cena com informações do autor e orientador, **AJUDA** - passos indicados para facilitar o manuseio das ferramentas, **SAIR** – para sair da aplicação. Tela da cena autor, tela da cena ajuda e tela da cena com objeto reconhecido pelo *software*.

3.5 Desenvolvimento da Aplicação

A aplicação foi desenvolvida com base nos resultados obtidos através do levantamento e análise de requisitos, modelagem e prototipação das telas. A seguir, são apresentados os recursos de *software* e *hardware* utilizados no desenvolvimento da aplicação.

- Unity Personal
- Vuforia
- SketchUp 2016
- Notebook Positivo Stillo XR2950 – Intel Inside. 1.58 GHz.

Unity Personal - Unity Personal é a engine de jogos gratuita com todos os recursos líder na indústria. Uma plataforma verdadeiramente flexível com o suporte de ferramentas de alta gama, visuais de alta qualidade e implementação multiplataforma (unity, 2017).

Vuforia – é um Kit de desenvolvimento de *software* de realidade aumentada criado pela empresa americana Qualcomm. Através deste kit será possível a criação da aplicação utilizando realidade aumentada. Além disso, vuforia tem plugins para várias plataformas, Android, MAC OS, Windows, etc (vuforia, 2017).

SketchUp 2016 - é um software próprio para a criação de modelos em 3D no computador, desenvolvido pela At Last Software(@last software, uma empresa estadunidense com sede em Boulder, Colorado, a qual foi adquirida pela Google, como anunciado a 14 de Março de 2006 (sketchup, 2017).

A plataforma *Unity Personal* será utilizada para criar as telas e botões com as funções, Figura 15. Para criação da Realidade Aumentada, utilizamos a vuforia, que é uma Biblioteca específica para compilação de projetos RA. Foi utilizado ainda, o *SketchUp 2016* na modelagem dos objetos 3Ds, veja Figura 16.

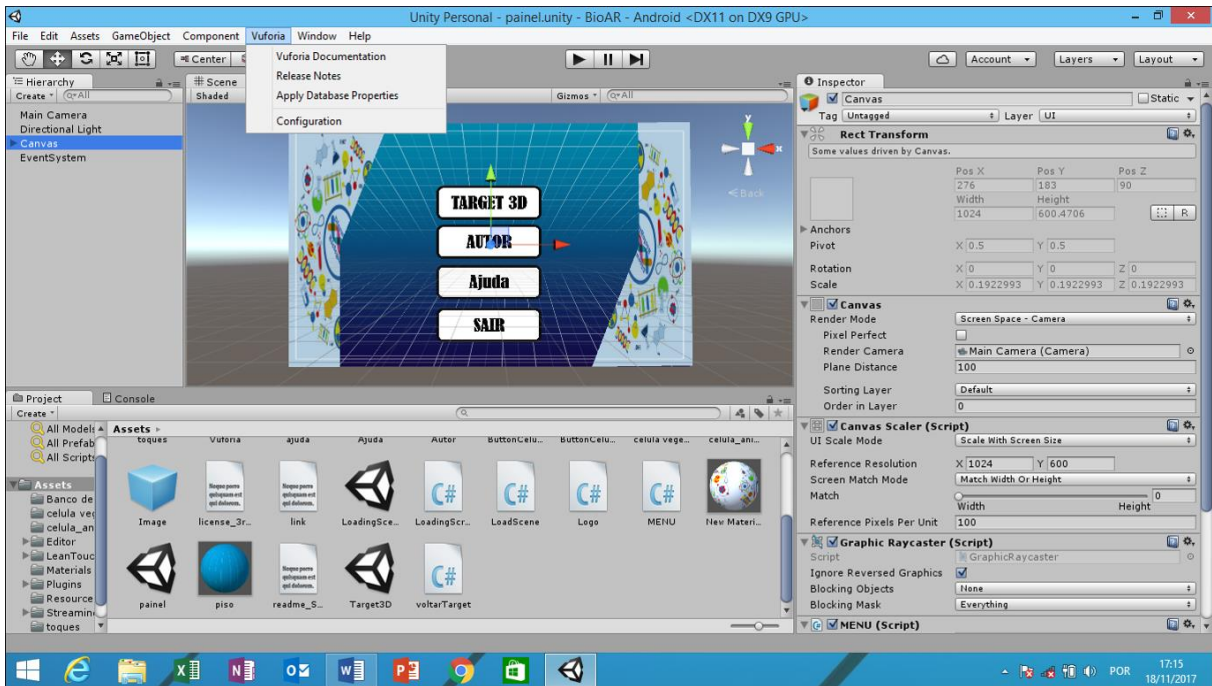


Figura 15. Plataforma de desenvolvimento, Unity.

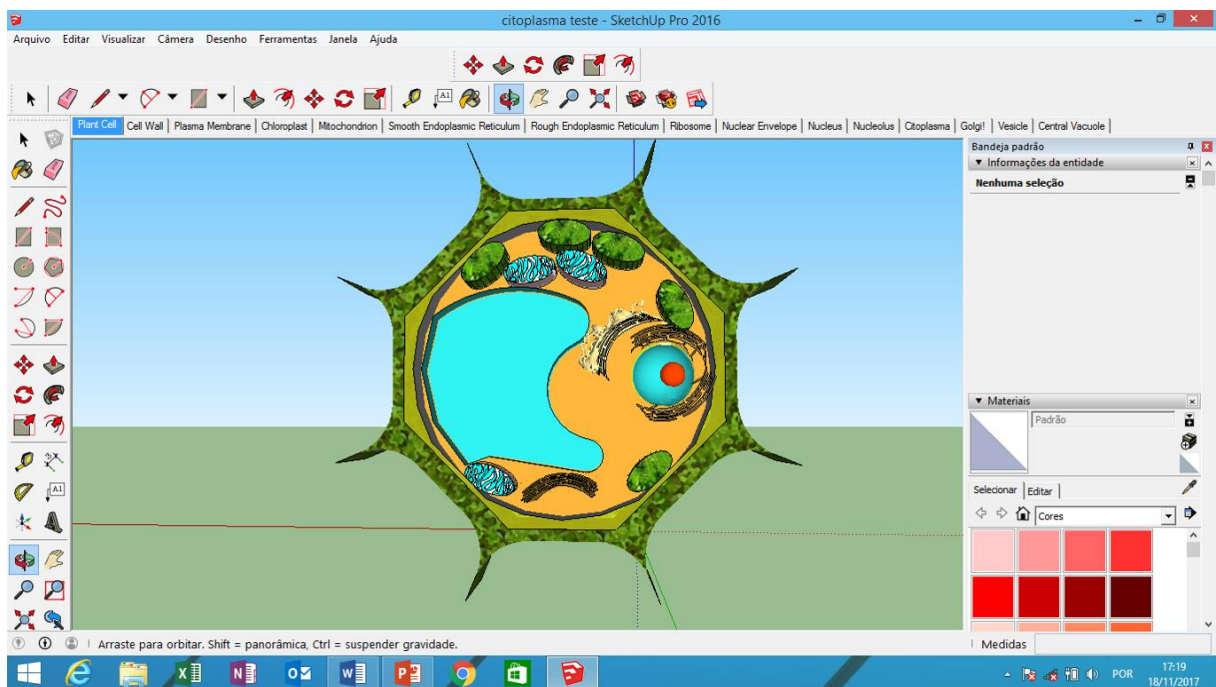


Figura 16. Objetos 3D criados no SketchUp 2016.

3.6 Análise com Especialista

Esta etapa consistiu em fazer uma análise com a professora da área de Biologia, com o intuito de conhecer a aplicação e avaliar segundo seus critérios de necessidade. Se a avaliação do especialista for positiva, prosseguimos com a aplicação do estudo de observação, caso contrário, retornamos para a fase de implementação da aplicação novamente.

3.7 Estudo de Observação

O estudo de observação consistiu em utilizar a aplicação desenvolvida junto com um grupo de 10 (dez) alunos e a professora da disciplina de Biologia. Para isso, utilizou-se uma das salas da escola, onde os alunos puderam interagir com a aplicação e relacionar os aspectos teóricos com uma visão prática dos conteúdos de Citoplasma e Organelas, como ilustra a Figura 17.



Figura 17. Execução da aplicação BioAR

Posteriormente, foi realizado dois tipos de avaliações. A primeira avaliação relacionada ao nível de aceitação dos usuários com a aplicação. A coleta de dados ocorreu por meio da aplicação de questionários baseados no método TAM (descrito na Seção 2.9.3 do Capítulo 2), nos quais serão respondidas questões que envolvem, por exemplo, a facilidade de uso e os aspectos didáticos da aplicação.

A segunda avaliação consistiu em analisar o aprendizado dos alunos quanto ao ensino de Citoplasma e Organelas, apoiados pelos recursos da RA.

3.8 Avaliação dos resultados

Esta etapa compreende a análise dos dados coletados através das avaliações descritas no estudo de observação.

Os dados foram tratados utilizando o método qualitativo, onde podem ser resumidos na forma de gráficos e tabelas ou a partir de medidas resumo.

Neste trabalho, a forma do método utilizada, foi o resumo no feitiço de gráficos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados dos objetivos propostos neste trabalho. Inicialmente, apresentam-se as telas resultantes. Posteriormente, os resultados e discussão sobre a Avaliação de Usabilidade e as melhorias realizadas na interface da aplicação.

4.1 Telas da Aplicação BioAR

Como resultados, são apresentadas as telas da aplicação utilizadas na avaliação de coleta de dados. Após esta avaliação, foi realizado melhorias que também serão mostradas posteriormente.



Figura 18. Aplicação utilizada na execução da avaliação

4.2 Resultados da Avaliação de Usabilidade

Nesta seção descreve-se a análise qualitativa da aplicação. Tal análise foi baseada nos questionários aplicados com os participantes, como abordado no

Capítulo 2, seção 2.7.2. Os usuários responderam questões sobre a facilidade de uso, utilidade e desempenho da aplicação.

Os participantes tiveram seis opções de resposta, onde Discordo Totalmente representa (0%), Discordo Amplamente (30%-1%), Discordo Parcialmente (50%-31%), Concordo Parcialmente (69%-51%), Concordo Amplamente (99%-70%) e Concordo Totalmente (100%). Após a análise, elaborou-se gráficos com os resultados da avaliação.

Com relação à facilidade de uso da aplicação, a maioria (90%) dos participantes Concordaram Totalmente que o BioAR é fácil de utilizar ou acessar, apenas dois participantes disseram que Concordavam Amplamente e Parcialmente, conforme a Figura 18(c). Apenas 30% dos participantes responderam que Concordavam Amplamente, e 10% disse que Concordava Parcialmente, quando foi perguntado se entendia o que acontecia na interação com a Aplicação, conforme a Figura 19 (a).

A Figura 19 (b), mostra que 80% dos participantes Concordaram Totalmente que foi fácil aprender a utilizar o BioAR.

A Figura 19 (d), ilustra que (10%) e usuários Concordou Amplamente, enquanto (96,66%) Concordaram Totalmente que é fácil lembrar como utilizar a aplicação em uma futura experiência.

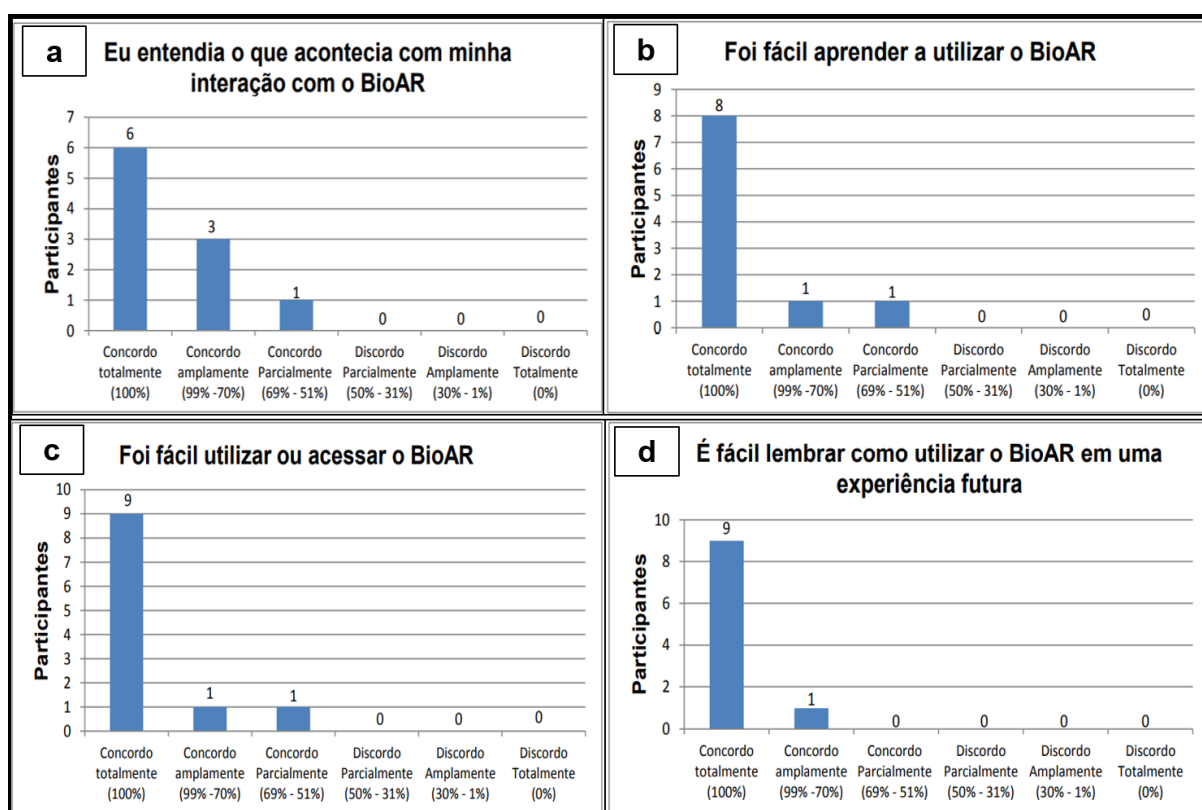


Figura 19. Opinião dos participantes sobre a facilidade de uso do

Com relação à percepção sobre a utilidade, 80% dos participantes Concordaram Totalmente que a aplicação é útil para os alunos que desejam conhecer e praticar o estudo das células vegetais e animais, conforme Figura 20 (d). Perguntou-se ainda aos participantes se a aplicação supre as necessidades de informações com relação à aos pontos relevantes dos Citoplasmas e das Organelas, onde 60% julgaram que Concordam Totalmente, 30% concordaram amplamente e 10% concordaram parcialmente conforme a Figura 20 (a).

A Figura 20 (b), mostra que apenas 10% dos participante disse Concordar Amplamente e 10% disse Concordar Parcialmente, enquanto os demais Concordaram Totalmente que a aplicação permitiu conhecer informações sobre as células. Perguntou-se aos alunos se a aplicação pode auxiliar na Disciplina de Biologia e 100% dos participantes disseram Concordar Totalmente, conforme a Figura 20 (c).

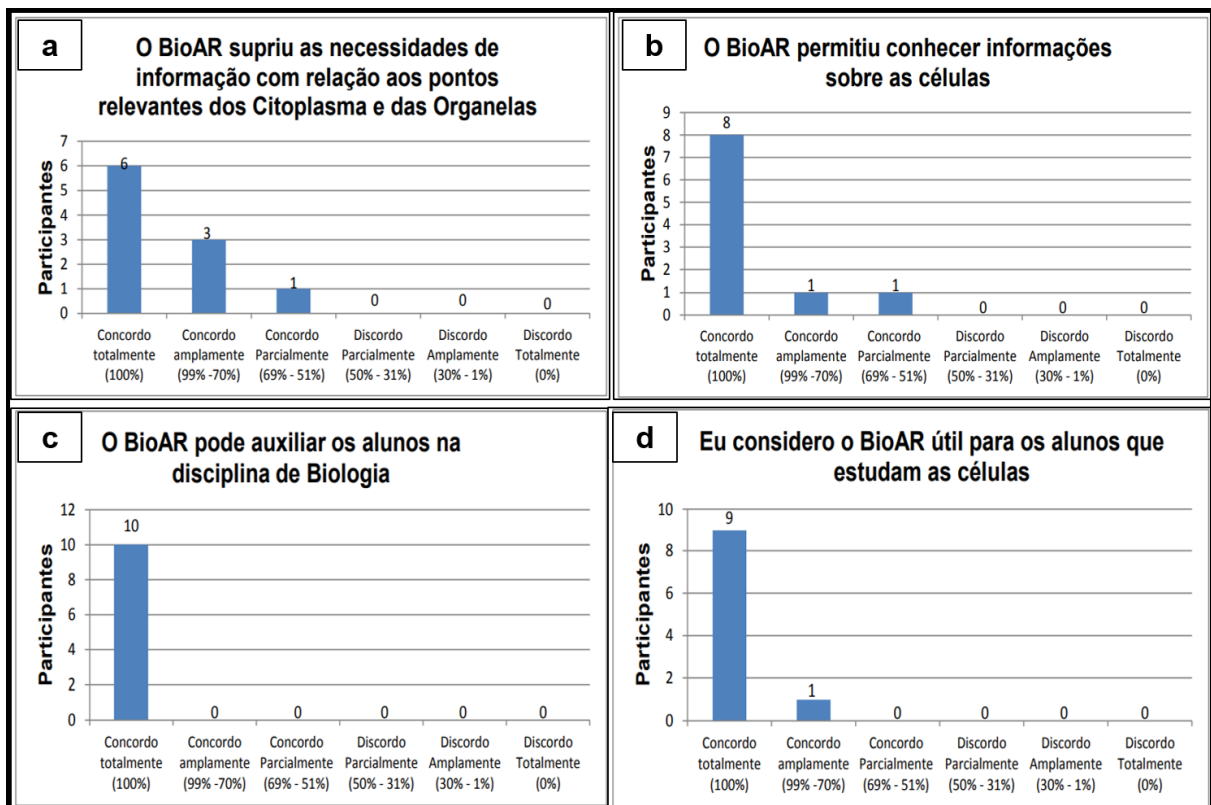


Figura 20. Opinião dos participantes sobre a utilidade do BioAR.

Com relação ao desempenho da aplicação, (30%) Concordam Totalmente que o BioAR possui um bom tempo de resposta, outros (30%) Concordaram Amplamente, (20%) Concordou Parcialmente e (20%) Discordou Parcialmente,

conforme a Figura 21 (a). O tempo de resposta da aplicação foi comprometido pelos recursos de software do aparelho utilizado na execução, assim como as cores dos marcadores, que foram impressos com cores preta e branco, diminuindo as chances de detecção pela *webcam*.

Perguntou-se ainda, aos participantes se foi fácil ganhar habilidade no uso da aplicação e (80%) disseram Concordar Totalmente, conforme a Figura 21 (b). A Figura 21 (c), mostra que (40%) dos participantes Concordaram Totalmente quando foi perguntado se conseguiram utilizar a aplicação da forma que queriam, outros, (50%) Concordaram Amplamente, enquanto apenas um (10%) Concordaram Parcialmente. A Figura 21 (d), mostra que 70% dos usuários Concordaram Totalmente que as cores usadas na interface da aplicação estavam agradáveis, (20%) Concordaram Amplamente e (10%) Concordaram Parcialmente.

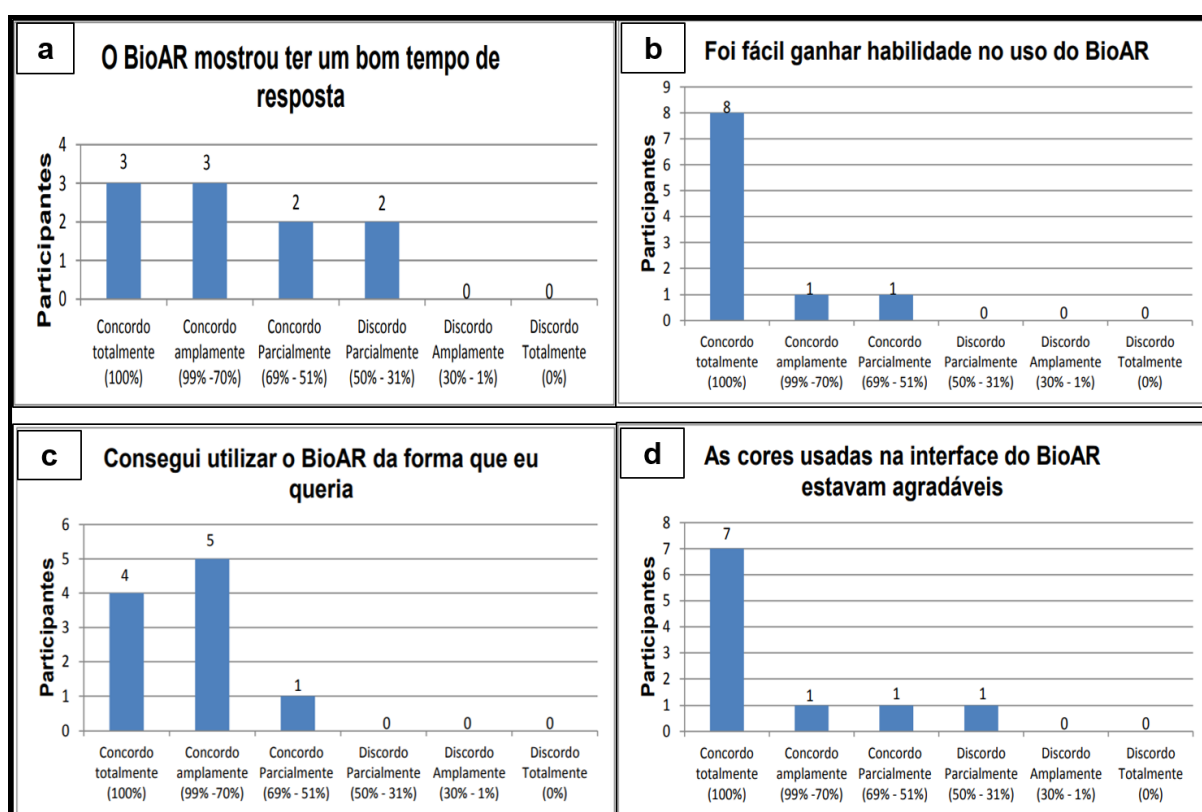


Figura 21. Opinião dos participantes sobre o desempenho do BioAR.

Com base nos resultados obtidos, pode-se observar que a utilização da Tecnologia de Realidade Aumentada pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de Citoplasma e Organelas da Disciplina de Biologia.

Os dados evidenciam que essa tecnologia causa maior interação dos alunos com o conteúdo, ocasionando novos horizontes de aprender e conhecer.

Entretanto, os dados indicam que alguns pontos da aplicação precisam de melhorias, para se tornar mais eficiente, como por exemplo, o tempo de execução, que no caso deste trabalho, foi comprometida devido à má impressão dos marcadores utilizados na coleta de dados. Outro exemplo é a capacidade de informação apresentada, embora esta aplicação seja apenas um protótipo, é possível realizar melhorias na exposição das informações dos conteúdos abordados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho elaborou-se uma aplicação utilizando os recursos ofertados pela Realidade Aumentada, visando apoiar o ensino dos conteúdos de Citoplasmas e Organelas da Disciplina de Biologia. A aplicação foi desenvolvida para dispositivos móveis que utilizam a plataforma Android.

Inúmeras dificuldades surgiram durante o desenvolvimento da aplicação, principalmente com relação ao Vuforia, biblioteca de Realidade Aumentada, onde foi necessário um aprofundamento mais adequado do funcionamento da ferramenta, com o objetivo de solucionar os bugs encontrados durante o processo de desenvolvimento. Tais dificuldades possibilitaram um maior aprendizado sobre a plataforma e até mesmo em minha didática, onde em muitas vezes, tive que ser auto-didata, na medida em que os estudos eram realizados.

Após o desenvolvimento da aplicação, foi realizada as avaliações. Os resultados das avaliações mostram que a aplicação teve um bom índice de aceitação pelos usuários. Além disso, com o estudo realizado com os participantes do teste, foi possível identificar problemas na interação e na interface da aplicação, que pudessem prejudicar a experiência do usuário durante o uso da aplicação. Com as sugestões propostas pelos participantes, realizou-se melhorias na interface, afim de solucionar os problemas encontrados.

Todo este percurso desde o Levantamento bibliográfico até aos Resultados e Discussão me auxiliou a identificar fatores que influenciam em uma pesquisa científica, como por exemplo, objeto pesquisado, objetivos do trabalho e estrutura dos passos a serem seguidos.

Portanto, são inúmeras as contribuições deste projeto para minha formação como profissional, onde conseguir abstrair muitas informações, inclusive, informações de ambiente educacionais, que é o público alvo de minha atuação.

Espera-se que esta pesquisa possa contribuir para o ensino na Disciplina de Biologia. Tendo em vista o crescente desenvolvimento de apps para ambientes educacionais. E, ainda, que possa servir como modelo para futuras aplicações, inclusive para outras disciplinas nos diferentes níveis de ensino.

5.1 Proposta de Trabalhos Futuros

Como proposta de trabalhos futuros, são apresentadas melhorias e funcionalidades adicionais para a aplicação, tais como:

- Inserir uma função para cadastrar marcadores e adicionar objetos correspondentes para visualização;
- Trabalhar com as células procarióticas, além das células eucarióticas;
- Inserir um Quiz, para atividades complementares dos assuntos trabalhados;
- Desenvolvimento de uma versão multiplataforma, para funcionamento em outros Sistemas Operacionais;

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Livia Maria; SILVA, Fabiano Correa da. **Tecnologias De Informação E Comunicação: As Influências Das Novas Tecnologias Perante A Sociedade**, 2008.

Azuma, R. et al. (2001) "**Recent Advances in Augmented Reality.**" IEEE Computer Graphics and Applications, v .21, n.6, p. 34-47.

BEZERRA, Eduardo. **Princípios de Análise e Projeto de Sistema com UML**. Elsevier Brasil, 2015.

Blogspot. blogspotHomePage. Disponível em:<<http://lancelula2016.blogspot.com.br/>>. Acessado em: 01/06/2017.

BORGES, Regina Maria Rabello; LIMA, Valderéz Marina do Rosário. **Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 6 Nº 1. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

CARDOSO, Raul GS et al. **Uso da realidade aumentada em auxílio à Educação**. *Anais do Computer on the Beach*, p. 330-339, 2014.

CRUZ-CUNHA, Maria Manuela et al. **Realidade Aumentada e Ubiquidade na Educação**. *IEEE-RITA*, v. 5, n. 4, p. 167-174, 2010.

DA SILVA, Manoela Milena Oliveira; ROBERTO, Rafael Alves; TEICHRIB, Veronica. **Um estudo de aplicações de realidade aumentada para educação**. 2012.

Davis, F. D. (1989). **Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology**. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–339.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13407:Human-Centred Design Process for Interactive System**. 1999.

JUNQUEIRA, Luiz Carlos Uchôa; CARNEIRO, José. **Biologia celular e molecular**. McGraw-Hill Interamericana, 1998.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias – 2ª Edição**. Local Campinas, Papirus, 2007.

Kirner, C., Tori, R. (2006) "**Fundamentos de Realidade Aumentada**". **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: Editora SBC, p. 22-38.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. In: **Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis (RJ), Porto Alegre: SBC**. 2007.

PADUA, W. Engenharia de Software: **Fundamentos, Métodos e Padrões. 2. ed.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003. v. 1. 604 p.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H.; BENYON, D.; HOLLAND, S.; CAREY, T. **Human-Computer Interaction.** UEA: Addison Wesley, 1994.

RIBEIRO, Marcos Wagner S.; ZORZAL, Ezequiel Roberto. Realidade virtual e aumentada: Aplicações e tendências. **XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Uberlândia-MG-Brasil, 2011.**

SILVA, Francivania Santos Santana da; MORAIS, Leile Jane Oliveira; CUNHA, Iane Paula Rego. **Dificuldades dos professores de Biologia em ministrar aulas práticas em escolas públicas e privadas do município de Imperatriz (MA).** *Revista Uni*, v. 1, n. 1, p. 135-149, 2011.

Sketchup. sketchupHomePage. Disponível em: <<http://www.sketchup.com/pt-BR>>. Acessado em: 01/06/2017

Unity. unityHomePage. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt>>. Acessado em: 01/06/2017.

Vuforia. vuforiaHomePage. Disponível em: < <https://vuforia.com/>>. Acessado em: 01/06/2017.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Pesquisa: Avaliação de Usabilidade do aplicativo BioAR

Prezado Senhor (a),

Como parte de um Projeto de Conclusão de Curso, com o intuito de avaliar a interação do usuário com a aplicação desenvolvida, está sendo proposta uma avaliação de usabilidade de um aplicativo utilizado para o ensino dos conteúdos de citoplasmas e organelas da disciplina de Biologia. Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que estudará os resultados e funcionalidades, por meio de técnicas de avaliação de usabilidade, desta aplicação. O objetivo da pesquisa é verificar as funcionalidades da aplicação e como os fatores de contexto podem influenciar na interação do usuário, principalmente nos resultados gerados pela aplicação. Sua participação na pesquisa não é obrigatória. Você não está sendo avaliado!

1. Procedimento

As técnicas de avaliação de usabilidade serão aplicadas em um aplicativo chamado BioAR. Para participar deste estudo solicito a sua especial colaboração em: (1) permitir que os dados resultantes da sua avaliação sejam estudados, (2) informar o tempo gasto na atividade de detecção de problemas e (3) responder um questionário sobre a sua contribuição para a pesquisa. Quando os dados forem coletados, seu nome será removido. Em caso de filmagens sua identidade será preservada dos mesmos e não será utilizado em nenhum momento durante a análise ou apresentação dos resultados.

2. Tratamento de possíveis riscos e desconfortos

Serão tomadas todas as providências durante a coleta de dados de forma a garantir a sua privacidade e seu anonimato. Os dados coletados durante o estudo destinam-se estritamente a atividades de pesquisa relacionadas à pesquisa, não sendo utilizados em qualquer forma de avaliação profissional ou pessoal.

3. Benefícios e Custos

Espera-se que, como resultado deste estudo, você possa aumentar seu conhecimento sobre usabilidade, de maneira a contribuir para o aumento da qualidade das aplicações móveis. Este estudo também contribuirá com resultados importantes para a pesquisa de um modo geral nas áreas de Engenharia de Software e Interface HumanoComputador (IHC). Você não terá nenhum gasto ou ônus com a sua participação no estudo e também não receberá qualquer espécie de reembolso devido à participação na pesquisa.

4. Confidencialidade da Pesquisa

Toda informação coletada neste estudo é confidencial e seu nome e o da sua organização não serão identificados de modo algum, a não ser em caso de autorização explícita para esse fim.

5. Participação

Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades. Em caso de você decidir se retirar do estudo, favor notificar um pesquisador responsável.

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre o mesmo, assim como tirar dúvidas, bastando entrar em contato pelos seguintes emails:

Pesquisador: Naikson Nogueira Uleon – naikson.uleon@hotmail.com – CESIT/UEA

Pesquisador orientador: Jhonathan Oliveira Araújo – jhonathan.araujo.icet@gmail.com – CESIT/UEA

6. Declaração de Consentimento

Li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi explicada satisfatoriamente e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que recebi uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem qualquer penalidade. Declaro ter mais de 18 anos e dou meu consentimento de livre e espontânea vontade para participar deste estudo.

Local e Data:

Organização: Universidade do Estado do Amazonas - UEA	
Participante	Pesquisador
Nome: _____ Assinatura: _____	Nome: Naikson Nogueira Uleon Assinatura: _____

APÊNDICE B - CARACTERIZAÇÃO DO PARTICIPANTE

Pesquisa: Avaliação de Usabilidade do Aplicativo BioAR

Organização:	Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Participante:	

Prezado Senhor (a),

O formulário abaixo será utilizado para compreender seu grau de familiaridade com os diversos aspectos relacionados a essa avaliação de usabilidade. **As informações coletadas serão tratadas confidencialmente.**

Possui algum dispositivo móvel? Sim Não
 Modelo _____

SO do dispositivo móvel: Android iOS Windows Phone Outros

Frequência no uso de dispositivos móveis.

- Não utilizo dispositivos móveis no dia-a-dia.
 Utilizo dispositivos móveis apenas para fazer ligações.
 Utilizo dispositivos móveis para todos os tipos de tarefas, inclusive por meio de aplicações web (Facebook, whatsapp, aplicações bancárias, etc).

Grau de utilização de aplicativos:

Em relação ao grau de utilização de aplicativos, marque o item abaixo que melhor se aplicam à sua resposta.

- Nunca utilizei **aplicativos** e não sei o que é.
 Nunca utilizei **aplicativos**, mas sei o que é.
 Usei **aplicativos** apenas uma vez.
 Uso **aplicativos** raramente.
 Uso **aplicativos** frequentemente (aplicativos diversos, em que diariamente uso).

Com qual frequência você usa aplicativos?

- 2 vezes por semana 5 a 6 vezes por semana
 3 a 4 vezes por semana diariamente

Quantos aplicativos você já usou em média?

- 1 à 5 aplicativos 10 à 15 aplicativos
 5 à 10 aplicativos Mais de 15 aplicativos

Você já usou algum aplicativo como o BioAR?

- Sim.
 Não.
 Já ouvi falar de outros aplicativos desse gênero.
 Só conheço esse aplicativo desse gênero.

() Conheço outro(s) aplicativo(s) desse gênero, mas desconhecia o BioAR.
Qual(is)? _____

Muito obrigado pela sua colaboração!

APÊNDICE D - Roteiro de Avaliação de Usabilidade da aplicação BioAR

Instruções iniciais

7. O método utilizado nesta avaliação consiste do usuário falar o que ele está fazendo.

Para isso o mesmo deve:

- Descrever o que ele acredita estar fazendo; •
Explicar porque tomou uma ação;
- Dizer o que está tentando fazer.

8. Vale salientar que você não está sendo avaliado. O foco da avaliação neste estudo é APENAS a aplicação.

Abaixo estão listadas as atividades que você tem que executar durante a avaliação de acordo com um possível usuário interessado na utilização da aplicação. Desta forma você irá realizar tarefas relacionadas a aplicação BioAR, com o intuito de contribuir para a geração de melhorias na mesma.

O BioAR é uma aplicação desenvolvida para contribuir para no ensino dos Citoplasmas e das Organelas da disciplina de Biologia.

Número	Tarefas	Descrição
1	Iniciar a aplicação	Você deve iniciar a aplicação clicando no ícone do aplicativo.
2	Escolher sua Opção	Você deve escolher quais das opções disponíveis deseja utilizar.
3	Navegar pelas opções	Você deve navegar pelas opções disponíveis pela aplicação e escolher uma que for do seu agrado e em seguida voltar para a tela inicial.
4	Sair da aplicação	Depois de feitas todas as atividades listadas anteriormente, você deverá sair da aplicação.

Muito obrigado pela sua colaboração!

APÊNDICE C - BioAR – Questionário pós-avaliação

Por gentileza, responda as questões a seguir considerando sua experiência de uso na aplicação BioAR.

1. Em relação à sua percepção sobre **facilidade de uso e desempenho** na utilização da aplicação **BioAR**, qual o seu grau de concordância em relação às seguintes afirmações:

	Concordo Totalmente (100%)	Concordo Amplamente (99% - 70%)	Concordo Parcialmente (69% - 51%)	Discordo Parcialmente (50% - 31%)	Discordo Amplamente (30% - 1%)	Discordo Totalmente (0%)
Foi fácil aprender a utilizar o BioAR.						
Eu entendia o que acontecia na minha interação com o BioAR.						
O BioAR é fácil de utilizar ou acessar.						
É fácil lembrar como utilizar o BioAR em uma futura experiência.						
O BioAR mostrou ter um bom tempo de resposta.						
Foi fácil ganhar habilidade no uso do BioAR.						
Consegui utilizar o BioAR da forma que eu queria.						
As cores usadas na interface do BioAR estavam agradáveis.						

Comentários (sugestões de melhorias):

2. Em relação à sua percepção sobre a **utilidade** da aplicação BioAR, qual o seu grau de concordância em relação às afirmações abaixo:

	Concordo Totalmente (100%)	Concordo Amplamente (99% - 70%)	Concordo Parcialmente (69% - 51%)	Discordo Parcialmente (50% - 31%)	Discordo Amplamente (30% - 1%)	Discordo Totalmente (0%)
O BioAR supriu as necessidades de informações com relação aos pontos relevantes dos Citoplasma e das Organelas						

O BioAR permitiu conhecer informações sobre as células						
O BioAR pode auxiliar os alunos na disciplina de Biologia						
Eu considero o BioAR útil para os alunos que estudam as células.						

BioAR – Questionário pós-avaliação

Sugestões de melhorias (Tudo o que você julgar para ser melhorado na aplicação: Interface/ Funcionalidades/ Desempenho):

3. Use o espaço a seguir para comentários gerais que julgar necessários sobre a aplicação, dificuldades encontradas, etc.

Muito obrigado pela sua colaboração!