

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Denis Takao Tominaga

**IMPACTO DO USO DE UM LIVRO COM REALIDADE AUMENTADA  
NO ENSINO-APRENDIZAGEM: UM ESTUDO DE CASO**

Araranguá

2019



Denis Takao Tominaga

**IMPACTO DO USO DE UM LIVRO COM REALIDADE AUMENTADA NO  
ENSINO-APRENDIZAGEM: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em  
Tecnologias da Informação e Comunicação do  
Centro de Tecnologias e Saúde da Universidade  
Federal de Santa Catarina como requisito para a  
obtenção do Título de Bacharel em Tecnologias da  
Informação e Comunicação.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Eliane Pozzebon

Araranguá

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Tominaga, Denis Takao

Impacto do uso de um livro com realidade aumentada no  
ensino-aprendizagem : um estudo de caso / Denis Takao  
Tominaga ; orientador, Eliane Pozzebon, 2019.

98 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,  
Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação,  
Araranguá, 2019.

Inclui referências.

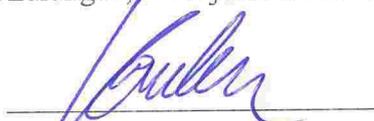
1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. Livros  
aumentados. 3. Realidade aumentada na educação. 4.  
Tecnologias interativas . I. Pozzebon, Eliane. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Tecnologias da Informação e Comunicação. III. Título.

Denis Takao Tominaga

**IMPACTO DO USO DE UM LIVRO COM REALIDADE AUMENTADA NO  
ENSINO-APRENDIZAGEM: UM ESTUDO DE CASO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Tecnologias da Informação e Comunicação” e aprovado em sua forma final pelo Bacharelado em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Araranguá, 1º de julho de 2019.



Prof. Wilson Gruber, Dr.

Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Prof.ª Eliane Pozzebon, Dr.ª

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª Kajiana Nuernberg Sartor Vidotto, M.ª

Membro

Instituto Federal de Santa Catarina



Prof.ª Tatiana Nilson Santos, M.ª

Membro

Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família e aos meus colegas que me apoiaram nesta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, autor e consumidor da vida.

Agradeço à professora Eliane pela oportunidade de desenvolver um trabalho numa temática bastante promissora no tocante a pesquisas sobre seus impactos na área educacional.

Agradeço aos alunos participantes da pesquisa por serem essenciais para a realização deste trabalho.

Agradeço aos membros da banca por fazerem parte de minha história acadêmica.

Agradeço aos meus colegas de trabalho da Agência da Receita Federal em Araranguá pelo coleguismo e pela oportunidade de aprendizado.

Agradeço à sociedade brasileira, mantenedora e destinatária da Universidade pública e dos serviços públicos.

Agradeço aos vários colegas e amigos da Universidade que estiveram ao meu lado.

Por último, mas não menos importante, agradeço à minha família e aos meus pais, Wilson e Lídia, por acreditarem em mim.

"Nós modificamos nosso ambiente tão radicalmente que precisamos agora modificar a nós mesmos para existir nesse novo ambiente." (Norbert Wiener, 1950)

## RESUMO

A Realidade Aumentada é uma tecnologia emergente que possibilita visualizar, em tempo real, o mundo real sobreposto por objetos virtuais registrados em modo tridimensional. Seu uso abrange desde aplicações voltadas para entretenimento até simulações em treinamentos militares. Na educação, seu uso está inserido no grupo das tecnologias interativas, juntamente com os jogos digitais e a realidade virtual. A presente pesquisa se classifica como exploratória e comparativa, e o seu método de procedimento é o estudo de caso. O trabalho tem por objetivo comparar, em termos motivacionais, dois cenários: uma aula baseada no uso de um livro físico com Realidade Aumentada embutida e outra aula baseada no uso de um livro em formato digital sem o uso da tecnologia de Realidade Aumentada, ministradas a grupos distintos de alunos. Um pequeno livro aumentado com o uso de marcadores fiduciais e outro em formato digital sem o uso de Realidade Aumentada, porém com o mesmo conteúdo informativo, foram desenvolvidos para que fosse possível proceder a essa comparação. O conteúdo dos livros é um breve histórico sobre a evolução da computação. O uso desta tecnologia interativa, no presente estudo, é empregado para visualizar informação em objetos virtuais e para inserção de áudio. A avaliação dos cenários de ensino-aprendizagem, em termos motivacionais, foi realizada por meio do *Instruction Materials Motivation Survey*. Os resultados obtidos ao final da pesquisa indicam que a inserção da realidade aumentada pode ser um fator de motivação para o processo de ensino-aprendizagem.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada 1. Tecnologias Interativas 2. Educação 3.

## ABSTRACT

Augmented Reality is an emerging technology that enables real-time visualization of the real world superimposed by three-dimensional mode virtual objects. Its use ranges from entertainment-oriented applications to simulations in military trainings. In education, its use is embedded in the group of interactive technologies, along with digital games and virtual reality. The present research is classified as exploratory and comparative, and its method of procedure is the case study. The work compares, in motivational terms, two scenarios: a class based on the use of a physical book with Augmented Reality and another class based on the use of a book in digital format without the use of Augmented Reality technology, given by different groups of students. A small book increased with the use of fiducial markers and another in digital format without the use of Augmented Reality, but with the same informative content, were developed for this evaluation. The content of the books is a brief history about the evolution of computing. The use of this interactive technology in the present study is used to visualize the information and the insertion of audio. The evaluation of teaching-learning scenarios in motivational terms was carried out through the Instruction Materials Motivation Survey. The results obtained at the end of the research indicate that the insertion of reality can be a motivating factor for the teaching-learning process.

**Keywords:** Augmented Reality 1. Interactive technologies 2. Education 3.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estereoscópio de Wheatstone: espelhos (A e B), imagem (C e D) e óculos (E e F). .....	27
Figura 2 - Sensorama de Heilig. ....	28
Figura 3 - Sutherland usando o <i>Sketchpad</i> . ....	29
Figura 4 - <i>Sword of Damocles</i> , primeiro HMD, criado em 1968 por Sutherland e Sproull. ....	30
Figura 5 - <i>Videoplace</i> . ....	31
Figura 6 - KARMA.....	32
Figura 7 - Gráfico de buscas do termo “Augmented Reality” em todo o mundo. ....	33
Figura 8 - <i>Ingress</i> proporciona interatividade através da RA. ....	34
Figura 9 - Pikachu é mostrado em meio da cena captada pela câmera do celular. ....	34
Figura 10 - Objetos virtuais registrados sobre uma mesa real com o ARKit. ....	35
Figura 11 - <i>Continuum</i> Real-Virtual de Milgram e Kishino. ....	37
Figura 12 - Técnica de exibição de RA com utilização de marcadores. ....	38
Figura 13 - <i>Optical see-through</i> . ....	39
Figura 14 - <i>Video see-through</i> . ....	39
Figura 15 - Marcador de referência REF 11. ....	41
Figura 16 - Marcador de ação Controle. ....	41
Figura 17 - ARTool-Book entre as camadas de recursos computacionais. ....	42
Figura 18 - (a) Marcador desativado, (b) Marcador ativado, (c) Colisão de esferas. ....	43
Figura 19 - (a) placa virtual 3D; (b), (c), (d) e (e): Objetos virtuais. ....	44
Figura 20 - Esquema de funcionamento do método <i>Matrix</i> . ....	46
Figura 21 - Um modelo molecular 3D aparece a partir de um livro. ....	46
Figura 22 - Usando a interface do <i>MagicBook</i> para se mover entre realidade e realidade virtual: (a) realidade, (b) realidade aumentada, e (c) realidade virtual imersiva. ....	47
Figura 23 - Classificação quanto à fisicalidade do livro. ....	48
Figura 24 - Tipos de livros aumentados: básico, multimídia lado a lado, multimídia integrada. .....	48
Figura 25 - Imagens da aplicação no grupo controle. ....	66
Figura 26 - Imagens da aplicação no grupo experimental. ....	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tendências de inovação com RA na educação. ....	45
Quadro 2: Categorias do Modelo ARCS, definições e questões sobre processo. ....	50
Quadro 3: Quadro de Hipóteses.....	55
Quadro 4 - Experiências dos participantes com RA em contextos educativos. ....	68
Quadro 5 - Sugestões de disciplinas para o uso de RA no ensino-aprendizagem. ....	70
Quadro 6 - Experiências dos participantes com RA em contextos educativos. ....	76
Quadro 7 - Sugestões de disciplinas para o uso de RA no ensino-aprendizagem. ....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias simples e desvios-padrão do grupo controle .....	75
Tabela 2 – Médias simples e desvios-padrão do grupo experimental .....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARCS -Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação

*CAD - Computer Aided Design*

*CAVE - Cave Automatic Virtual Environment*

*CRT – Cathode Ray Tube*

CTS - Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina

*HMD - Head-Mounted Display*

*IMMS - Instructional Materials Motivation Survey*

*KARMA - Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance*

LIXPRA - Livro Interativo de Xadrez Potencializado com Realidade Aumentada

*MIT - Massachusetts Institute of Technology*

NTIC - Novas Tecnologias da Informação e Comunicação

*PC - Personal Computer*

*PDA - Personal Digital Assistant*

RA – Realidade Aumentada

SACRA - Sistema de Autoria em Ambiente Colaborativo com Realidade Aumentada

SOL-RA - Sistema Solar com Realidade Aumentada

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	19
1.2	JUSTIFICATIVA DA RA NO ENSINO-APRENDIZAGEM .....	21
1.3	PERGUNTA DE PESQUISA .....	23
1.4	OBJETIVOS .....	23
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>23</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>23</b>
1.5	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	24
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	24
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>26</b>
2.1	ORIGENS E HISTÓRICO DA REALIDADE AUMENTADA.....	26
2.2	DEFINIÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA .....	35
2.3	COMO A REALIDADE AUMENTADA FUNCIONA.....	37
<b>2.3.1</b>	<b>Técnicas de exibição de Realidade Aumentada .....</b>	<b>38</b>
2.4	FERRAMENTA DE AUTORIA SACRA .....	40
<b>2.4.1</b>	<b>SOFTWARE ARTOOL-BOOK .....</b>	<b>41</b>
2.5	REALIDADE AUMENTADA NA EDUCAÇÃO .....	44
<b>2.5.1</b>	<b>LIVROS AUMENTADOS.....</b>	<b>46</b>
2.6	MODELO ARCS .....	49
<b>2.6.1</b>	<b>IMMS (INSTRUCTIONAL MOTIVATION MATERIAL SURVEY).....</b>	<b>50</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>52</b>
3.1	DESCRIÇÃO .....	52
3.2	ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA PRELIMINARES AO ESTUDO DE CASO .....	52
3.3	PROCEDIMENTO E INSTRUMENTAÇÃO .....	53
<b>3.3.1</b>	<b>Protocolo para o Teste t .....</b>	<b>54</b>

<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>56</b>
4.1	AMBIENTE DE APLICAÇÃO .....	56
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES .....	56
<b>4.2.1</b>	<b>Cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital ..</b>	<b>56</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado.....</b>	<b>60</b>
4.3	APLICAÇÃO NOS DOIS CENÁRIOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	65
<b>4.3.1</b>	<b>Cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital ..</b>	<b>65</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado.....</b>	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>68</b>
5.1	QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS GRUPO DO CENÁRIO DE ENSINO-APRENDIZAGEM BASEADO NO LIVRO EM FORMATO DIGITAL.....	68
<b>5.1.1</b>	<b>Conhecimento sobre Realidade Aumentada .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Impacto da Realidade Aumentada no ensino-aprendizagem .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1.3</b>	<b>A eficácia do processo de ensino-aprendizagem no estudo de caso .....</b>	<b>70</b>
<b>5.1.4</b>	<b>IMMS.....</b>	<b>74</b>
5.2	QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS GRUPO DO CENÁRIO DE ENSINO-APRENDIZAGEM BASEADO NO LIVRO AUMENTADO.....	75
<b>5.2.1</b>	<b>Conhecimento sobre Realidade Aumentada .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Impacto da Realidade Aumentada no ensino-aprendizagem .....</b>	<b>76</b>
<b>5.2.3</b>	<b>A eficácia do ensino-aprendizagem no estudo de caso.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2.4</b>	<b>IMMS.....</b>	<b>83</b>
5.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS DOIS CENÁRIOS ANALISADOS .....	84
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>86</b>
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	87
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>88</b>
	<b>APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....</b>	<b>91</b>
	<b>APÊNDICE B – Questionário de pesquisa do grupo "Cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital" .....</b>	<b>93</b>

<b>APÊNDICE C – Questionário de pesquisa do grupo "Cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado" .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO A – IMMS .....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação e dos nativos digitais, educadores têm procurado alternativas eficazes de integração das novas tecnologias aos processos de ensino-aprendizagem como alternativa aos métodos tradicionais de ensino (MORAN, 2000; TORI, 2010). A inserção de novas tecnologias traz possibilidades aos processos de ensino-aprendizagem, afetam o modo de ensinar e alteram as experiências de aprendizagem (KATO et al., 2014). Nesse contexto, dois aspectos foram fundamentais para a delimitação do tema e da proposta do presente trabalho: a ideia de criar um livro com Realidade Aumentada embutida e a oportunidade de experimentá-lo no ambiente educacional como ferramenta mediadora das atividades de ensino-aprendizagem. Foram criados um livro em formato digital e um pequeno livro interativo que faz uso da Realidade Aumentada (RA), criado com a ferramenta de autoria *ARTool-Book* (OKAWA; KIRNER; KIRNER, 2011), ambos com o mesmo conteúdo informativo, a fim de aplicá-los em dois cenários distintos, **em sala de aula**, junto a alunos do curso de graduação em Engenharia da Computação e do curso de graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

O presente trabalho visa a dar respaldo, com base nos resultados obtidos, a propostas de trabalhos futuros dentro dos cursos na universidade. O conteúdo a ser ministrado por meio do livro é uma breve abordagem da história da evolução da computação, tema atinente às ementas curriculares de ambos os cursos. A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia emergente e promissora, e seu uso encontra respaldo nas atividades de simulação e treinamento desde a sua criação. A RA é um recurso cada vez mais presente em sistemas computacionais quando utilizada em simulação, treinamentos e aplicações reais em diferentes áreas. Essa tecnologia possibilita visualizar, em tempo real, objetos digitais em meio físico, fazendo uso de uma série de dispositivos tecnológicos (como *smartphones*, *tablets* *PCs* e *PDA*s). Grande parte das aplicações de RA para dispositivos móveis baseia-se em marcadores ou símbolos, lidos por meio de uma câmera de um dispositivo, os quais um software interpreta e gera, a partir deles, um objeto virtual específico. Alguns aplicativos também usam reconhecimento de imagem em que a entrada para a câmera é comparada com uma biblioteca de imagens para encontrar um objeto virtual correspondente.

De acordo com García et al., (2010, pág. 27),

Os sistemas de realidade aumentada (RA) geram imagens novas resultantes de uma adição de informação digital, em tempo real, ao campo de visão de uma pessoa. Assim, a RA integra os sinais captados no mundo físico (tipicamente vídeo e áudio) com informação gerada digitalmente (objetos multimídia, gráficos tridimensionais, dados textuais, etc.) e combina ambos para construir novos ambientes coerentes, integrados e enriquecidos.

A Realidade Aumentada funciona de modo a complementar o mundo real, fazendo com que objetos virtuais gerados por computador e objetos reais coexistam no mesmo ambiente do mundo real. Um sistema de Realidade Aumentada deve ter três características: combinar objetos reais e virtuais no ambiente real, ser interativo em tempo real e alinhar objetos reais e virtuais uns com os outros, colocando-os no mesmo plano (AZUMA, 2001 apud LOPES et al., 2019).

A pesquisa compara, em termos motivacionais, dois cenários de ensino-aprendizagem: uma aula baseada no uso do livro aumentado e outra aula baseada no uso de um livro em formato digital sem o uso da Realidade Aumentada, aplicadas a grupos distintos de alunos. Ambos os materiais contêm conteúdos informativos semelhantes. Foi utilizado para mensurar os níveis motivacionais nos dois cenários um instrumento denominado *Instructional Materials Motivational Survey* (IMMS), proposto por Keller (1993), baseado no Modelo ARCS (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação) das quatro dimensões motivacionais: atenção, relevância, confiança e satisfação (KELLER, 1987). O estudo será feito com base numa análise comparativa dos dados obtidos. Billinghurst e Dünser (2012) mostram que as experiências com realidade aumentada devem ser realizadas de forma a complementar os materiais tradicionais ao invés de substituí-los. A utilização de livros com RA embutida, os livros aumentados, tem sido uma tendência na educação dentre uma variedade de possibilidades de aplicações da RA nesta área (LOPES, 2019). Estudos têm apontado as contribuições para a percepção e motivação que o uso da RA tem proporcionado em atividades na área da educação (AYER; MESSNER; ANUMBA, 2016; MANRIQUE-JUAN, C. et al., 2017 apud LOPES et al., 2019). A pesquisa, realizada pelo presente trabalho, tem caráter essencialmente exploratório e procura respostas junto ao estudo de caso realizado.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O advento da Internet e das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação trouxe desafios e oportunidades para professores e alunos, porque foram criados novos espaços e formas de aprendizagem. De fato, as novas tecnologias e a Internet impactaram o ensino e a aprendizagem, porque propuseram uma nova didática na educação. Esses novos espaços possibilitam que o aprendizado aconteça também fora da sala de aula. O aluno, por sua vez, ganhou mais autonomia porque não depende só do que é passado em sala de aula para aprender. Entretanto, a sala de aula continua sendo o ponto de partida e o ponto de chegada. Uma sala de aula conectada à Internet, bem equipada e com **atividades diferentes** é o ponto de partida para que ela se integre com os novos espaços criados para a disseminação da informação e do conhecimento (MORAN, 2004). Conforme Moran (2004, p. 1):

A Internet e as modernas tecnologias estão trazendo novos desafios pedagógicos para as universidades e escolas. Os professores, em qualquer curso presencial, precisam aprender a gerenciar vários espaços e a integrá-los de forma aberta, equilibrada e inovadora. **O primeiro espaço é o de uma nova sala de aula melhor equipada e com atividades diferentes** (grifo nosso). Em alguns momentos, o professor leva seus alunos ao laboratório conectado à Internet para desenvolver atividades de pesquisa e de domínio das tecnologias (segundo espaço). Estas atividades se ampliam a distância, nos ambientes virtuais de aprendizagem conectados à Internet, o que permite diminuir o número de aulas e continuar aprendendo juntos a distância (terceiro espaço). Os cursos precisam prever espaços e tempos de contato com a realidade, de experimentação e de inserção em ambientes profissionais e informais em todas as matérias e ao longo de todos os anos (quarto espaço). Uma das tarefas mais importantes das universidades, escolas e secretarias de educação hoje é planejar e flexibilizar, no currículo de cada curso, o tempo de presença física em sala de aula e o tempo de aprendizagem virtual e como integrar de forma criativa e inovadora esses espaços e tempo.

A Realidade Aumentada insere-se nesse contexto, porque faz parte das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTICs). É uma tecnologia que, ao apresentar a informação virtual em um contexto de predominância de objetos reais, pode melhorar a percepção cognitiva do mundo real. Segundo Johnson et al. (2016), dado o crescente interesse e investimento de empresas do setor de tecnologia em RA e Realidade Virtual (RV), a exposição educacional a estas tecnologias beneficiará os estudantes nas disciplinas de

ciências, engenharias, tecnologias e matemática, capacitando-os para o mercado profissional. Iniciativas-pilotos têm indicado impactos positivos do uso da RA em sala de aula, incluindo dinâmicas em grupo aprimoradas e aprendizado em pares. A RA tem um impacto significativo no aprendizado ao contextualizar o conteúdo de um curso em situações que refletem mais proximamente a realidade em que esses conhecimentos serão de fato utilizados (JOHNSON et al., 2016).

Segundo Lopes et al. (2019), a RA é um recurso que vem sendo bastante utilizado em contextos educacionais, especialmente como fator de inovação em práticas de ensino-aprendizagem. Estudos apontam que contribuições para a percepção e maior motivação dos estudantes em atividades de aprendizagem são alguns dos benefícios do uso da RA nesta área (AYER; MESSNER; ANUMBA, 2016; MANRIQUE-JUAN, C. et al., 2017 apud LOPES et al., 2019). O elevado grau de interatividade proporcionado pela RA promove um aprimoramento no aprendizado bem como permite um maior engajamento dos estudantes quando envolvidos em seus próprios projetos com uso de RA. Além disso, seu uso permite experiências dentro e fora da sala de aula, motivando educandos a interagirem e a explorarem ambientes bem como a desenvolverem atividades colaborativas (BILLINGHURST; DÜENSER, 2012 apud LOPES et al., 2019).

O uso de livros com Realidade Aumentada embutida para aprimoramento do ensino em diversas áreas do conhecimento tem sido considerado uma das práticas consideradas inovadoras de uso desta tecnologia aplicada à educação, juntamente com o uso da RA por meio de dispositivos móveis, a aprendizagem por meio de jogos com RA, as aplicações de RA no ensino das Ciências da Saúde, o ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio de RA e as propostas de uso da RA aplicáveis a diversas áreas do conhecimento (LOPES et al., 2019).

Há uma série de livros interativos com RA, para fins educacionais, relatados pela literatura. A nível internacional, destacam-se o *MagicBook* (BILLINGHURST; KATO; POUPYREV, 2001), que proporciona a leitura de um livro físico de maneira tradicional, folheando suas páginas, e adicionalmente a visualização de objetos 3D que "saem" das páginas projetados em um monitor, enriquecendo o conteúdo apresentado; e o AR-Dehaes (GUTIERREZ et al., 2010), desenvolvido para auxiliar estudantes universitários a compreenderem conceitos de engenharia espacial. No Brasil, há iniciativas de criação de livros interativos com realidade aumentada embutida para fins educacionais, como o SOL-RA (Sistema Solar com Realidade Aumentada), desenvolvido para facilitar o entendimento do

funcionamento do sistema solar (OKAWA; KIRNER; KIRNER, 2010), o LIXPRA (Livro Interativo de Xadrez Potencializado com Realidade Aumentada), que demonstra o movimento das peças do xadrez por meio de animações com RA (SOUZA; KIRNER, 2010); o GeoAR, desenvolvido para o ensino e aprendizagem de conceitos relacionados às principais figuras geométricas (REIS; KIRNER, 2011). Pesquisas têm apontado uma boa aceitação e eficácia dos livros aumentados em diferentes áreas de ensino (BILLINGHURST; KATO; POUPYREV, 2001; DIAS, 2009; DUNSER; HORNECKER, 2007; GUTIERREZ et al., 2010; UCELLI; CONTI; AMICIS, 2005 apud OKAWA; KIRNER; KIRNER, 2011). Entretanto, a literatura carece ainda de estudos que comparam se há vantagem significativa, em aspectos motivacionais, no uso de um livro aumentado em comparação com outros em mídia tradicional.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DA RA NO ENSINO-APRENDIZAGEM

Por que é interessante trazer RA para sala de aula e no contexto pedagógico? Qual a importância dessa abordagem? Primeiramente, a RA é uma tecnologia capaz de melhorar a percepção do educando sobre o estado das coisas. Informações que, muitas vezes, poderiam passar despercebidas têm sua importância ressaltada com o uso de aplicações de RA. Além disso, o fato de os alunos da geração atual serem considerados "nativos digitais" (PRENSKY, 2012) faz com que os novos processos e metodologias educacionais utilizem imprescindivelmente tecnologias interativas como a realidade aumentada. Por seu caráter essencialmente humano, as atividades de educação e de aprendizado não podem ignorar a evolução da sociedade humana atual e as novas formas de mediação do conhecimento. A Internet e as Novas Tecnologias da Informação e Comunicação têm impactado a educação e as relações sociais nas últimas três décadas. Aprender deixou de ser atividade restrita aos ambientes acadêmico e escolar e passou a ser realizada em diferentes lugares com o apoio da tecnologia (MORAN 2007, apud BRAGA, 2012). A vida cotidiana contemplará situações em que o físico e o virtual estarão cada vez mais integrados. De acordo com Braga (2012, p. 33),

(...), a Educação, como pilar da sociedade, não pode se esquivar das necessárias atualizações de seus instrumentos de aprendizagem e comunicação e, o professor, do consequente e constante aprimoramento dos

métodos de ensino e renovação da didática frente aos desafios tecnológicos que se inserem na área da educação.

De acordo com Tori (2011, apud Braga, 2012, p. 34),

Até há pouco tempo o uso de tecnologias de realidade virtual e de interfaces 3D era restrito a pesquisas em laboratório e a aplicações específicas, em grandes empresas, cujos custos e periculosidade no treinamento de funcionários justificavam vultosos investimentos na área. A partir de agora, no entanto, educadores, designers instrucionais, gestores educacionais e outros envolvidos com, ou interessados na redução de distâncias na educação por meio de tecnologia, já podem - e devem - incluir a mídia 3D e a realidade aumentada em sua caixa de ferramentas. Incentivada pelo sucesso dos cinemas em 3D a indústria de entretenimento já investe pesadamente para trazer a tridimensionalidade para todas as mídias, de celulares à Internet. Quando a tecnologia chegar ao consumidor caseiro significa que pode chegar também às escolas ao custo de aparelhos de TV ou de consoles de videogames. Mas para isso os educadores e designers instrucionais precisam conhecer a nova mídia, saber como usá-la pedagogicamente e produzir conteúdo e metodologias para seu uso nas escolas. Portanto este é o momento de se pesquisar, experimentar e avaliar o uso de tais tecnologias.

De acordo com Belloni (2005, p. 26 apud Braga, p. 35), a “[...] *mediatização* das mensagens pedagógicas está no coração dos processos educacionais [...]”. Segundo Braga (2012, p. 35) “mediatizar corresponde ao estabelecimento de metodologias de ensino e estratégias de uso dos materiais de ensino/aprendizagem de forma a melhorar as possibilidades de aprendizagem.”

O fato de a geração atual estar habitualmente conectada e aprender de forma diferente não significa que ela não aprenda de fato. A resistência ao uso da tecnologia em sala de aula por parte de alguns educadores surge do falso juízo de que ela é mero instrumento de dispersão. “As próprias tecnologias podem ser usadas para lidar com os problemas para os quais seu uso contribui, como os curtos intervalos de atenção” (PALFREY; GASSER, 2011, p. 279). Se bem empregada ao objetivo pedagógico proposto, a tecnologia cumpre perfeitamente bem o seu papel de **mediatização**. A tecnologia por si mesma não melhora os processos educacionais se não estiver alinhada às melhores práticas pedagógicas. Baseado no modelo ARCS, o presente trabalho tem por objetivo avaliar um cenário de ensino-aprendizagem com o uso da RA embutida em um livro físico comparativamente com um cenário de ensino-aprendizagem com o uso de material em formato digital e verificar se há diferença significativa em termos motivacionais entre os dois cenários.

### 1.3 PERGUNTA DE PESQUISA

Tendo em vista a aplicação do estudo de caso em dois cenários de ensino-aprendizagem diferentes (um baseado no uso do livro aumentado e outro no uso do livro em formato digital sem o uso de RA) e considerando a realidade cultural e tecnológica da geração atual e a integração das NTICS aos materiais tradicionais de ensino, formulou-se a seguinte pergunta de pesquisa:

*Baseado no modelo ARCS, existe alguma diferença significativa na motivação dos alunos, dependendo de qual dos dois cenários de ensino-aprendizagem propostos eles participaram?*

### 1.4 OBJETIVOS

A presente seção se destinará a descrever o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

#### 1.4.1 Objetivo Geral

Com base na pergunta de pesquisa, formulou-se o seguinte objetivo geral:

- Avaliar, em termos motivacionais, se há diferença significativa na motivação entre os participantes da pesquisa, dependendo de qual cenário de ensino-aprendizagem eles participaram.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

Para que se possa atingir o objetivo geral, é necessário realizar os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um pequeno livro aumentado;

- Realizar uma revisão da literatura referente ao tema Realidade Aumentada bem como suas relações com área da educação;
- Coletar dados para verificar os resultados do estudo de caso;
- Dadas as características da RA, verificar quais disciplinas podem se beneficiar com o uso da RA.

## 1.5 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho se classifica como exploratório quanto aos objetivos, pois "[...] tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou construir hipóteses" (GIL, 2010, p. 41).

Adota o estudo de caso e o método comparativo quanto ao delineamento da pesquisa e se classifica como qualitativa e quantitativa quanto às abordagens de investigação, pois utiliza métodos estatísticos para proceder a comparação (GIL, 2008). A pesquisa de caráter qualitativo, quanto à sua abordagem, se caracteriza, segundo Oliveira (2007, p. 59), em "[...] uma tentativa de se explicar em profundidade as características dos resultados [...]".

Se caracteriza também como uma pesquisa de natureza aplicada, pois tem seu foco na aplicação prática a fim de gerar conhecimento dirigidos a um dado problema específico (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

De um modo geral, a pesquisa teve como resultado a constatação de que, comparando dois cenários de ensino-aprendizagem distintos, houve diferença significativa, em termos motivacionais, ao agregar em um dos cenários uma NTIC: a Realidade Aumentada.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado em 6 capítulos, entre os quais se inclui esta introdução. O capítulo 2 irá abarcar o referencial teórico sobre as origens e histórico da RA, as ferramentas escolhidas para a realização do trabalho e o modelo de desenho motivacional que embasa o instrumento de pesquisa. O capítulo 3 descreverá os procedimentos metodológicos adotados bem como relacionará os instrumentos e materiais utilizados no estudo de caso. O capítulo 4 detalhará o ambiente de aplicação, o perfil dos participantes e o plano de atividades desenvolvidas no estudo de caso. O capítulo 5 descreverá os resultados obtidos no estudo, comparando os dados mais relevantes entre os dois cenários de ensino-aprendizagem e

fazendo possíveis inferências acerca deles. Por fim, o capítulo 6 conterà as considerações com a resposta para a questão de pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros levantados com base em dados da pesquisa. O trabalho inclui também as referências, os apêndices e um anexo nesta ordem.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo se destina a descrever uma revisão bibliográfica sobre as origens e o histórico da RA, a definição e o funcionamento da RA pertinente aos objetivos da pesquisa, a ferramenta de autoria para aplicações de RA SACRA (Sistema de Autoria em Ambiente Colaborativo com Realidade Aumentada) e o software ARTool-Book, a RA e a sua relação com educação, as classificações de livros aumentados, o modelo de *design* motivacional ARCS e o instrumento IMMS.

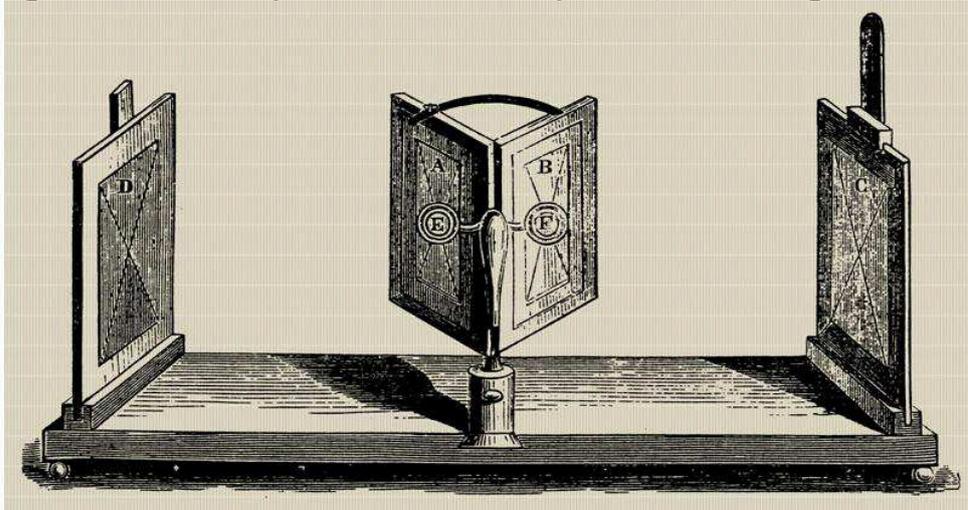
### 2.1 ORIGENS E HISTÓRICO DA REALIDADE AUMENTADA

Segundo Braga (2012), a Realidade Aumentada é uma variante da Realidade Virtual e, com ela, possui aspectos em comum. Para compreender essa origem, precisamos nos atentar para as características da RV: interatividade, realidade sintética gerada por computador, objetos gráficos representados em 3D e o uso de visor especial para visualização desse ambiente sintético. Por ter a imersão como principal paradigma, a Realidade Virtual "é uma tecnologia que provoca sensações geradas artificialmente que levam o usuário a tomar como real um mundo sintético" (BRAGA, 2012, p. 57). O usuário vê, ouve e sente esse ambiente por meio de dispositivos especiais, como HMD (*head-mounted display* 3D), fones de ouvido estereofônicos e luvas hápticas.

"A interação é possibilitada por um visor colocado na cabeça, um transdutor de comportamento e luvas com sensores. Um monitor atualizado em tempo real pode criar uma ilusão do entorno e o usuário toca e movimenta objetos virtuais" (BURDEA; COIFFET, 2003, CRAIG; SHERMAN; WILL, 2009, KIRNER; KIRNER, 2011, KIRNER; SISCOOTTO, 2008, TURBAN; WETHERBE; MCLEAN, 2004 apud BRAGA, 2012, págs. 57 e 58).

O primeiro estereoscópio foi inventado pelo físico britânico Charles Wheatstone em 1838, alguns anos depois da invenção da fotografia. Essa invenção era capaz de dar ao usuário uma impressão de visualização tridimensional de objetos. Consistia em um par de óculos colocado em frente de um sistema de espelhos em ângulo de noventa graus, ladeados cada qual por uma imagem (uma ao lado do espelho direito e outra ao lado do espelho esquerdo), conforme figura 1. Cada imagem formava um ângulo de quarenta e cinco graus com o espelho ao lado.

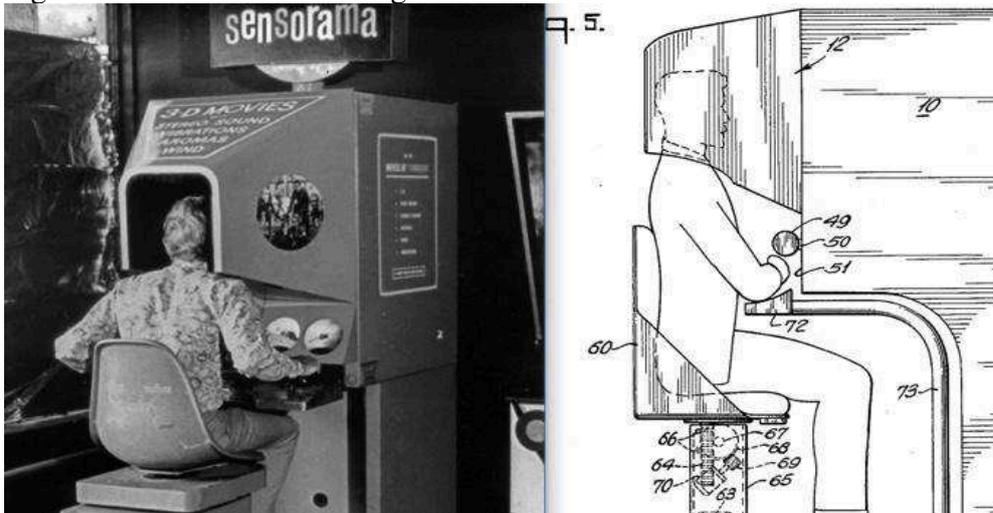
Figura 1 - Estereoscópio de Wheatstone: espelhos (A e B), imagem (C e D) e óculos (E e F).



Fonte: Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, 2014.

Em 1957, Morton Heilig, um cineasta especialista em multimídia, inventou um dos primeiros sistemas multissensoriais de realidade virtual: o Sensorama (mostrado na figura 2). Essa máquina era um simulador baseado em vídeo, possuía um dispositivo para visão estereoscópica e permitia imersão a uma só pessoa. “O *Sensorama* era um filme em 3D que simulava a realidade, chegando mesmo a permitir sensações aos sentidos através do som estereofônico, vibrações e odores gerados por produtos químicos (BIMBER; RASKAR, 2004, CARMIGNIANI; FURHT, 2011, CRAIG; SHERMAN; WILL, 2009, GRAU, 2007 apud BRAGA, 2012, p. 58).

Figura 2 - Sensorama de Heilig.



Fonte: Intel, 2017.

Outro marco importante para a Realidade Virtual foi a invenção do *Sketchpad* por Ivan Sutherland, em 1963, como resultado de sua importante tese de doutorado "*Sketchpad - A Man-Machine Graphical Communication System*" no MIT (em inglês, *Massachusetts Institute of Technology*). O *Sketchpad* foi desenvolvido e executado no computador Lincoln TX-2, uma máquina baseada em transistor que possuía uma grande quantidade de memória: um núcleo de 64k palavras de 32 bits da memória do núcleo. Possuía também um leitor de fita de papel e também podia usar a fita magnética como armazenamento auxiliar. O TX-2 possuía um monitor CRT (*Cathode Ray Tube*) de nove polegadas e uma caneta que levou Sutherland a imaginar a sua aplicação gráfica, ou seja, a possibilidade de desenhar no computador. O *Sketchpad* (mostrado na figura 3) possibilitava fazer desenhos precisos, aumentar e diminuir zoom e armazenar objetos em estruturas de memória. "Este editor gráfico [...] permitia a manipulação de figuras tridimensionais em tempo real" (KIRNER; KIRNER, 2011, MULLER-PROVE, 2011 apud BRAGA, 2012, p. 59).

Conforme explica Wazlawick (2016, p. 223-224),

Em 1963, Ivan Sutherland (Estados Unidos, 1938) defendeu uma tese de doutorado no MIT na qual, orientado por Claude Shannon e apoiado por Marvin Minsky, ele apresentou o Sketchpad: um sistema gráfico interativo que permitia ao usuário, através de uma caneta de luz, desenhar pontos em uma tela. Mas não só isso: os pontos podiam ser automaticamente ligados por linhas; polígonos podiam ser definidos por desenho livre e seriam corrigidos automaticamente pelo sistema. Ele podia desenhar um círculo a mão livre e o programa corrigiria as imperfeições, deixando o círculo o mais perfeito possível de acordo com a resolução da tela. Ainda tinha mais: uma vez que as figuras eram desenhadas, podiam ser manipuladas como objetos

de desenho, ou seja, você podia "pegar" um polígono com a caneta de luz e "arrastá-lo" de um canto da tela para outro.

Figura 3 - Sutherland usando o *Sketchpad*.



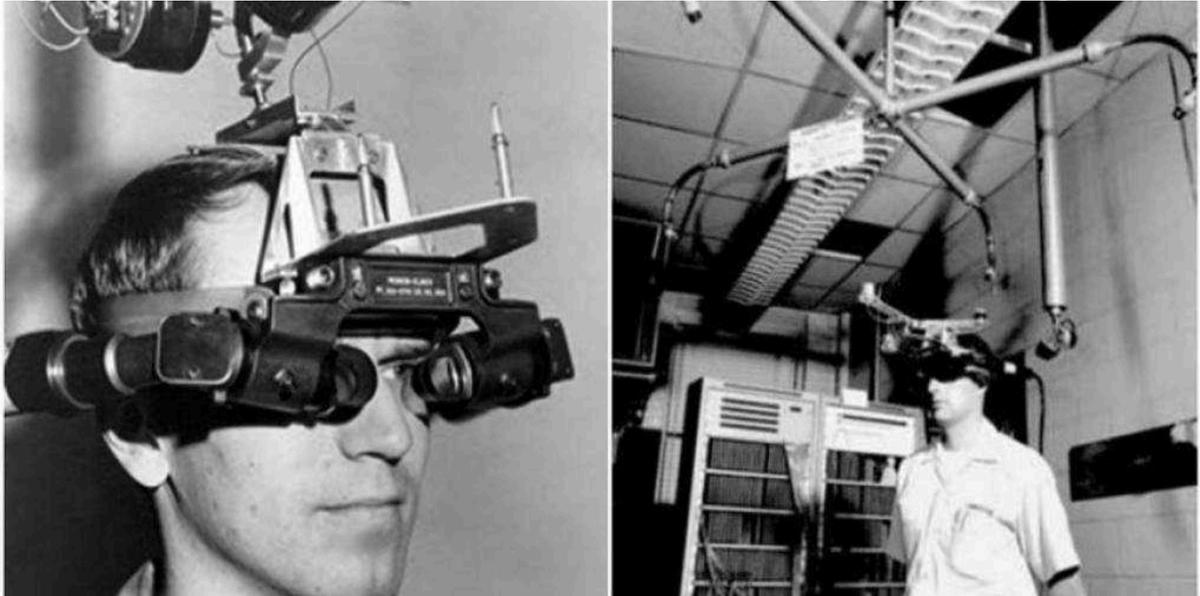
Fonte: Computer-history, [s.d.].

Outro importante invento de Sutherland para a Realidade Virtual e, em especial, para a Realidade Aumentada foi a criação do primeiro *Head Mounted Display* (HMD), em 1968, na Universidade de Utah, auxiliado pelo estudante Bob Sproull. O primeiro HMD era pesado e precisa ficar suspenso ao teto para ser usado. Por sua forma, ficou conhecido como “*sword of Damocles*”, mostrado na figura 4, (a espada de Dâmocles, em português).

Em 1968, juntamente com Bob Sproull, ele [Ivan Sutherland] criou um dispositivo que é considerado o primeiro equipamento (capacete) de realidade virtual e aumentada, o *Sword of Damocles*. A animação mostrada no aparelho era muito simples, apenas uma sala modelada com linhas desenhadas. Porém, o equipamento conseguia dar a impressão de profundidade, ou terceira dimensão, por mostrar para cada olho uma imagem ligeiramente diferente. Para que o usuário pudesse olhar para diferentes pontos da sala, ele devia mover a cabeça, mas como na época ainda não havia dispositivos sem fio capazes de sentir movimentos, como hoje, eles fixaram o capacete em um suporte de forma que os movimentos giratórios pudessem ser lidos por sensores fixos. A aparelhagem toda era bem grande e dava a impressão de que o usuário estava com uma enorme espada sobre a

cabeça. Daí derivou o nome “Espada de Dâmocles”, em função da antiga lenda grega homônima. O dispositivo era considerado como realidade aumentada porque os visores oculares eram parcialmente transparentes, permitindo ao usuário continuar vendo o mundo real enquanto via também as imagens geradas pelo computador mescladas a ele (WAZLAWICK, 2017, p. 245).

Figura 4 - *Sword of Damocles*, primeiro HMD, criado em 1968 por Sutherland e Sproull.



Fonte: VRoom, 2016.

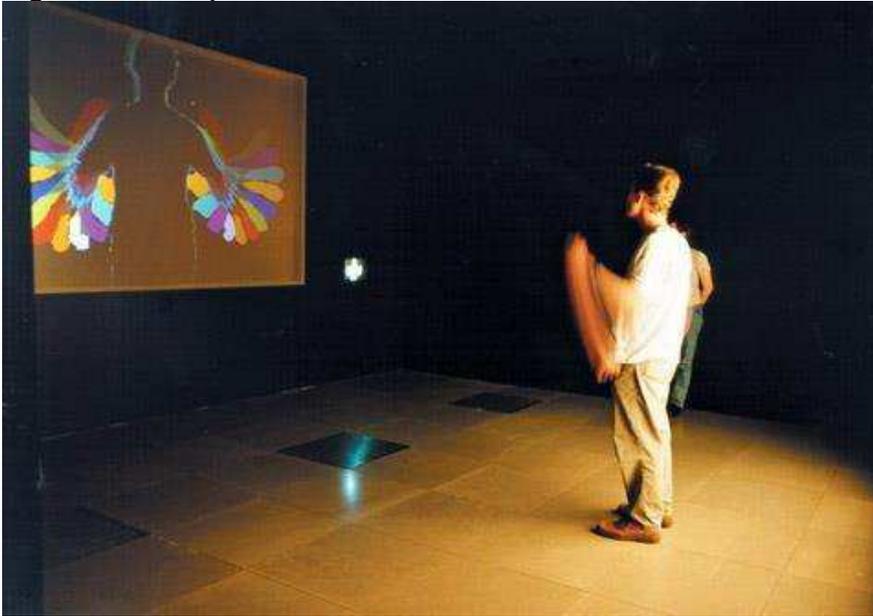
Outra invenção importante, baseado em realidade imersiva, foi a *Cave* (*Cave Automatic Virtual Environment*) por Dan Sandin e Carolina Cruz Neira, dentre outros, em 1992, no *Electronic Visualization Laboratory*, da Universidade de Illinois em Chicago.

Este sistema imersivo tem os seguintes elementos: uma tela, um espaço tridimensional, onde, por trás, são projetadas imagens estereoscópicas que dão a ilusão ao usuário de estar realmente naquele local. O usuário coloca um display de cristal líquido, do tipo óculos, e, para interagir com o ambiente virtual, dispõe de um dispositivo que se assemelha a um bastão. A Cave determina a localização e a orientação da cabeça e da mão do usuário a qualquer momento, por meio de rastreamento eletromagnético, que liga o display ao bastão. Deste modo, o usuário pode mover-se fisicamente em torno de objetos virtuais na Cave (GRAU, 2007, PIAZZALUNGA, 2004 apud BRAGA, 2012, p. 59).

Em 1975, Myron Krueger, um artista digital norte-americano, cria o *Videoplace*, um sistema capaz de detectar os movimentos corporais realizados por um usuário e processar as interações entre esses movimentos representados por imagens digitalizadas com objetos

gráficos gerados por computador. Este sistema foi o pioneiro na interação entre movimentos do corpo com objetos virtuais que pode ser visualizada na figura 5 (LOPES, 2019).

Figura 5 - Videoplace.



Fonte: Lee & Hyung, 2014.

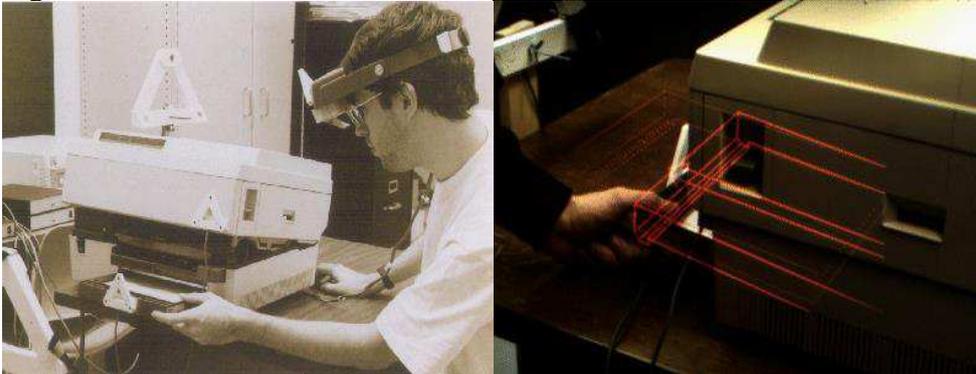
A primeira publicação científica sobre RA é o artigo “*Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes*”, de 1992, e foi escrita por Thomas Caudell, que cunhou o termo “*Augmented Reality*”. Nessa época, Caudell trabalhava para a fabricante de aviões Boeing e precisava resolver o problema do processo de montagem de aviões que exigia demasiada quantidade de informações que eram disponibilizadas em manuais em papel ou em sistemas CAD. No artigo, ele descreve o passo a passo de prototipagem para implementação do *Hudset*, um óculos-display-monitor que, em conjunto com uma câmera, seria responsável por registrar objetos virtuais sobre objetos reais em uma determinada posição, facilitando o processo de montagem dos aviões (BRAGA, 2012).

Em 1992, Louis Rosenberg cria um dos primeiros sistemas imersivos de Realidade Aumentada, chamado de *Virtual Fixtures*, e publica o primeiro estudo de como um sistema de RA pode melhorar o desempenho humano (ROSENBERG, 1992).

Em julho de 1993, os pesquisadores Steven Feiner, Blair MacIntyre e Doree Seligmann apresentaram um protótipo de sistema de RA chamado *Knowledge-based*

*Augmented Reality for Maintenance Assistance* (KARMA), mostrado na figura 6, que utilizava um HMD para explicar a manutenção de uma impressora para o usuário final.

Figura 6 - KARMA.

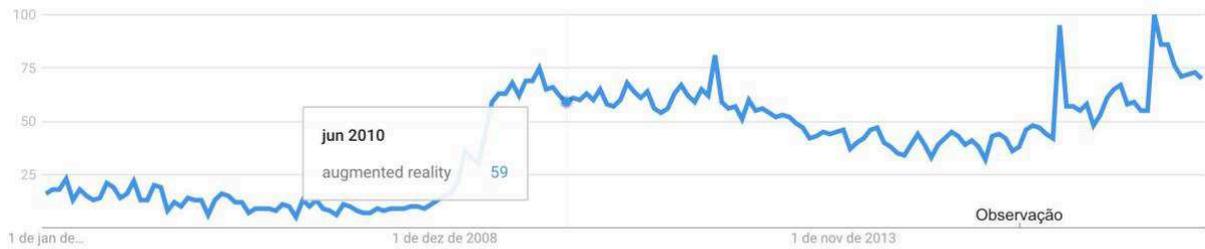


Fonte: Feiner; MacIntyre; Seligmann, [s.d.].

Em 1996, surgem os primeiros *markers* (marcadores) de Rekimoto no protótipo de um sistema portátil de visualização de informações virtuais chamado NaviCam, desenvolvido pelo pesquisador Jun Rekimoto (ANAMI, 2013 apud LOPES, 2019). Mais tarde, ele desenvolve o primeiro sistema de RA baseado em marcadores do mundo, o CyberCode.

O conceito de RA que conhecemos hoje foi cunhado por Thomas Caudell em 1990. Ele e seu colega David Mizzel eram funcionários da Boeing e precisavam solucionar o problema da montagem de feixes de fios na linha de montagem do Boeing 747. Eles então pensaram em digitalizar os diagramas dos planos e em utilizar uma prancha universal onde os fios virtuais eram mostrados através de óculos de realidade virtual. Ficou mais fácil trabalhar assim do que olhar constantemente para um manual em papel. O interesse mais recente por RA, entretanto, começou a se popularizar devido à invenção de diferentes aplicações e tecnologias baseadas em seu uso. A figura 7 foi extraída da ferramenta Google Trends e mostra o número de buscas com o termo “Augmented Reality” desde 1º de janeiro de 2004.

Figura 7 - Gráfico de buscas do termo “Augmented Reality” em todo o mundo.



Fonte: Google Trends, 2018.

O gráfico mostra o interesse pelo termo em um determinado período de tempo em uma determinada região. A pontuação mais elevada, no caso 100, representa o máximo interesse pelo assunto, enquanto uma pontuação de 50 representaria um interesse médio. Os três pontos de maior pontuação ocorreram em abril de 2012, julho de 2016 e setembro de 2017 e referem-se respectivamente aos lançamentos do jogo *Ingress*, do jogo Pokémon GO e do framework ARKit, voltado para dispositivos móveis do sistema operacional iOS.

Em abril de 2012, a Niantic Labs, uma *startup* criada dentro do Google, lança seu primeiro jogo de RA: o *Ingress* (mostrado na figura 8), que exige que o jogador saia de casa para explorar o ambiente. É baseado em uma história que mistura realidade com ficção científica. Um grupo de cientistas da Europa descobre uma fonte misteriosa de energia cuja origem e cujo propósito são desconhecidos. Eles acreditam que ela está influenciando a maneira de pensar. Devemos controlá-la ou ela nos controlará. Então surgem dois grupos: “Os Iluminados” que procuram abraçar essa força e “A Resistência” que luta para proteger e defender a humanidade.

Figura 8 - *Ingress* proporciona interatividade através da RA.



Fonte: Ingress, 2013.

Em junho de 2016, a produtora Niantic lança para *smartphones* iOS e *Android* o *Pokémon GO!*, um jogo digital que integra realidade aumentada e geolocalização, voltado à exploração do ambiente físico e à caça de *pokémons* (seres virtuais) que aparecem no ambiente real por meio da tela do *smartphone*, como pode ser visto na figura 9.

Figura 9 - Pikachu é mostrado em meio da cena captada pela câmera do celular.



Fonte: Niantic, 2018.

Em setembro 2017, foi lançado juntamente com a décima primeira versão do iOS, o iOS 11, o ARKit da iOS, um *framework* responsável por identificar planos de uma cena

captada pela câmera do celular sobre os quais podem se projetar objetos virtuais, conforme figura 10.

Figura 10 - Objetos virtuais registrados sobre uma mesa real com o ARKit.



Fonte: Wearable, 2017.

Em 2013, o Google lança o GoogleGlass, um tipo de óculos de realidade virtual que pretendia projetar informações da tela do celular sobre a lente dos óculos. Entretanto, não obteve o sucesso comercial esperado.

Atualmente, a RA encontra uso em uma variedade de aplicações, principalmente naquelas voltadas para dispositivos móveis, nas áreas de educação, entretenimento, marketing digital, saúde, etc.

## 2.2 DEFINIÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA

A RA é uma variante da RV. Enquanto esta preocupa-se em imergir completamente o usuário em um ambiente virtual sem preocupar-se ou notar a presença do mundo real à sua volta, aquela traz parte do ambiente real em que o usuário está inserido e sobrepõe, nesse meio, objetos virtuais 3D com os quais o usuário interage em tempo real. A RA difere, portanto, da RV por não ter a imersão como principal paradigma (TORI, 2010). Segundo Kirner (2011 apud KIRNER, 2011, p. 16),

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

Não limitando RA a sistemas que fazem uso de tecnologias específicas como HMDs, Azuma (1997) define, de modo geral, os sistemas em RA como possuidores das seguintes propriedades:

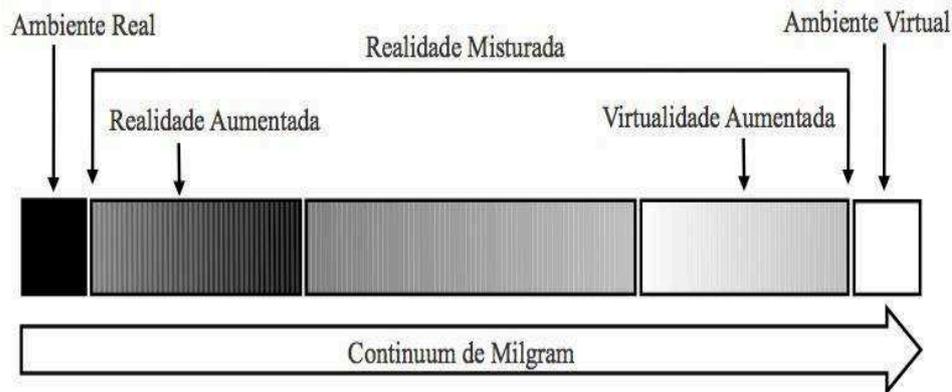
1. Combina real e virtual;
2. Interativo em tempo real;
3. Registrado em 3D.

Ressalte-se também que a RA pode envolver informações virtuais que estimulem outros sentidos, além da visão, como tato e audição. Isso é possível graças à existência de dispositivos multissensoriais como “luvas com rastreadores, dispositivos com reação de tato e força, mouse 3D, óculos estereoscópicos, fones de ouvido ou auto-falantes com sons espaciais, etc” (BOWMAN, 2005 apud KIRNER, 2011, p. 14).

O usuário usaria fones de ouvido equipados com microfones no exterior. Os fones de ouvido adicionariam som 3-D sintético e direcional, enquanto os microfones externos detectariam os sons recebidos do ambiente. Isso daria ao sistema uma chance de mascarar ou encobrir sons reais selecionados do ambiente, gerando um sinal de máscara que cancelava exatamente o som real recebido (...) (DURLACH, 1995 apud AZUMA 1997, p. 9).

Segundo Milgram e Kishino (1994), a possibilidade de inserção de elementos virtuais numa cena real ampliou as possibilidades que passaram a ser classificadas de acordo com seu diagrama (figura 11). Nesse contexto, RA está inserida como um subconjunto de Realidade Misturada.

Figura 11 - *Continuum Real-Virtual* de Milgram e Kishino.



Fonte: Tori, 2010.

Na extremidade à esquerda da figura 11, representa-se o ambiente real sem qualquer presença de elementos virtuais, enquanto se representa o ambiente virtual sem qualquer presença de elementos do mundo real na extremidade à direita. No interstício entre essas duas extremidades, encontra-se o conceito de Realidade Misturada, que se caracteriza pela presença tanto de elementos do ambiente real quanto de objetos virtuais. Nesse intermédio mais à esquerda, encontra-se a Realidade Aumentada, caracterizada pela predominância do ambiente real sobre a quantidade de objetos virtuais. No lado oposto desse intermédio, encontra-se o conceito de Virtualidade Aumentada, caracterizada pela predominância da quantidade de objetos virtuais sobre a quantidade de elementos do ambiente real. O meio entre a Realidade Aumentada e a Virtualidade Aumentada representa a realidade em que não há clara distinção da predominância do mundo virtual sobre o real ou vice-versa. Tori (2010), entretanto, prefere distinguir, em seu artigo, Virtualidade Aumentada de Realidade Aumentada, utilizando o paradigma da imersão. A Virtualidade Aumentada necessitaria, então, da imersão do usuário para ser assim classificada. Na Realidade Aumentada, isso não seria necessário.

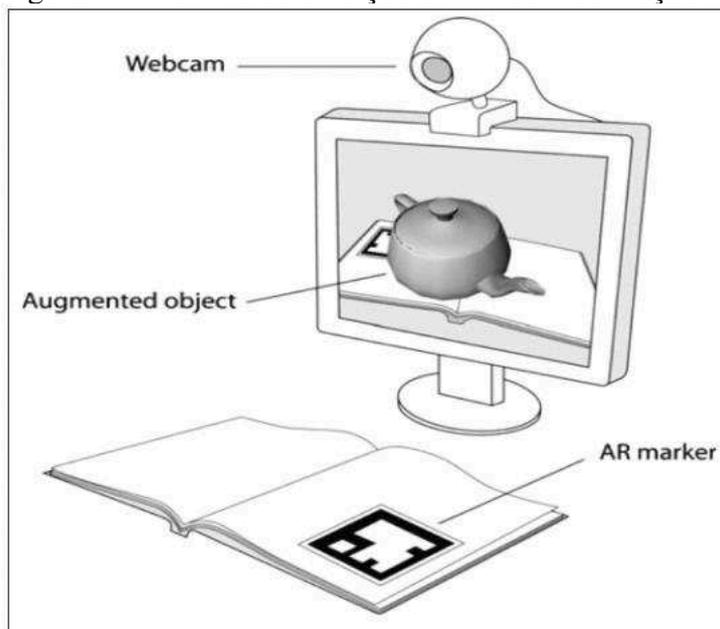
### 2.3 COMO A REALIDADE AUMENTADA FUNCIONA

A RA pode ser implementada de várias maneiras tanto quanto à forma de exibição quanto ao rastreamento e registro dos elementos virtuais. A mais usual (e que é utilizada no presente trabalho, conforme ilustra figura 12) funciona basicamente da seguinte forma: uma

**câmera** de vídeo ou *webcam* lê um **marcador fiducial** (cartão com um símbolo impresso, geralmente contornado por uma borda retangular) e que é convertido no objeto virtual por um **software de RA**. Esse objeto virtual é mostrado num monitor ou display, juntamente com o ambiente em que o usuário está inserido. Tori (2009, p. 7) explica essa técnica de visão computacional:

A solução mais popularizada, devido à facilidade e baixo custo já que necessita apenas de uma webcam e de um computador convencional, é a que utiliza um marcador fiducial (cartão com símbolo impresso, em geral com borda preta retangular) [...]. O símbolo do marcador é identificado, indicando qual objeto deve ser inserido na cena, e sua deformação analisada, de forma a se obter a matriz de transformação geométrica que define o posicionamento relativo entre marcador e câmera de vídeo. De posse dessas informações o software pode inserir na cena real objetos tridimensionais interativos, registrando-os perfeitamente com os elementos ao seu redor.

Figura 12 - Técnica de exibição de RA com utilização de marcadores.



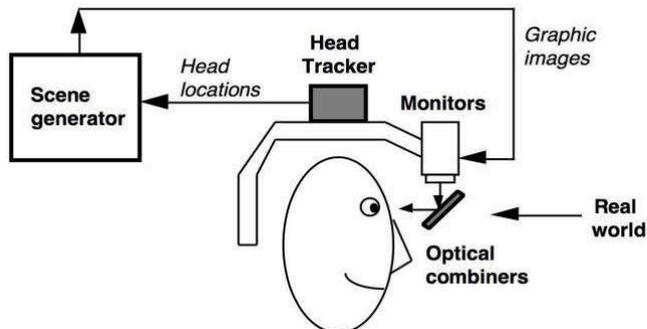
Fonte: Adaptado de Cheng & Tsai, 2012.

### 2.3.1 Técnicas de exibição de Realidade Aumentada

Os sistemas de Realidade Aumentada são classificados de acordo com o modo ou *display* em que os objetos virtuais e reais são exibidos:

- a) *Optical see-through* (sistema de visão ótica direta): técnica baseada na exibição por meio de óculos com visores semitransparentes ou capacete com lentes nos quais são exibidos os objetos virtuais que se combinam à cena real visualizada pelo usuário;

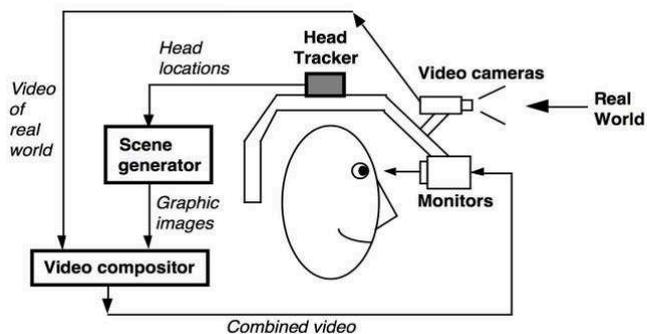
Figura 13 - *Optical see-through*.



Fonte: Azuma, 1997.

- b) *Video see-through* (visão direta por vídeo): técnica baseada na utilização de um capacete de realidade virtual com câmeras de vídeo que captam a cena do mundo real em tempo real, misturada a elementos virtuais inseridos e registrados computacionalmente.

Figura 14 - *Video see-through*.



Fonte: Azuma, 1997.

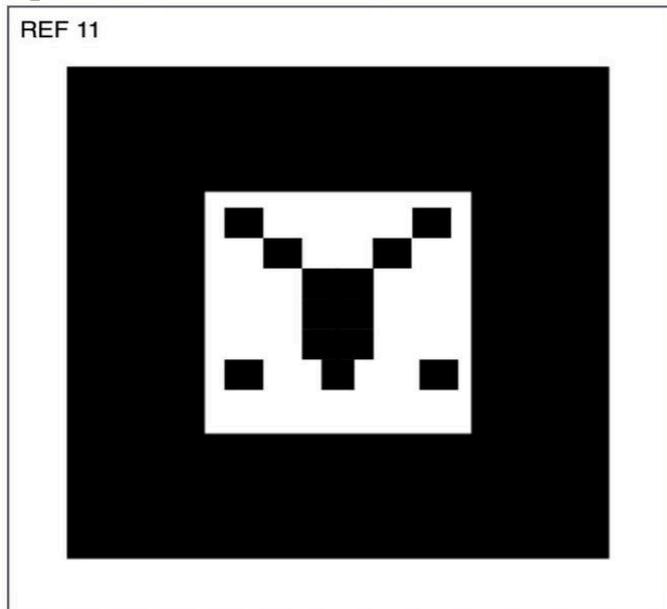
- c) Monitor: técnica mais usual de exibição que faz uso de um monitor de vídeo para a exibição da cena do mundo real, captado por câmeras de vídeo em tempo real, misturada a elementos virtuais inseridos e registrados computacionalmente.
- d) Projeção: técnica que faz uso de projetores para exibir elementos virtuais em superfícies de objetos reais, o que possibilita a visualização direta da cena do mundo

real enriquecida de elementos virtuais sem a necessidade de dispositivos acoplados ao corpo do usuário ou do uso de monitores para exibição.

#### 2.4 FERRAMENTA DE AUTORIA SACRA

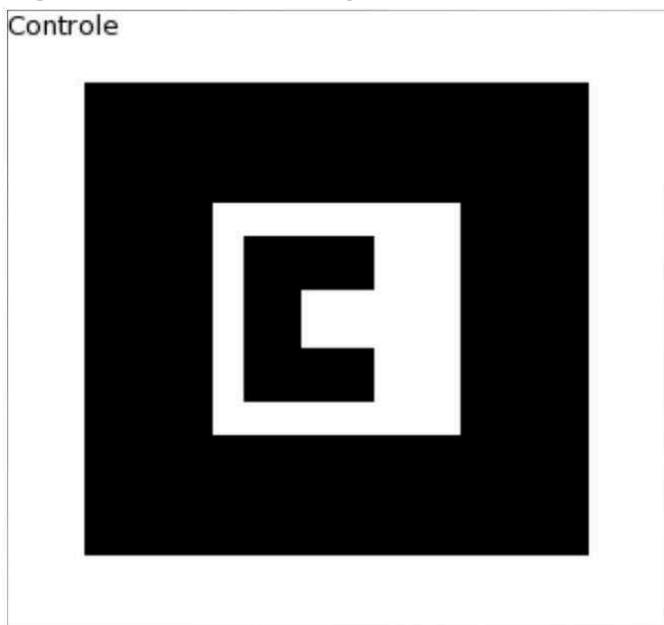
O SACRA é uma ferramenta de autoria para desenvolvimento de aplicações com RA e foi desenvolvido na Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) pelo então mestrando Rafael Santin, sob a orientação do Prof. Dr. Claudio Kirner. Essa ferramenta de autoria tem como base os recursos da biblioteca *open source ARToolKit*, desenvolvida em linguagem C, que usa métodos de visão computacional para identificar marcadores de referência e permite a utilização de dispositivos relativamente de baixo custo como uma *webcam* e um computador. No ambiente SACRA, a interação do usuário é realizada por meio do uso de **marcadores fiduciais**, que são caracterizados como uma interface tangível de RA. Além disso, disponibiliza aos seus usuários técnicas de interação, a partir das propriedades dos marcadores como visibilidade, posição e orientação. O SACRA permite também a interação com objetos virtuais associados a marcadores e a pontos cadastrados aos **marcadores de referência** (ver exemplo na figura 15). Essa interação com objetos virtuais é realizada por marcadores com funções especializadas, denominados **marcadores de ação** (ver exemplo na figura 16), que são capazes de exercer meios fundamentais para execução das **operações sobre os objetos virtuais**. O sistema é disponibilizado com os marcadores de ação e seis marcadores de referência já cadastrados no sistema. O cadastramento de novos marcadores deve ser feito no arquivo “*vrml\_data*” contido na pasta “*Data*” (SANTIN, 2008). Mais informações sobre o sistema SACRA e sua utilização podem ser obtidas em <http://www.ckirner.com/sacra/>.

Figura 15 - Marcador de referência REF 11.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 16 - Marcador de ação Controle.



Fonte: ARTool-Book, 2011.

#### **2.4.1 SOFTWARE ARTOOL-BOOK**

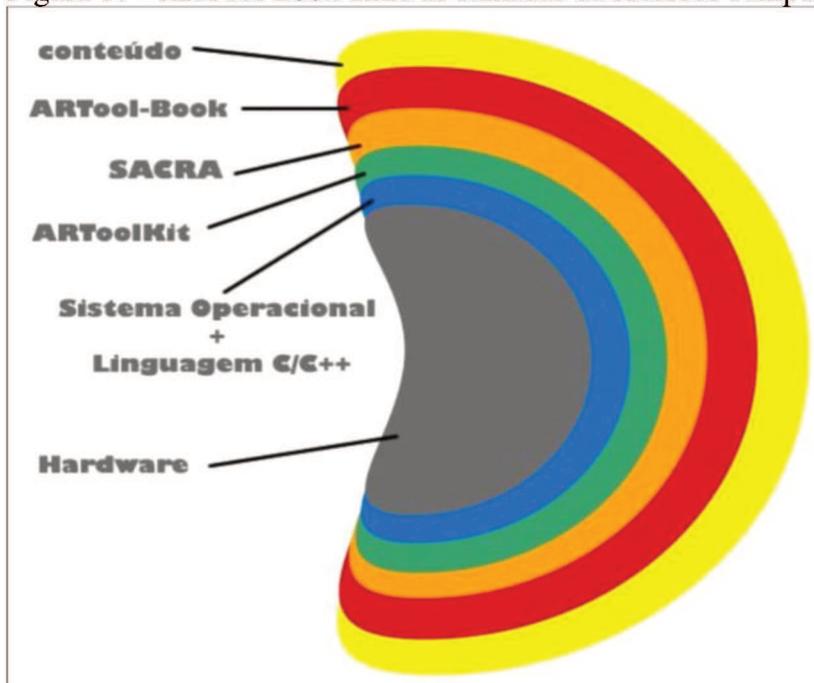
O *ARTool-Book* é uma ferramenta de autoria de alto nível para a criação de livros didáticos com RA, desenvolvido como uma aplicação do SACRA. Esta ferramenta possui três

tipos de componentes: placas virtuais que são objetos 3D podendo conter texturas (que são imagens cujo formato deve ser ".jpg"); sons (podendo conter narração do autor do livro sobre o conteúdo) que devem estar no formato ".wav"; objetos virtuais em formato ".wrl" (que podem ser obtidos em repositórios de objetos 3D). A figura 17 situa o *ARTool-Book* em relação aos vários recursos computacionais necessários para a implementação da RA.

De acordo com Okawa; Kirner; Kirner (2011, p. 2):

De acordo com a figura, na primeira camada (mais interna) situa-se o hardware, que, para os propósitos da ferramenta, envolve um microcomputador com câmera de vídeo. Na segunda camada, situam-se o Sistema Operacional (Windows) e a linguagem de programação C/C++. Na terceira camada, está o *ARToolKit*, que é uma biblioteca de classes desenvolvida em C. Na quarta camada, situa-se o Sistema *SACRA*, que foi desenvolvido a partir das bibliotecas do *ARToolKit*. Na quinta camada está a ferramenta *ARTool-Book*, construída com base em uma configuração do *SACRA*, seguindo uma pré-definição das configurações de posicionamento, escala e rotação de objetos do *SACRA*. Por fim, a sexta camada refere-se ao conteúdo do livro a ser criado pelos usuários (professores), a partir do *ARTool-Book*.

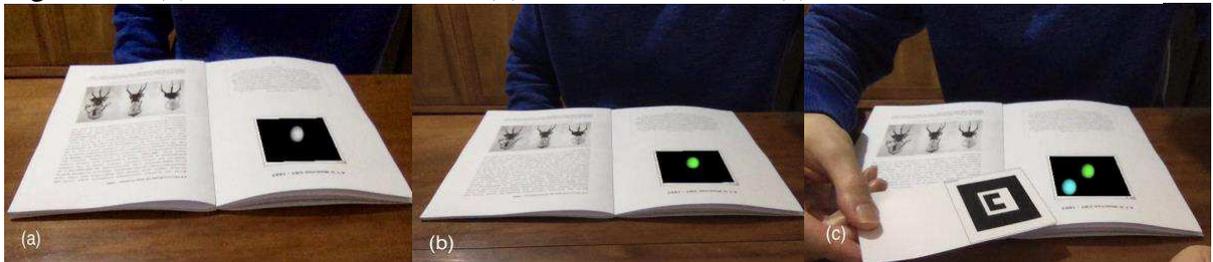
Figura 17 - *ARTool-Book* entre as camadas de recursos computacionais.



Fonte: Adaptado de Okawa, Kirner e Kirner, (2011).

Para usar o livro interativo gerado com a ferramenta *Artool-Book*, é necessário dispor de um monitor e uma *webcam* acoplados a um computador. Primeiramente, posicionamos a página do livro que contém um marcador de referência dentro do campo de visão da *webcam*. Inicialmente, o marcador estará desativado e com uma esfera cinza (conforme a figura 18.a). Para acionar o marcador de referência, a tecla "a" deve ser pressionada. Se o marcador ficou com a esfera verde (conforme a figura 18.b), significa que o marcador agora encontra-se ativado. Após a ativação do marcador de referência da página, deve-se colidir a esfera azul do marcador "Controle" com a esfera verde do marcador impresso na página do livro (conforme ilustra a figura 18.c).

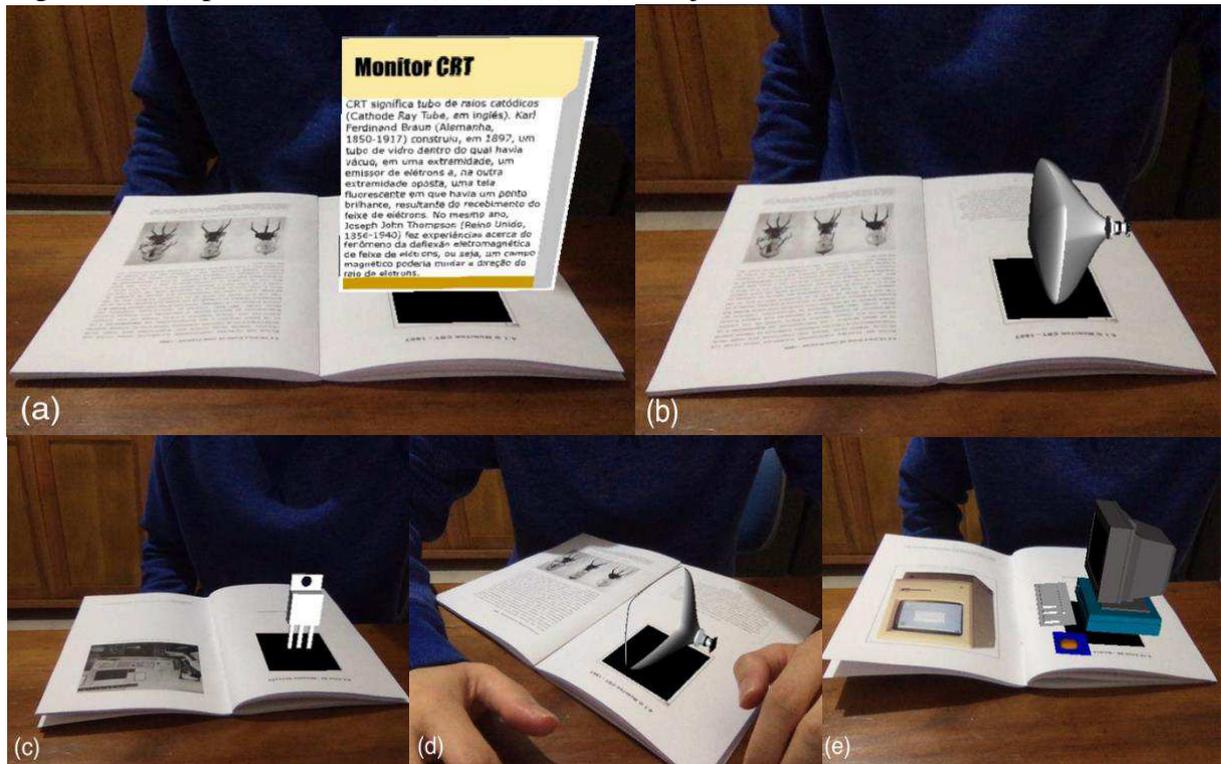
Figura 18 - (a) Marcador desativado, (b) Marcador ativado, (c) Colisão de esferas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Neste instante, aparecerá a placa virtual (conforme ilustra a figura 19.a), podendo ser acionado o áudio relacionado ao conteúdo da placa nessa primeira colisão ou, em uma próxima colisão no mesmo marcador, quando poderá aparecer a placa em rotação ou poderão aparecer objetos virtuais (conforme ilustram as figuras 19.b, 19.c, 19.d e 19.e), dependendo de como a ferramenta for configurada pelo autor do livro.

Figura 19 - (a) placa virtual 3D; (b), (c), (d) e (e): Objetos virtuais.



Fonte: elaborado pelo autor.

Mais informações sobre a ferramenta *ARTool-Book* e sua utilização podem ser obtidas em <http://www.ckirner.com/sacra/aplica/gel-ra/>.

## 2.5 REALIDADE AUMENTADA NA EDUCAÇÃO

O uso de uma tecnologia emergente no ensino e aprendizagem, como a RA, tem entusiasmado pesquisadores e educadores (BOWER, 2008; DALGARNÓ & LEE, 2010; DUNLEAVY et al., 2009; KYE & KIM, 2008 apud DI SERIO, IBÁÑEZ, & KLOOS, 2013). A Realidade Aumentada, dada a sua propriedade de promover interatividade em tempo real, suporta naturalmente um tipo de interação necessária na educação: a interação aluno-conteúdo (DI SERIO, IBÁÑEZ, & KLOOS, 2013). Dalgarno (2004) e Neumann & Majoros (1998) apud Di Serio, Ibáñez, & Kloos (2013) enfatizam a importância dessa interação para promover tarefas cognitivas, como compreensão, memória e imaginação. Chien, Chen & Jeng (2010), Dunleavy et al. (2009) apud Di Serio, Ibáñez, & Kloos (2013) destacam as possibilidades únicas proporcionadas pela RA, como a capacidade de promover tarefas de aprendizado cinestésico e seu suporte a processos cognitivos de memória. As possibilidades

de imersão e interação no uso dessa tecnologia se tornam potencialmente úteis em tarefas de aprendizado que requeiram experimentação, capacidade espacial e colaboração (DALGARNO & LEE, 2010; DUNLEAVY et al., 2009 apud DI SERIO, IBÁÑEZ, & KLOOS, 2013).

Atualmente, aplicações que demandam recursos, como PCs e *webcams* ou aplicativos de RA para dispositivos móveis, têm facilitado o uso desta tecnologia na educação. Conforme o quadro 1, há uma variedade de possibilidades de aplicações da RA na educação, e a utilização de livros com RA embutida, os livros aumentados, tem sido uma tendência de inovação desta tecnologia aplicada à educação. O seu uso tem como um dos principais resultados a maior motivação para a aprendizagem. Entretanto, a principal barreira para inserção de RA na educação é a dificuldade que os professores, de modo geral, sentem em desenvolver atividades utilizando essa tecnologia (LOPES, 2019).

Quadro 1 - Tendências de inovação com RA na educação.

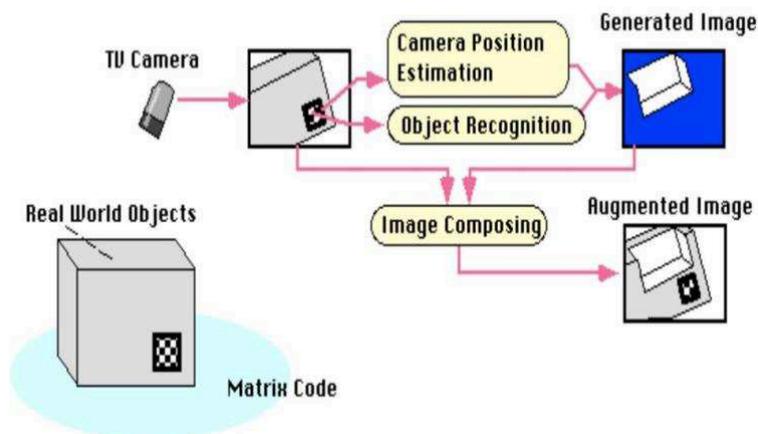
Tendências					
RA por meio de dispositivos móveis	Aprendizagem por meio de jogos com RA	Livros com RA embutida	RA no ensino das Ciências da Saúde	Ensino de Engenharia, Arquitetura e Design por meio da RA	Propostas de uso da RA aplicáveis a diversas áreas do conhecimento
Impulsionadores					
Aumento na motivação dos alunos			Melhora na compreensão dos conteúdos		
Principal Barreira					
Professores sentem dificuldade em desenvolver atividades usando RA					
Principais áreas do conhecimento					
Engenharia Civil	Arquitetura	Design		Ciências da Saúde	
Resultados					
Melhora da compreensão		Maior motivação para a aprendizagem		Disposição dos professores em utilizar a RA em sala de aula	

Fonte: Lopes, 2019.

### 2.5.1 LIVROS AUMENTADOS

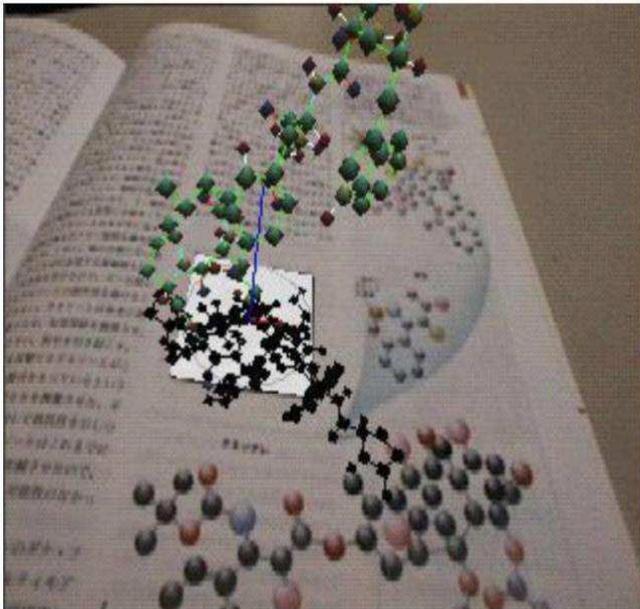
O primeiro trabalho (representado pela figura 21) que continha a ideia de livro aumentado deve-se a Rekimoto e ao seu método *Matrix* (cujo esquema encontra-se ilustrado na figura 20), por meio do qual ele fez com que modelos virtuais tridimensionais de moléculas fossem registrados e sobrepostos sobre um livro físico (REKIMOTO, 1998).

Figura 20 - Esquema de funcionamento do método *Matrix*.



Fonte: Rekimoto, 1998.

Figura 21 - Um modelo molecular 3D aparece a partir de um livro.



Fonte: Rekimoto, 1998.

Entretanto, o primeiro conceito formalizado como um livro aumentado atribui-se ao projeto *MagicBook* (figura 22), de Billingham, Kato e Poupyrev (2001), que foi uma

tentativa inicial de explorar como se pode usar um objeto físico para transportar leitores entre a realidade e a virtualidade. A aplicação do seu uso se deu em diferentes projetos de diferentes áreas, como biologia, química, herança cultural, jogos, entre outras (BILLINGHURST; KATO; POUPYREV, 2001).

Figura 22 - Usando a interface do *MagicBook* para se mover entre realidade e realidade virtual: (a) realidade, (b) realidade aumentada, e (c) realidade virtual imersiva.



Fonte: Billinghamurst, Kato e Poupyrev (2001).

Os conteúdos digitais acrescentados aos livros físicos podem ser de vários tipos, incluindo conteúdo estático bidimensional, como imagens, desenhos e textos; conteúdo dinâmico bidimensional, como vídeos; conteúdos estáticos tridimensionais como objetos e ambientes; conteúdo dinâmicos tridimensionais, como avatares e objetos virtuais animados; e por último, áudios, como sons ambientes, músicas e som tridimensional (GRASSET; DÜNSER; BILLINGHURST, 2008).

Baseados no conceito do *Continuum* Real-Virtual de Milgram e Kishino (1994), Grasset, Dünser e Billinghamurst (2008) criaram um diagrama para classificar os livros aumentados de acordo com a quantidade de componentes reais presentes (figura 23). No lado mais à esquerda do esquema, situa-se o livro virtual que é um formato totalmente eletrônico e, portanto, tem pouca fisicalidade. Em um livro de RA tradicional (segunda imagem da esquerda para a direita da figura), mostra-se um livro físico que geralmente é utilizado como uma interface aumentada com conteúdo virtual. Entretanto, para os autores, há pouca relação física entre as páginas físicas do livro e seu conteúdo e o conteúdo virtual, enquanto que, em um livro de realidade mista (terceira imagem da esquerda para a direita da figura), seria possível "combinar e mesclar de forma transparente conteúdo físico e virtual de maneiras mais significativas" (GRASSET; DÜNSER; BILLINGHURST, 2008, p. 100, tradução nossa).

Figura 23 - Classificação quanto à fisicalidade do livro.

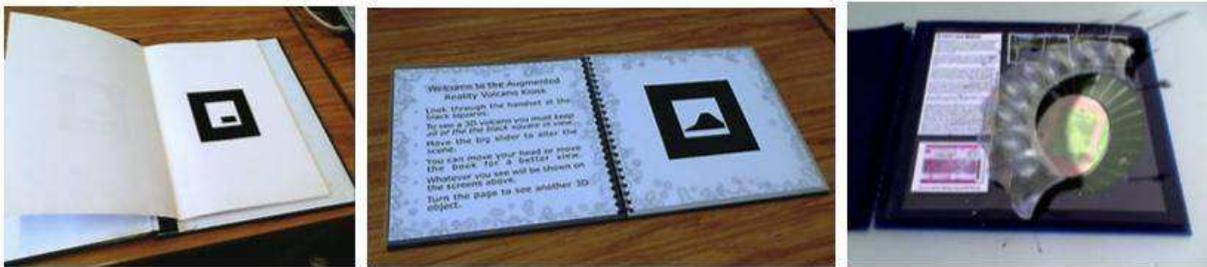


Fonte: adaptado pelo autor de Grasset, Dünser e Billinghurst (2008).

Grasset, Dünser e Billinghurst (2008) propõem ainda uma classificação dos livros aumentados quanto ao *layout* do conteúdo real e virtual e à importância do conteúdo real no livro que podem ser classificados em três tipos:

- Básico: apenas conteúdo virtual;
- Multimídia lado a lado: conteúdo real e conteúdo virtual separados espacialmente;
- Multimídia integrada: conteúdo real e conteúdo virtual integrados espacialmente.

Figura 24 - Tipos de livros aumentados: básico, multimídia lado a lado, multimídia integrada.



Fonte: Grasset, Dünser e Billinghurst (2008).

Outro ponto levantado pelos autores é a questão da visibilidade dos marcadores. Segundo Grasset, Dünser e Billinghurst (2008), há três possibilidades para a inclusão de marcadores: a primeira é deixar o marcador invisível, utilizando a própria imagem da página do livro como marcador; a segunda é colocá-lo em uma área separada do conteúdo do livro,

como na borda da página, por exemplo; a terceira possibilidade é deixá-lo dentro da própria página do livro.

## 2.6 MODELO ARCS

O modelo ARCS (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação) baseia-se na macro teoria da motivação e desenho instrucional que deriva dos trabalhos de Tolman (1932) e Lewin (1938) e fundamenta-se na Teoria *Expectancy-Value*. Esta teoria assume que as pessoas se motivam em realizar alguma atividade quando a enxergam como satisfatória para suas necessidades pessoais (reconhecem valor nela) e têm uma expectativa de sucesso em relação à sua execução. O modelo ARCS é um modelo que tem por objetivo melhorar o apelo motivacional do material instrucional bem como orientar a avaliação de métodos e recursos educacionais no que se refere aos estímulos motivacionais para aprendizagem. Seu acrônimo ARCS refere-se às quatro categorias conceituais de motivação: atenção, relevância, confiança e satisfação. O modelo inclui também um conjunto de estratégias em cada uma das quatro categorias para melhorar o apelo motivacional do processo de aprendizagem (KELLER, 1987).

Atenção: é um elemento de motivação e um pré-requisito para aprender. Não basta apenas ganhar a atenção porque o desafio maior é mantê-la num nível satisfatório durante um período de instrução (KELLER, 1987). Estratégias de estímulo e que despertem a curiosidade em busca do conhecimento podem ser utilizadas para manter a atenção em níveis satisfatórios durante o processo de aprendizagem.

Relevância: refere-se à percepção do aluno quanto à importância do conteúdo a ser aprendido ou da forma como ele é aprendido. Muitos *designers* de cursos e instrutores tentam relacionar a importância de um conteúdo a ser ensinado às oportunidades presentes e futuras na carreira advindas do conhecimento obtido. Outros, numa linha mais tradicionalista, acreditam que o aprendizado deve ser um fim em si, algo que os estudantes vêm desfrutar e valorizar. Ambas as estratégias podem ser válidas, mas há uma terceira alternativa que consiste em agregar relevância na forma como algo é ensinado, ou seja, no próprio processo de aprendizagem (KELLER, 1987).

Confiança: refere-se a expectativas positivas em relação ao sucesso. Esta percepção de confiança pode influenciar a persistência e realização de um aluno em realizar determinada

tarefa. As estratégias devem proporcionar uma impressão de que o sucesso depende de um certo esforço despendido, mas não devem criar uma falsa impressão se isso não for possível. Keller propõe algumas estratégias que envolvam uma progressividade na dificuldade de tarefas e estabelecimento de metas factíveis (KELLER, 1987).

Satisfação: remete à ideia de recompensa pelo esforço despendido. Esta categoria incorpora pesquisa e práticas que auxiliam pessoas a se sentirem bem com as suas realizações (KELLER, 1987) e experiências de aprendizagem (KELLER, 1999). Há o reconhecimento pelo esforço despendido, e são materializadas evidências de sucesso que causam sentimentos internos de satisfação. O aprendente tem um sentimento de que recebeu algo justo pelo seu empenho, podendo ser na forma de uma nota a refletir os objetivos, o conteúdo e testes aplicados (KELLER, 1999).

Em suma, essas quatro categorias formam a base do modelo ARCS, e o quadro 2 sintetiza as definições e suas respectivas questões sobre processos.

Quadro 2: Categorias do Modelo ARCS, definições e questões sobre processo.

<b>Principais categorias</b>	<b>Definições</b>	<b>Questões sobre processo</b>
Atenção	Capturando o interesse dos alunos; estimulando a curiosidade de aprender	Como posso tornar essa experiência de aprendizado estimulante e interessante?
Relevância	Atender às necessidades / metas pessoais do aluno para realizar uma atitude positiva	De que maneira essa experiência de aprendizado será valiosa para meus alunos?
Confiança	Ajudar os alunos a acreditarem / sentirem que terão sucesso e controlarão seu sucesso	Como posso, por meio de instrução, ajudar os alunos a obter sucesso e permitir que controlem seu sucesso?
Satisfação	Reforçando a realização com recompensas (internas e externas)	O que posso fazer para ajudar os alunos a se sentirem bem com sua experiência e a desejarem continuar aprendendo?

Fonte: Traduzido de Keller, 2010.

### 2.6.1 IMMS (INSTRUCTIONAL MOTIVATION MATERIAL SURVEY)

Visando complementar a implementação do modelo ARCS, Keller criou um instrumento denominado IMMS (*Instructional Materials Motivational Survey*), que consiste em um questionário com 36 declarações, cada uma com 5 opções de resposta numa escala Likert de 1 a 5, sendo: 1 = não é verdade; 2 = ligeiramente verdadeiro; 3 = moderadamente verdadeiro; 4 = principalmente verdadeiro; 5 = muito verdadeiro (KELLER, 1987). Dentre as

trinta e seis questões, doze mensuram a atenção, nove medem a relevância, nove determinam a confiança e seis estimam a satisfação do usuário.

O IMMS avalia os efeitos motivacionais em alunos diante de experiências de ensino diversas. Para tanto, os alunos avaliam estas 36 declarações que se referem às dimensões atenção, relevância, confiança e satisfação, em relação aos materiais de aprendizagem ou a experiências de ensino vivenciadas, assinalando em cada declaração uma das 5 opções a qual melhor descreve sua opinião em relação ao material educativo ou à situação de ensino vivenciada (KELLER, 1987).

O IMMS tem um coeficiente de confiabilidade documentado de 0,96 (KELLER, 2010), e encontra-se no Anexo A desta pesquisa.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo se destina a uma breve descrição das etapas de desenvolvimento da pesquisa preliminares ao estudo de caso, bem como relaciona os materiais utilizados no estudo de caso e apresenta os procedimentos metodológicos e os instrumentos utilizados para a coleta de dados no estudo de caso.

#### 3.1 DESCRIÇÃO

Para que se procedesse ao **estudo de caso** de cunho quantitativo e qualitativo que é o método a ser utilizado nesta pesquisa, foram realizados inicialmente uma revisão bibliográfica acerca do tema em estudo e um levantamento e escolha da ferramenta que daria suporte à tecnologia de Realidade Aumentada no livro. Foi escolhida a ferramenta *ARTool-Book* por ser uma ferramenta de alto nível e pelo fato ser específica para a criação de livros aumentados. A temática escolhida do pequeno livro é um "breve histórico da evolução da computação" com ênfase em fundamentos de computação, tema geralmente atinente às ementas de disciplinas do curso de Engenharia da Computação e Tecnologias da Informação e Comunicação, uma vez que o público-alvo escolhido para aplicarmos o estudo de caso são alunos de disciplinas desses dois cursos. O conteúdo elaborado tem como principal referencial bibliográfico o livro "História da Computação", publicado em 2016 pela Editora Elsevier e de autoria de Raul Sidnei Wazlawick. Grande parte das imagens impressas no livro aumentado foi retirada do repositório de imagens Wikimedia Commons. Depois da aplicação do livro aumentado e da aplicação do livro em formato digital junto aos respectivos grupos distintos de alunos, os alunos participantes responderam a questionários da pesquisa.

#### 3.2 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA PRELIMINARES AO ESTUDO DE CASO

A seguir estão relacionadas as etapas da pesquisa preliminares ao estudo de caso:

- a) Escolha e delimitação do tema e objetivos da pesquisa;
- b) Revisão Bibliográfica;

- c) Escolha do *software* *ARTool-Book* para embutir realidade aumentada no livro físico;
- d) Elaboração do conteúdo do pequeno livro;
- e) Escolha das imagens do pequeno livro;
- f) Criação dos marcadores de referência REF 7 a REF 15;
- g) Cadastramento dos marcadores fiduciais REF 7 a REF 15 no SACRA;
- h) Criação das imagens em formato ".jpg", com a utilização da aplicativo *Paint 3D* com conteúdo informativo para compor a textura das placas virtuais 3D;
- i) Criação de áudio em formato ".wav";
- j) Busca por objetos virtuais;
- k) Configuração e adaptação da ferramenta *ARTool-Book 1.0* (o aplicativo encontra-se no arquivo compactado disponível em <http://bit.ly/2Y4KdTy>, baixe-o e extraia todos os arquivos para uma mesma pasta);
- l) Impressão dos livros com marcadores fiduciais (disponível em <http://bit.ly/2IRiArQ>);
- m) Criação do livro em formato digital ePUB com a utilização da ferramenta *Calibre 3.44.0* (disponível em <http://bit.ly/2J3wplR>);
- n) Elaboração dos questionários de perfil do participante, de opinião sobre o uso de tecnologia educacional em sala de aula, de conhecimento sobre Realidade Aumentada, de impacto da Realidade Aumentada no ensino-aprendizagem, da eficácia no estudo de caso (ver apêndices B e C) e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ver apêndice A).

### 3.3 PROCEDIMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

O estudo de caso foi aplicado junto a alunos das turmas das disciplinas Inteligência Artificial e Artificial I dos cursos de Tecnologias da Informação e Comunicação e Engenharia da Computação, respectivamente. Inicialmente, o TCLE foi fornecido aos alunos descrevendo o propósito da pesquisa, que a participação se dá de forma voluntária e que eles poderiam se retirar a qualquer momento.

Para proceder ao estudo de caso, cada turma foi separada de forma aleatória em dois grupos: o **grupo controle** para o qual foi explanado o tema "História da Computação" com

auxílio do livro em formato digital sem o uso da RA e o **grupo experimental** para o qual foi explanada a mesma temática com o uso do livro aumentado. Após o término das atividades, os alunos foram novamente convidados a responder os questionários da pesquisa (apêndices B e C, respectivamente) e o instrumento IMMS (KELLER, 1993) para avaliação quali-quantitativa da motivação nos respectivos cenários de ensino-aprendizagem.

Após o estudo de caso, os dados serão coletados e haverá discussão sobre os gráficos e respostas curtas, gerados a partir das respostas dos participantes aos questionários constantes dos apêndices B e C. As respostas dos participantes ao IMMS serão resumidas por meio de estatística descritiva em ambos os cenários. Para as respostas de cada participante ao questionário IMMS, será obtido uma média geral por participante. Serão calculadas uma média geral IMMS, com base nas médias dos participantes, para cada grupo e uma média geral por categoria do modelo ARCS para cada grupo. Serão obtidos o desvio-padrão IMMS geral e o desvio-padrão por categoria do modelo ARCS para cada grupo. Na comparação entre os dados dos dois cenários, o Teste t de Student será utilizado para comparar os níveis motivacionais entre os dois cenários, considerando um nível alfa de dois lados de 0,05 (probabilidade de significância). A igualdade de variâncias populacionais e a distribuição da normalidade dos dois conjuntos por meio do teste de Shapiro-Wilk (Shapiro e Wilk, 1965) de dados serão verificadas antes da realização do teste t com populações independentes.

### 3.3.1 Protocolo para o Teste t

1. Enunciar claramente as hipóteses alternativa e de nulidade (Ver o quadro 3);
2. Fixar o nível de significância  $\alpha$  e determinar as regiões críticas do teste. Em geral  $\alpha = 0,05$  (5%) (valor adotado no estudo de caso deste trabalho);
3. Calcular o valor da estatística, no caso o *p-value*;
4. Decisão: Se o *p-value* é menor que o nível de significância  $\alpha$ , conclui-se que o correto é rejeitar a hipótese de nulidade.

#### **Observação:**

O nível de significância ( $\alpha$ ) diz respeito a uma margem de erro tolerável e que sustenta a rejeição da hipótese de nulidade.

Quadro 3: Quadro de Hipóteses.

<b>Hipóteses para a questão da pergunta de pesquisa</b>
Hipótese de Nulidade: Não existe diferença significativa em termos motivacionais entre alunos participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado e alunos participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital.
Hipótese Alternativa: Existe diferença significativa em termos motivacionais entre alunos participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado e alunos participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital.

Fonte: elaborado pelo autor.

## 4 ESTUDO DE CASO

Serão descritos neste capítulo o ambiente de aplicação, o perfil dos participantes e o plano de atividades desenvolvidas na aplicação do estudo de caso nos dois cenários de ensino-aprendizagem.

Ao todo, 34 alunos participaram das atividades. Entretanto, 3 participantes deste total optaram por não responder os questionários de opinião e o instrumento IMMS. As seções a seguir levam em consideração os 31 participantes que participaram de todas as etapas do estudo.

### 4.1 AMBIENTE DE APLICAÇÃO

A aplicação do estudo de caso foi realizada junto a alunos das disciplinas Inteligência Artificial e Inteligência Artificial I dos cursos de graduação em Engenharia da Computação e Tecnologias da Informação e Comunicação respectivamente, no primeiro semestre de 2019. Ambos os cursos concentram suas atividades na unidade Jardim das Avenidas, localizada na Rod. Gov. Jorge Lacerda, 3201, Bairro Jardim das Avenidas – Araranguá – SC, do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde (CTS) da UFSC.

### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES

As subseções a seguir destinam-se a caracterizar os participantes de cada cenário de ensino-aprendizagem.

#### 4.2.1 Cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital

Foram obtidas 15 respostas de alunos.

1. Quanto ao sexo e à idade dos participantes;

Participaram do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital 12 participantes do sexo masculino e 3 participantes do sexo feminino. Deste total, 6 participantes declararam ter 19 anos, 1 participante declarou ter 20 anos, 2 participantes

declararam ter 21 anos, 2 participantes declararam ter 22 anos, 2 participantes declararam ter 23 anos, 1 participante declarou ter 25 anos e 1 participante declarou ter 29 anos. Portanto, de acordo com a definição de Prensky (2012), todos os participantes se enquadram na categoria de nativos digitais por terem nascido na Era da Informação e crescerem cercados pelas novas tecnologias.

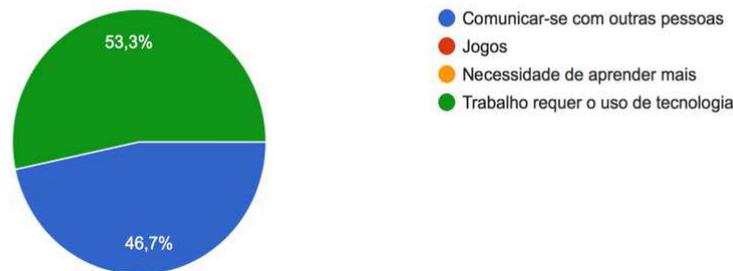
## 2. Quanto ao uso de tecnologia no dia-a-dia;

Verificou-se que a maioria dos respondentes, 8 participantes, faz do uso da tecnologia principalmente em função da necessidade do trabalho, enquanto 7 respondentes responderam que fazem uso da tecnologia principalmente para comunicar-se com outras pessoas, conforme demonstrado no gráfico 1.

Gráfico 1 - Uso principal da tecnologia no dia-a-dia.

No seu dia a dia, qual é o uso principal que você faz das Tecnologias da Informação e Comunicação?

15 respostas



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

## 3. Opinião sobre o uso de tecnologia educacional em sala de aula.

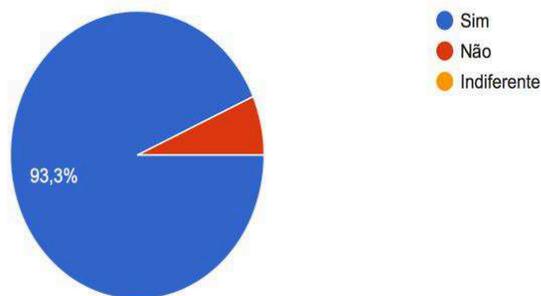
Todos os respondentes julgaram importante o uso de tecnologia educacional em sala de aula.

Quando inquiridos se gostam que professores utilizem tecnologia em sala de aula, 14 respondentes afirmaram que sim, enquanto apenas 1 afirmou que não, conforme demonstrado no gráfico 2.

Gráfico 2 - Gosto pelo uso de tecnologia em sala de aula.

Gosta que professores utilizem tecnologias em sala de aula?

15 respostas



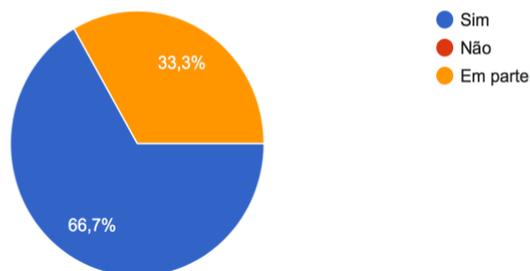
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o uso de novas tecnologias em sala de aula aumenta o interesse pelo conteúdo ministrado, 10 participantes responderam "sim", enquanto 5 responderam "em parte", conforme gráfico 3.

Gráfico 3 - Novas tecnologias em sala de aula X Interesse pelo conteúdo ministrado.

Julga que a utilização de novas tecnologias em sala de aula aumenta o seu interesse pelo conteúdo ministrado?

15 respostas



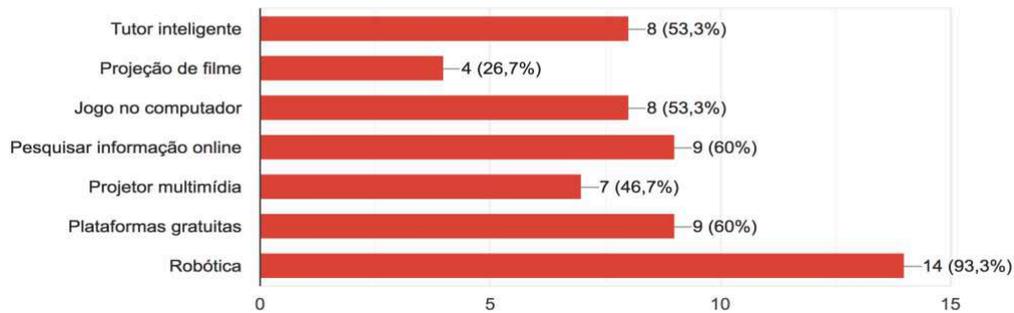
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que pedia aos participantes para que assinalassem exemplo(s) de uso de tecnologia em sala de aula que havia(m) lhe(s) despertado o interesse em aprender, merece destaque o uso de robótica em sala de aula (14 alunos assinalaram este exemplo), conforme gráfico 4.

Gráfico 4 - Exemplos de tecnologia educacional X Interesse em aprender.

Marque uso(s) de tecnologia utilizada em sala de aula que lhe despertou interesse em aprender?

15 respostas



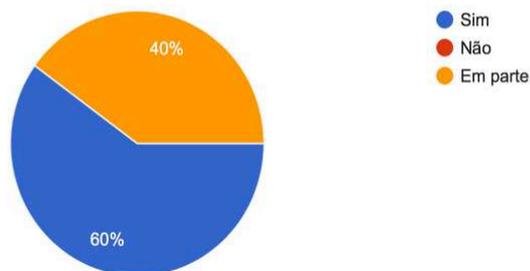
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o uso de tecnologia em sala de aula faz com que se aprenda melhor, 9 participantes responderam "sim", enquanto 6 responderam "em parte", conforme gráfico 5.

Gráfico 5 - Uso de tecnologia em sala de aula X Melhor aprendizagem.

Julga que o uso de tecnologia em sala de aula faz com você aprenda melhor?

15 respostas



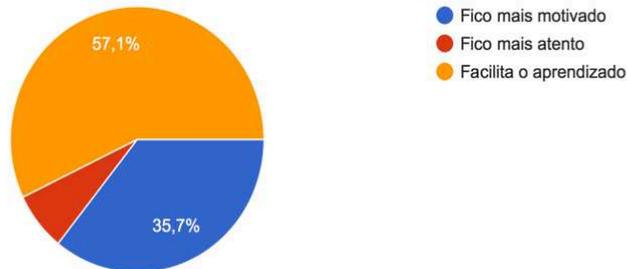
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Dos que responderam "sim" ou "em parte" na questão anterior, 8 participantes responderam que isso se deve ao fato de a tecnologia facilitar o aprendizado, 1 respondeu que se deve ao fato de ficar mais atento, 5 responderam que se deve ao fato de ficarem mais motivados e 1 participante não respondeu, conforme gráfico 6.

Gráfico 6 - Motivo de a tecnologia melhorar o aprendizado.

Se respondeu “sim” ou “em parte” na questão anterior, por qual razão principal você atribuiu o fato de a tecnologia melhorar o aprendizado?

14 respostas



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No geral, há uma boa aceitação das tecnologias educacionais em sala de aula por parte dos participantes deste cenário de ensino-aprendizagem. A maioria dos participantes desse cenário gosta que professores utilizem tecnologia educacional em sala de aula, acredita que as tecnologias educacionais melhoram o aprendizado, principalmente pelo fato de facilitar o aprendizado, e acredita que seu uso aumenta o interesse pelo conteúdo ministrado.

#### 4.2.2 Cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado

Foram obtidas 16 respostas de alunos.

##### 1. Quanto ao sexo e à idade dos participantes;

Participaram do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado 14 participantes do sexo masculino e 2 participantes do sexo feminino. Deste total, 2 participantes declararam ter 19 anos, 4 participantes declararam ter 20 anos, 4 participantes declararam ter 21 anos, 1 participante declarou ter 22 anos, 2 participantes declararam ter 23 anos, 1 participante declarou ter 24 anos, 1 participante declarou ter 25 anos e 1 participante declarou ter 30 anos. Portanto, de acordo com a definição de Prensky (2012), todos os participantes se enquadram na categoria de nativos digitais por terem nascido na Era da Informação e crescerem cercados pelas novas tecnologias.

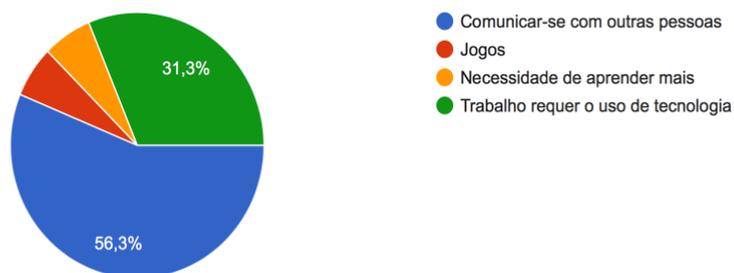
## 2. Quanto ao uso da tecnologia no dia-a-dia;

Verificou-se que 56,3% dos respondentes (9 participantes) fazem o uso da tecnologia principalmente para comunicar-se com outras pessoas, enquanto 5 participantes responderam que fazem uso da tecnologia principalmente em função da necessidade do trabalho, 1 respondente faz uso da tecnologia principalmente para jogos e 1 respondente faz uso principalmente pela necessidade de aprender mais, conforme demonstrado no gráfico 7.

Gráfico 7 - Uso principal da tecnologia no dia-a-dia.

No seu dia a dia, qual é o uso principal que você faz das Tecnologias da Informação e Comunicação?

16 respostas



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

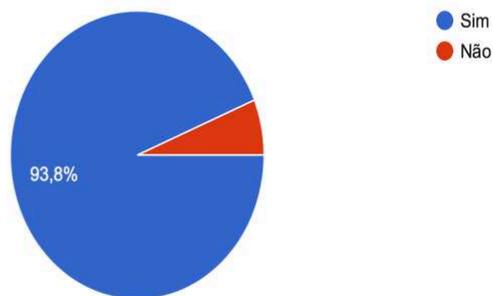
## 3. Opinião sobre o uso de tecnologia educacional em sala de aula.

Quinze respondentes julgam importante o uso de tecnologia educacional em sala de aula, enquanto apenas um respondente julga que o uso de tecnologia educacional em sala de aula não é importante, conforme gráfico 8.

Gráfico 8 - Importância do uso de tecnologia educacional em sala de aula.

Julga importante o uso das tecnologias da informação em sala de aula?

16 respostas



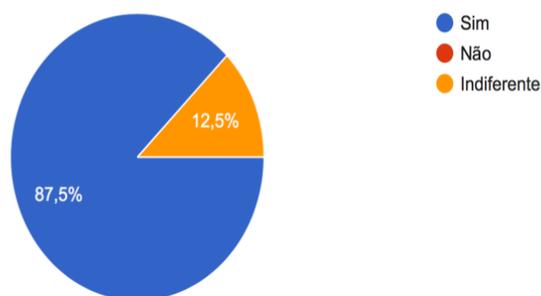
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Quando inquiridos se gostam que professores utilizem tecnologia em sala de aula, 14 respondentes afirmaram "sim", enquanto 2 afirmaram "indiferente", conforme demonstrado no gráfico 9.

Gráfico 9 - Gosto pelo uso de tecnologia em sala de aula.

Gosta que professores utilizem tecnologias em sala de aula?

16 respostas



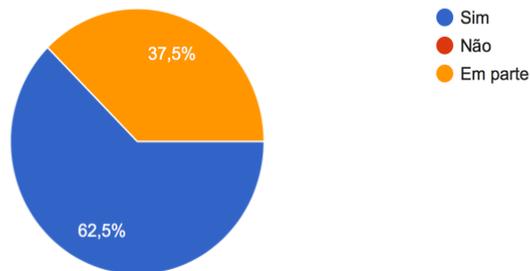
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o uso de novas tecnologias em sala de aula aumenta o interesse pelo conteúdo ministrado, 10 participantes responderam "sim", enquanto 6 responderam "em parte", conforme gráfico 10.

Gráfico 10 - Novas tecnologias em sala de aula X Interesse pelo conteúdo ministrado.

Julga que a utilização de novas tecnologias em sala de aula aumenta o seu interesse pelo conteúdo ministrado?

16 respostas



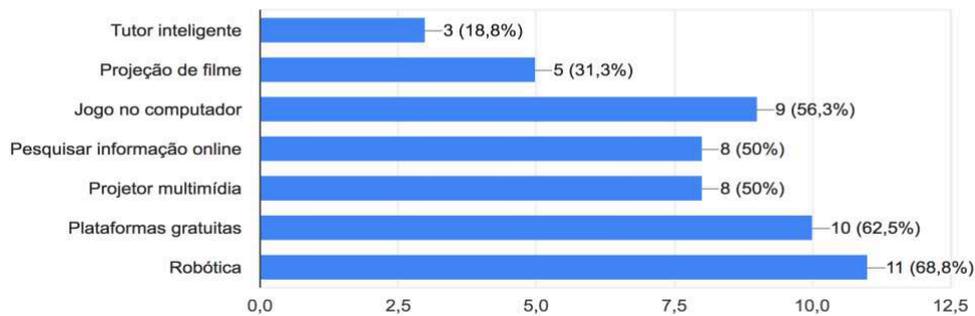
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que pedia aos participantes para que assinalassem exemplo(s) de uso de tecnologia em sala de aula que havia(m) lhe(s) despertado o interesse em aprender, merecem destaque o uso de robótica em sala de aula (11 alunos assinalaram este exemplo) e o uso de plataformas gratuitas (10 alunos assinalaram este exemplo), conforme gráfico 11.

Gráfico 11 - Exemplos de tecnologia educacional X Interesse em aprender.

Marque uso(s) de tecnologia utilizada em sala de aula que lhe despertou interesse em aprender?

16 respostas



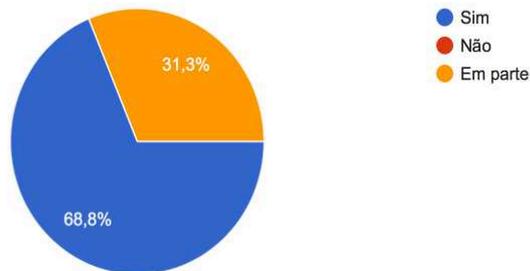
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o uso de tecnologia em sala de aula faz com que se aprenda melhor, 11 participantes responderam "sim", enquanto 5 responderam "em parte", conforme gráfico 12.

Gráfico 12 - Uso de tecnologia em sala de aula X Melhor aprendizagem.

Julga que o uso de tecnologia em sala de aula faz com você aprenda melhor?

16 respostas



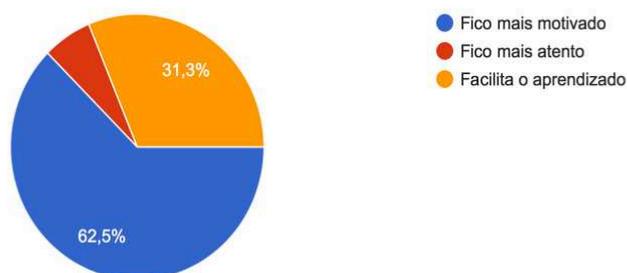
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Dos que responderam "sim" ou "em parte" na questão anterior, 10 participantes responderam que se deve ao fato de ficarem mais motivados, 5 participantes responderam que isso se deve ao fato de a tecnologia facilitar o aprendizado e 1 participante respondeu que se deve ao fato de ficar mais atento, conforme gráfico 13.

Gráfico 13 - Motivo de a tecnologia melhorar o aprendizado.

Se respondeu "sim" ou "em parte" na questão anterior, por qual razão principal você atribuiu o fato de a tecnologia melhorar o aprendizado?

16 respostas



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No geral, há uma boa aceitação das tecnologias educacionais em sala de aula por parte dos participantes deste cenário de ensino-aprendizagem. A maioria dos participantes desse cenário gosta que professores utilizem tecnologia educacional em sala de aula, acredita que as

tecnologias educacionais melhoram o aprendizado, principalmente pelo fato de ficarem mais motivados, e acredita que seu uso aumenta o interesse pelo conteúdo ministrado.

#### 4.3 APLICAÇÃO NOS DOIS CENÁRIOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Metodologia: aula expositiva com a leitura dos livros com ou sem o uso de marcadores fiduciais a depender do cenário de ensino-aprendizagem;

1. Primeiramente, a turma será dividida em dois grupos de forma aleatória;
2. Metade da turma terá a aula expositiva com o uso do livro com marcadores fiduciais de Realidade Aumentada, e a outra metade terá aula expositiva com o livro em formato digital sem o uso da tecnologia de RA;
3. Haverá aulas separadas para os dois grupos;
4. O grupo que utilizar o livro sem a interação com a RA irá ler o material e haverá interpolações explanatórias do professor. Terminada esta etapa, os alunos responderão às questões de múltipla escolha relacionadas com o conteúdo que foi lido. Após, os alunos serão convidados a responder aos questionários avaliativos da pesquisa. O grupo que utilizar o livro interativo com RA seguirá roteiro semelhante, utilizará material de igual conteúdo informativo e responderá às mesmas perguntas.

**Obs.:** Convém lembrar que aplicação com os alunos das disciplinas de Inteligência Artificial e Inteligência Artificial I ocorreram em momentos diferentes.

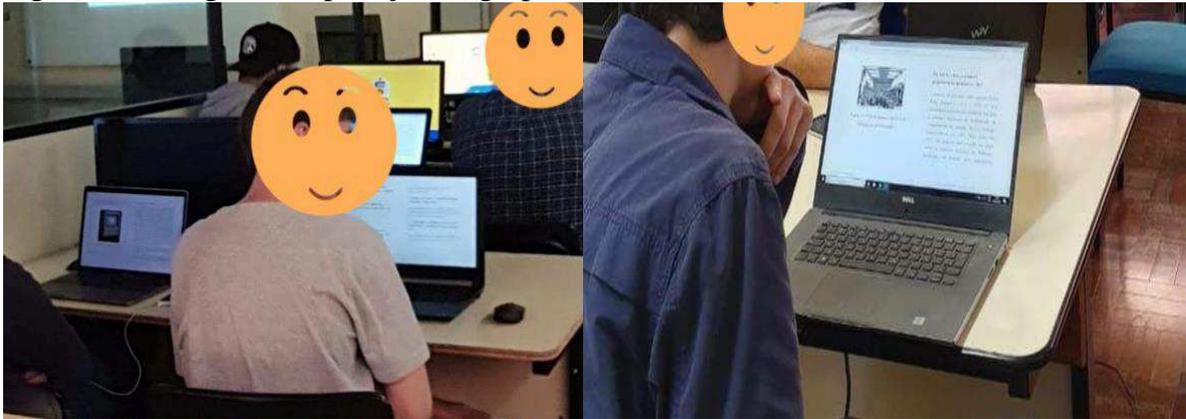
##### 4.3.1 Cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital

A seguir, estão listados os itens essenciais do plano de Atividades há algumas imagens do momento da aplicação, conforme figura 25.

1. Disciplinas: Inteligência Artificial e Artificial I;
2. Conteúdo a ser ministrado: Uma breve explicação da história da evolução dos computadores;
3. Duração: aproximadamente 2 (duas) aulas de 45 (quarenta e cinco minutos) cada;
4. Pré-requisitos e infraestrutura tecnológica necessária: computadores do tipo *notebook* ou *desktop* ou *tablets* ou *smartphones*, eReader (leitor para livros em formato ePUB) instalado e arquivo do livro em formato disponibilizado aos alunos via Moodle.

5. Público-alvo: alunos das turmas das disciplinas Inteligência Artificial e Artificial I dos cursos de Tecnologias da Informação e Comunicação e Engenharia da Computação, respectivamente, do primeiro semestre de 2019;
6. Objetivo: ensinar sobre a história da evolução dos computadores (com foco em fundamentos de computação), sem a utilização da Realidade Aumentada, a fim de verificar a motivação para o aprendizado neste caso;
7. Resultados esperados: Verificar os níveis motivacionais neste cenário de ensino-aprendizagem com base nos instrumentos da pesquisa.

Figura 25 - Imagens da aplicação no grupo controle.



Fonte: a pesquisa (2019).

As imagens acima foram editadas de modo a não identificar os participantes, conforme estabelecido no TCLE.

#### 4.3.2 Cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado

A seguir, estão listados os itens essenciais do plano de Atividades e há algumas imagens do momento da aplicação, conforme figura 26:

1. Disciplinas: Inteligência Artificial e Artificial I;
2. Conteúdo a ser ministrado: Uma breve explicação da história da evolução dos computadores;
3. Duração: aproximadamente 2 (duas) aulas de 45 (quarenta e cinco minutos) cada;
4. Pré-requisitos e infraestrutura tecnológica necessária: computadores com *webcam* com Sistema Operacional Windows 7 ou versão superior, aplicativo instalado e o livro impresso fornecido aos alunos (para os participantes do cenário de ensino-aprendizagem com o uso do livro aumentado);

5. Público-alvo: alunos das turmas das disciplinas Inteligência Artificial e Artificial I dos cursos de Tecnologias da Informação e Comunicação e Engenharia da Computação, respectivamente, do primeiro semestre de 2019;
6. Objetivo: ensinar sobre a história da evolução dos computadores (com foco em fundamentos de computação), com a utilização da Realidade Aumentada, a fim de verificar a motivação para o aprendizado nos dois casos;
7. Resultados esperados: Verificar os níveis motivacionais nos dois cenários com base nos instrumentos da pesquisa.

Figura 26 - Imagens da aplicação no grupo experimental.



Fonte: a pesquisa (2019).

As imagens acima foram editadas de modo a não identificar os participantes, conforme estabelecido no TCLE.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo destina-se a apresentar os resultados obtidos do estudo de caso bem como discuti-los, fazendo possíveis inferências.

### 5.1 QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS GRUPO DO CENÁRIO DE ENSINO-APRENDIZAGEM BASEADO NO LIVRO EM FORMATO DIGITAL

As subseções a seguir destinam-se a apresentar os resultados obtidos no estudo com o grupo do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital.

#### 5.1.1 Conhecimento sobre Realidade Aumentada

Dos 15 alunos participantes do cenário de ensino-aprendizagem em formato digital, 11 afirmaram conhecer a tecnologia de RA, enquanto 4 afirmaram não conhecer a tecnologia de RA. Treze participantes afirmaram nunca terem tido experiências com RA em contextos educativos, enquanto dois participantes afirmaram terem tido experiências com RA em contextos educativos (transcritas no quadro 4).

Quadro 4 - Experiências dos participantes com RA em contextos educativos.

<i>"Desenvolvimento de script para comunicação de uma realidade aumentada com uma experimentação remota no ensino de física"</i>
--

<i>"Aula de IHC"</i>
----------------------

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

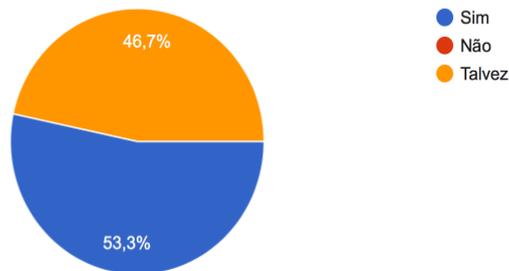
#### 5.1.2 Impacto da Realidade Aumentada no ensino-aprendizagem

No item que perguntava se o uso regular da RA em uma disciplina pode melhorar o processo de ensino aprendizagem, 8 dos 15 respondentes afirmaram "sim", enquanto os outros 7 respondentes afirmaram "talvez", conforme gráfico 14.

Gráfico 14 - Uso regular da RA X Melhora no processo de ensino-aprendizagem.

Acredita que o uso regular da Realidade Aumentada em uma disciplina pode melhorar o processo de ensino-aprendizagem?

15 respostas



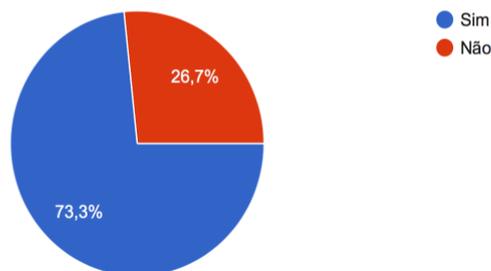
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se os participantes gostariam que a RA fosse utilizada nas aulas para aprender alguma matéria, 11 dos 15 respondentes afirmaram "sim", enquanto os outros 4 afirmaram "não", conforme gráfico 15.

Gráfico 15 - Uso da RA para aprendizagem de alguma matéria.

Gostaria que a Realidade Aumentada fosse utilizada nas aulas para aprender alguma matéria?

15 respostas



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Foram obtidas 9 respostas (algumas semelhantes) contendo sugestões de disciplinas que poderiam utilizar RA (transcritas no quadro 5).

Quadro 5 - Sugestões de disciplinas para o uso de RA no ensino-aprendizagem.

<i>"Circuitos e laboratórios de física/química"</i>
<i>"todas"</i>
<i>"Respondi sim pelo fato de querer ter a experiência com a realidade aumentada em alguma matéria, pra saber como ela seria aplicada ao ensino. Não sei em que disciplinas ela ajudaria."</i>
<i>"Programação"</i>
<i>"Acho que matérias que utilizam coisas muito pequenas para serem vistas a olho nu, como a matéria de introdução a computação, onde é abordado os relés e transistores, e até mesmo a matéria de rede de computadores, onde é abordado as camadas de rede, seriam matérias onde a utilização de realidade aumentada seria interessante"</i>
<i>"No nosso curso, matérias que falam sobre hardware, por exemplo para mostrar um sistema computacional e seus barramentos, memória, armazenamento, mostrar as unidades da cpu."</i>
<i>"Creio que a maioria das matérias teriam conteúdos que poderiam ser ministrados através de realidade aumentada."</i>
<i>"Disciplinas introdutórias que lidam com fatos históricos e disciplinas que abordam hardware"</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

### 5.1.3 A eficácia do processo de ensino-aprendizagem no estudo de caso

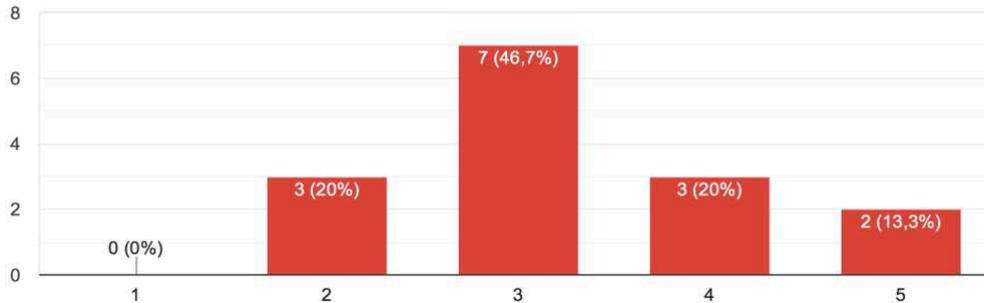
Os itens do questionário aplicado no estudo de caso, transcritos na sequência, que avaliavam a eficácia do processo de ensino-aprendizagem no estudo de caso possuem opção de resposta em uma escala Likert (de 1 a 5) em que 1 corresponde a opção “Discordo totalmente”, 2 corresponde a opção “Discordo”, 3 corresponde a opção “Não concordo nem discordo”, 4 corresponde a opção “Concordo” e 5 corresponde a opção “Concordo totalmente”.

Conforme gráfico 16, a maioria dos respondentes, 10 dos 15 participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital, não conseguiu manter a **concentração** em níveis satisfatórios durante a atividade (66,7% assinalaram a opção “Discordo” ou a opção “Não concordo nem discordo” no item que perguntava se o participante havia conseguido manter a concentração durante a atividade), entendida como a capacidade de **manter o foco** naquilo que está sendo realizado.

Gráfico 16 - Concentração durante a atividade.

Você conseguiu manter a concentração durante a atividade?

15 respostas



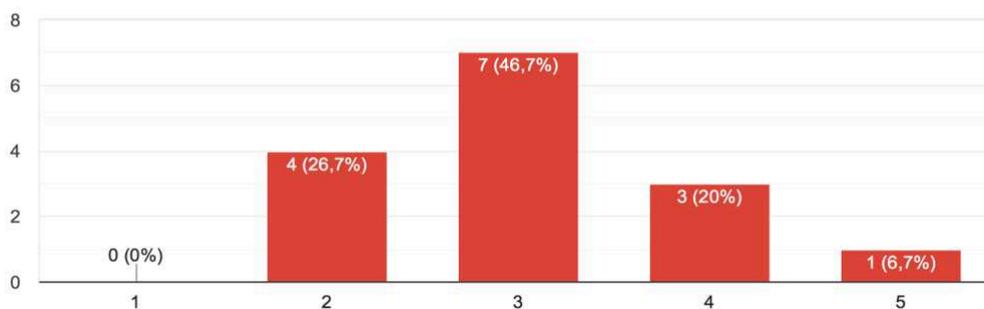
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Conforme gráfico 17, a maioria dos respondentes, 11 dos 15 participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital, não conseguiu manter a **atenção** em níveis satisfatórios durante a atividade (73,4% assinalaram a opção “Discordo” ou a opção “Não concordo nem discordo” no item que perguntava se o participante havia conseguido manter a atenção durante a atividade), entendida como a capacidade de se **ater aos detalhes** daquilo que está sendo realizado.

Gráfico 17 - Atenção durante a atividade.

Você conseguiu permanecer atento durante atividade?

15 respostas



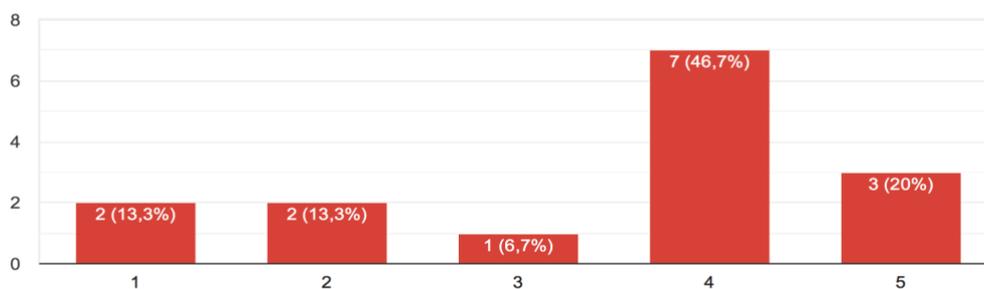
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o participante acredita que, com o uso de áudio para auxiliar a leitura, conseguiria ficar mais atento, a maioria dos respondentes, 10 dos 15 respondentes, marcou as opções 4 ou 5 (66,7% marcaram a opção “Concordo” ou a opção “Concordo totalmente”), conforme gráfico 18.

Gráfico 18 - Uso de áudio X Atenção durante a atividade.

**Você acredita que fazendo uso de áudio para auxiliar a leitura conseguiria ficar mais atento durante a atividade?**

15 respostas



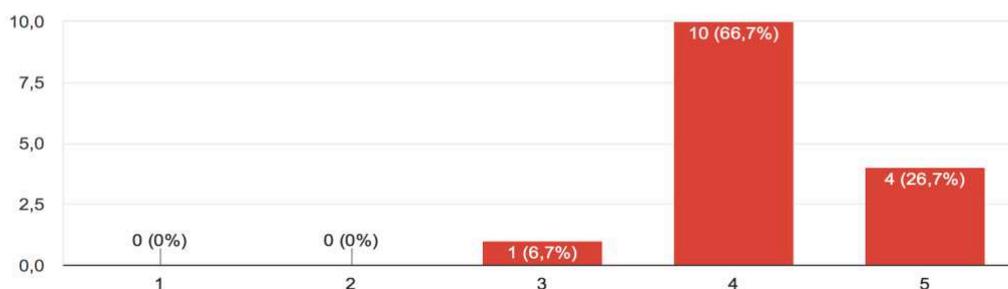
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o participante acreditava que, com o uso da RA, conseguiria ficar mais atento, a grande maioria dos respondentes, 14 dos 15 respondentes, marcou as opções "Concordo totalmente" ou "Concordo" (93,4% marcaram a opção 4 ou a opção 5), conforme gráfico 19.

Gráfico 19 - Uso da RA X Atenção durante a atividade.

**Você acredita que fazendo a inserção de Realidade Aumentada (RA) na atividade conseguiria ficar mais atento?**

15 respostas



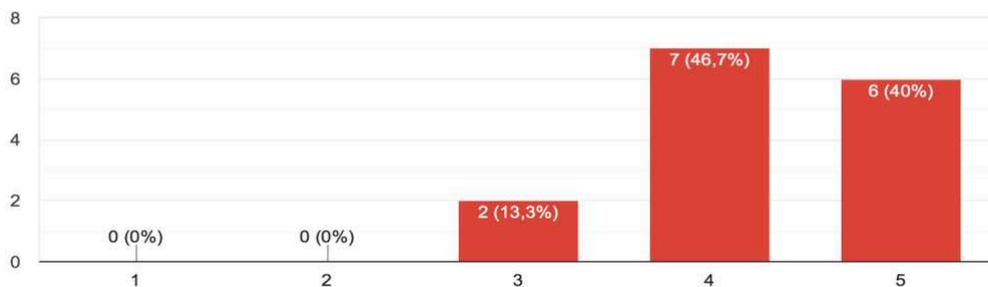
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o participante acredita que o uso da RA poderia ter ajudado a melhorar o aprendizado caso fosse utilizada na atividade, a grande maioria dos respondentes, 13 dos 15 respondentes, marcou as opções "Concordo totalmente" ou "Concordo" (86,7% marcaram a opção 4 ou a opção 5), conforme gráfico 20.

Gráfico 20 - Uso da RA - Melhor aprendizagem.

**Você acredita que a Realidade Aumentada pode ajudar a melhorar o aprendizado caso fosse utilizada na atividade?**

15 respostas



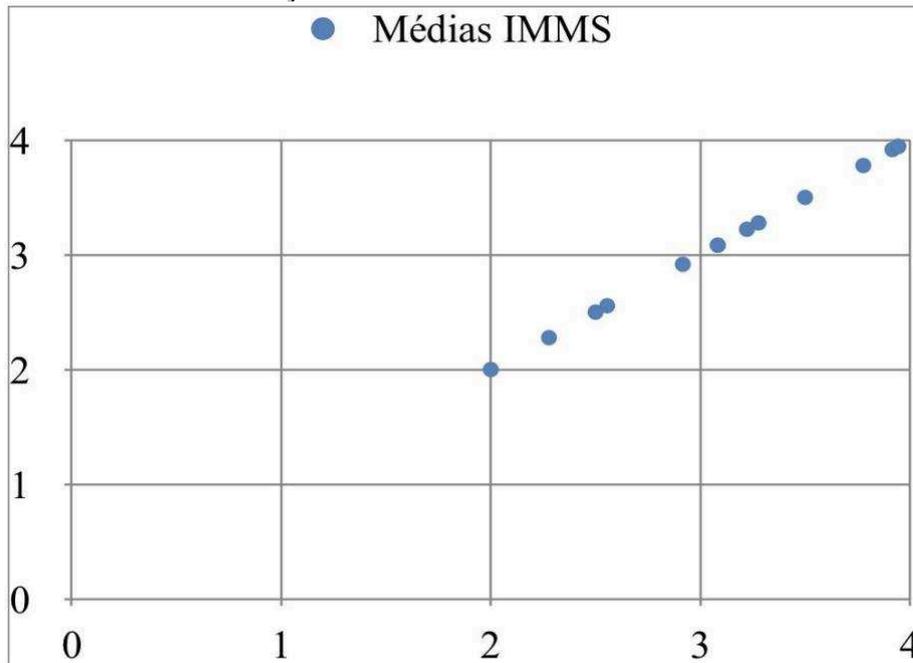
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No geral, os dados sugerem que a concentração e atenção de grande parte dos participantes deste cenário de ensino-aprendizagem, durante as atividades, se mantiveram em níveis insatisfatórios, pois só 33,3% assinalaram as opções 4 ou 5 no item que perguntava se haviam conseguido manter a concentração durante a atividade, enquanto que, no item que perguntava se conseguiram permanecer atentos durante a atividade, só 26,7% assinalaram as opções 4 ou 5.

### 5.1.4 IMMS

Não foram verificados *outliers* entre a distribuição das médias IMMS dos 15 participantes do estudo de caso no cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital conforme gráfico 21.

Gráfico 21 - Distribuição das médias IMMS.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Observação: as médias IMMS de 3 participantes coincidiram com o valor de 3,08 e as médias de 2 participantes coincidiram com o valor de 3,94.

A média IMMS geral e o desvio-padrão do grupo de participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital e nas categorias atenção, relevância, confiança e satisfação estão relacionadas na tabela 1.

Tabela 1 – Médias simples e desvios-padrão do grupo controle

	<b>Média Simples</b>	<b>Desvio-padrão</b>
<b>Geral</b>	<b>3,13</b>	<b>0,59</b>
<b>Atenção</b>	3,03	0,69
<b>Relevância</b>	3,19	0,60
<b>Confiança</b>	3,32	0,62
<b>Satisfação</b>	2,97	0,84

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O desvio-padrão de 0,84 na categoria Satisfação indica que houve maior dispersão entre as médias dos participantes em torno da média amostral nessa categoria em relação às demais categorias do modelo ARCS.

## 5.2 QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS GRUPO DO CENÁRIO DE ENSINO-APRENDIZAGEM BASEADO NO LIVRO AUMENTADO

As subseções a seguir destinam-se a apresentar os resultados obtidos no estudo com o grupo do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado.

### 5.2.1 Conhecimento sobre Realidade Aumentada

Dos 16 alunos participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado, todos afirmaram conhecer a tecnologia de RA. Doze participantes afirmaram nunca terem tido experiências com RA em contextos educativos, enquanto quatro participantes afirmaram terem tido experiências com RA em contextos educativos (transcritas no quadro 6).

Quadro 6 - Experiências dos participantes com RA em contextos educativos.

<i>"Participação de projeto de pesquisa na área"</i>
<i>"Jogo utilizando realidade aumentada programado em Scratch, feito para a disciplina de Introdução a engenharia de computação"</i>
<i>"zappar"</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

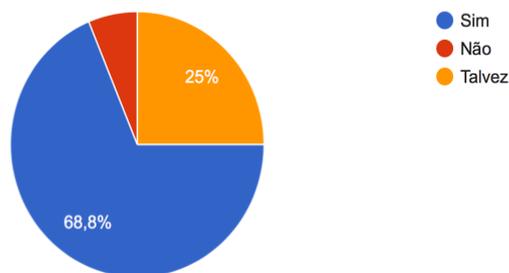
### 5.2.2 Impacto da Realidade Aumentada no ensino-aprendizagem

No item que perguntava se o uso regular da RA em uma disciplina pode melhorar o processo de ensino-aprendizagem, a maioria, 11 dos 16 respondentes, afirmou "sim", enquanto outros 4 respondentes afirmaram "talvez" e 1 respondente afirmou "não", conforme gráfico 22.

Gráfico 22 - Uso regular da RA X Melhora no processo de ensino-aprendizagem.

Acredita que o uso regular da Realidade Aumentada em uma disciplina pode melhorar o processo de ensino-aprendizagem?

16 respostas



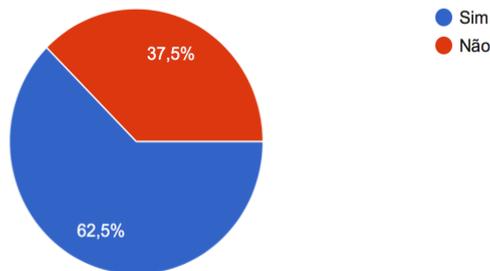
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se os participantes gostariam que a RA fosse utilizada nas aulas para aprender alguma matéria, a maioria, 10 dos 16 respondentes, afirmou "sim", enquanto os outros 6 afirmaram "não", conforme gráfico 23.

Gráfico 23 - Uso da RA para aprendizagem de alguma matéria.

Gostaria que a Realidade Aumentada fosse utilizada nas aulas para aprender alguma matéria?

16 respostas



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Foram obtidas 10 respostas (algumas semelhantes) contendo sugestões de disciplinas que poderiam utilizar RA (transcritas no quadro 7).

Quadro 7 - Sugestões de disciplinas para o uso de RA no ensino-aprendizagem.

<i>"Basicamente qualquer disciplina que apresenta modelos complexos e/ou abstratos"</i>
<i>"Disciplinas de cálculo e física, podendo usar da projeção para melhor observar e entender formas geométricas e gráficos em 3 dimensões"</i>
<i>"Arquitetura de computador, eletrônica"</i>
<i>"Cálculo"</i>
<i>"IA, Redes, Informática na Educação"</i>
<i>"Estrutura de computadores, Redes de computadores."</i>
<i>"História, Geografia, Biologia"</i>
<i>"IA, Sistemas multimídias"</i>
<i>"Arquitetura de computadores"</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

### 5.2.3 A eficácia do ensino-aprendizagem no estudo de caso

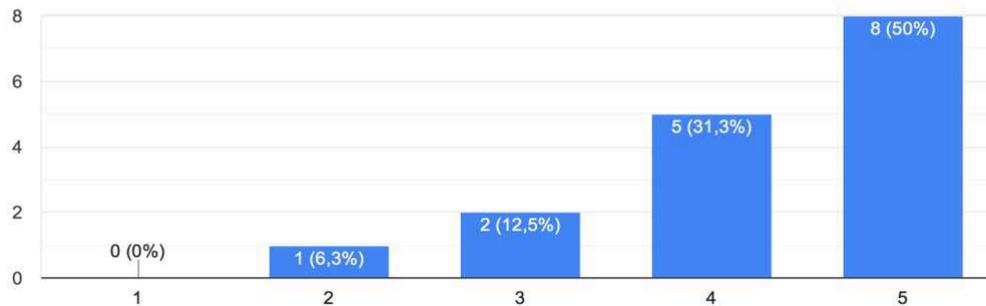
Os itens do questionário aplicado no estudo de caso, transcritos na sequência, que avaliavam a eficácia do processo de ensino-aprendizagem no estudo de caso possuem opção de resposta em uma escala Likert (de 1 a 5) em que 1 corresponde a opção “Discordo totalmente”, 2 corresponde a opção “Discordo”, 3 corresponde a opção “Não concordo nem discordo”, 4 corresponde a opção “Concordo” e 5 corresponde a opção “Concordo totalmente”.

Conforme gráfico 24, a maioria dos respondentes, 13 dos 16 participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado, gostou da inserção da RA na atividade, pois 81,3% assinalaram a opção “Concordo” ou a opção “Concordo totalmente” no item que perguntava se o participante havia gostado da inserção da RA na atividade.

Gráfico 24 - Gosto pela inserção da RA na atividade.

Você gostou da inserção da Realidade Aumentada nesta atividade?

16 respostas



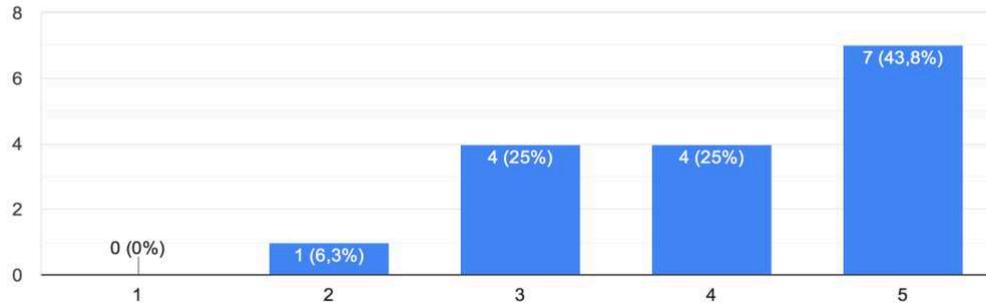
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Conforme gráfico 25, a maioria dos respondentes, 11 dos 16 participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado, conseguiu manter a **concentração** em níveis satisfatórios durante a atividade (68,8% assinalaram a opção “Concordo” ou a opção “Concordo totalmente”), entendida como a capacidade de **manter o foco** naquilo que está sendo realizado.

Gráfico 25 - Concentração durante a atividade.

Você conseguiu manter a concentração durante a atividade?

16 respostas



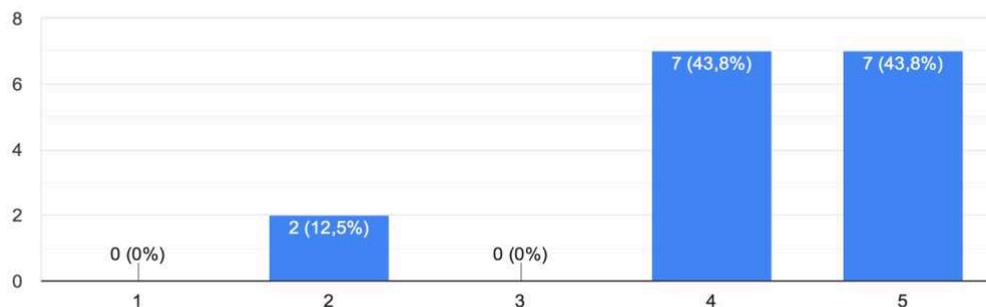
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Conforme gráfico 26, a maioria dos respondentes, 14 dos 16 participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado, conseguiu manter a **atenção** em níveis satisfatórios durante a atividade (87,6% assinalaram a opção “Concordo” ou a opção “Concordo totalmente”), entendida como a capacidade de se **ater aos detalhes** daquilo que está sendo realizado.

Gráfico 26 - Atenção durante a atividade.

Você conseguiu permanecer atento durante atividade?

16 respostas



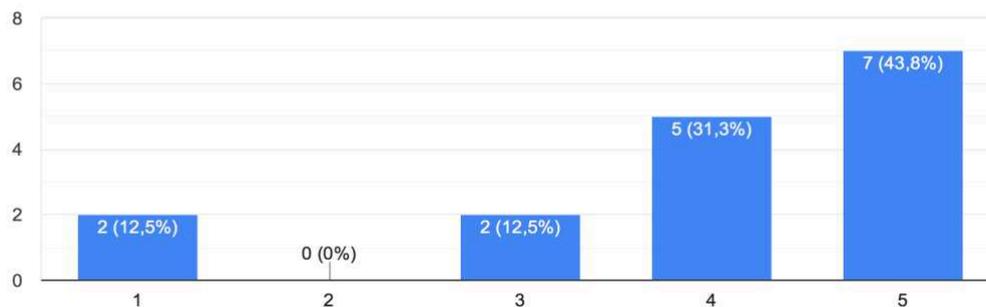
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se a inserção da RA motivou o participante a aprender, a maioria dos respondentes, 12 dos 16 respondentes, marcou as opções "Concordo totalmente" ou "Concordo" (75,1% marcaram a opção 4 ou a opção 5), conforme gráfico 27.

Gráfico 27 - Uso da RA X Motivação para aprender.

**A inserção da Realidade Aumentada o motivou a aprender?**

16 respostas



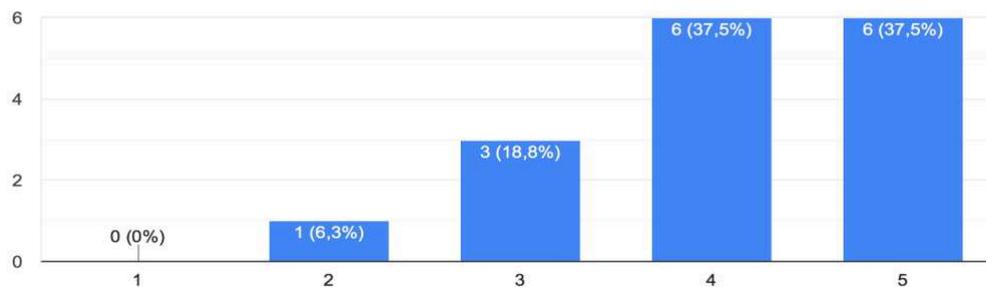
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se a inserção da RA fez com que o participante aumentasse sua atenção, a maioria, 12 dos 16 respondentes, marcou as opções "Concordo totalmente" ou "Concordo" (75,1% marcaram a opção 4 ou a opção 5), conforme gráfico 28.

Gráfico 28 - Uso da RA X Atenção durante a atividade.

**A inserção da Realidade Aumentada fez com que você aumentasse sua atenção durante a atividade?**

16 respostas



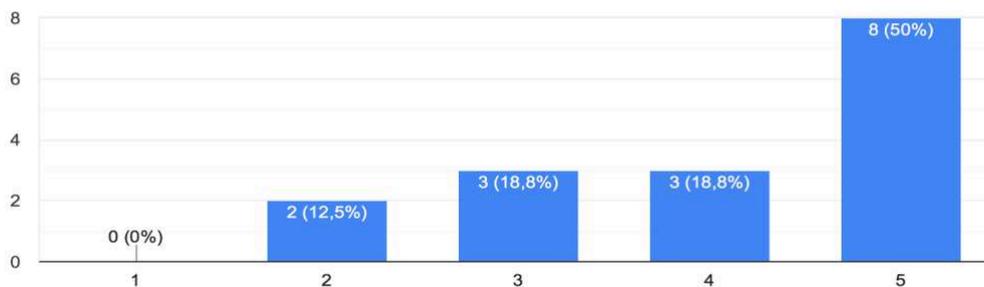
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o participante considerava adequada a inserção da RA na atividade em relação ao objetivo pedagógico proposto (aprender um pouco sobre história da computação), a maioria, 9 dos 16 respondentes, marcou as opções "Concordo totalmente" ou "Concordo" (68,8% marcaram a opção 4 ou a opção 5), conforme gráfico 29.

Gráfico 29 - Uso da RA X Objetivo pedagógico proposto.

Considera adequada a inserção de Realidade Aumentada na atividade em relação ao objetivo pedagógico prop...pouco sobre história da computação)?

16 respostas



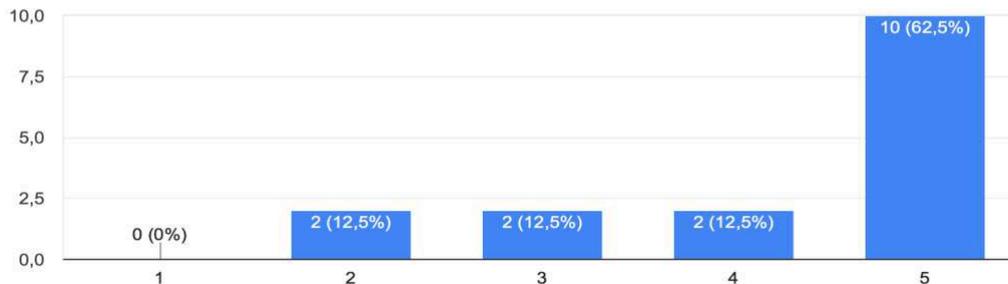
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se o fato de a informação ser visualizada em uma placa 3D e ouvida com áudio faz com que fique mais atrativa, a maioria, 12 dos 16 respondentes, marcou as opções "Concordo totalmente" ou "Concordo" (75% marcaram a opção 4 ou a opção 5), conforme gráfico 30.

Gráfico 30 - Visualização em 3D e uso de áudio X Atratividade da informação.

O fato de a informação ser visualizada em uma placa 3D e ouvida com áudio faz com que fique mais atrativa?

16 respostas



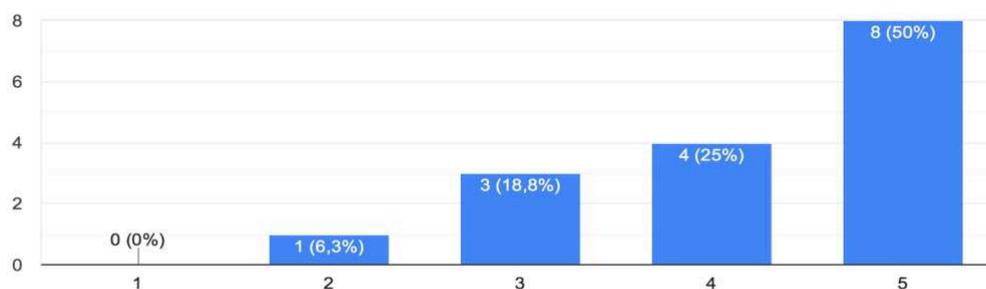
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

No item que perguntava se perceber a informação mediada pela RA fica mais interessante do que visualizá-la apenas no formato impresso ou digital, a maioria, 12 dos 16 respondentes, marcou as opções "Concordo totalmente" ou "Concordo" (75% marcaram a opção 4 ou a opção 5), conforme o gráfico 31.

Gráfico 31 - Conteúdo mediado pela RA X Conteúdo apenas em formato impresso ou digital.

Você acredita que perceber a informação mediada pela Realidade Aumentada fica mais interessante do que apenas no formato impresso ou digital?

16 respostas



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

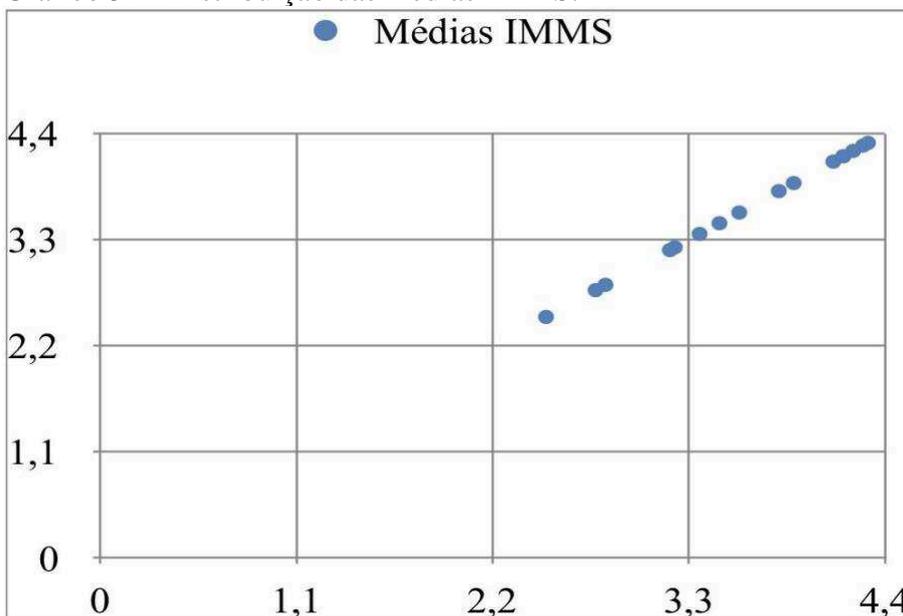
No geral, grande parte dos participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentando gostou da inserção da RA na atividade, conseguiu manter a atenção e concentração em níveis satisfatórios e acredita que a RA motivou a aprender. Ressalte-se que

12 dos 16 participantes assinalaram as opções 4 ou 5 no item que perguntava se a RA fez com se aumentasse a atenção durante a atividade.

#### 5.2.4 IMMS

Não foram verificados *outliers* entre as médias IMMS dos 16 participantes do estudo de caso no cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado. A distribuição das médias pode ser verificada no gráfico 32.

Gráfico 32 - Distribuição das médias IMMS.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Observação: as médias IMMS de 2 participantes coincidiram com o valor de 4,16.

A média IMMS geral e o desvio-padrão do grupo de participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado e nas categorias atenção, relevância, confiança e satisfação estão relacionados na tabela 2.

Tabela 2 – Médias simples e desvios-padrão do grupo experimental

	Média Simples.	Desvio-padrão
Geral	3,61	0,57
Atenção	3,69	0,80
Relevância	3,54	0,63
Confiança	3,61	0,41
Satisfação	3,57	1,00

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O desvio-padrão de 1,00 na categoria Satisfação indica que houve uma *maior* dispersão entre as médias dos participantes em torno da média amostral nessa categoria em relação às demais categorias do modelo ARCS, enquanto o desvio-padrão de 0,41 na categoria confiança indica que houve uma *menor* dispersão entre as médias dos participantes em torno da média amostral nessa categoria em relação às demais categorias do modelo ARCS.

### 5.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS DOIS CENÁRIOS ANALISADOS

Verificou-se que os níveis de atenção e concentração no cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado foram bastante satisfatórios quando comparados com os níveis de atenção e concentração do cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital. Enquanto neste cenário, 66,7% assinalaram as opções 2 ou 3 no item sobre a concentração durante a atividade, 68,8% assinalaram as opções 4 ou 5 naquele outro cenário. No cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital, 73,4% assinalaram as opções 2 ou 3 no item sobre a atenção durante a atividade, enquanto 87,6% assinalaram as opções 4 ou 5 no cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado.

Grande parte dos participantes do cenário baseado no uso do livro aumentado gostou da inserção da RA, pois 81,3% assinalaram a opção 4 ou opção 5. Cerca de 75% dos participantes deste cenário acreditam que a inserção da RA motivou a aprender.

Em relação às médias IMMS dos participantes dos dois grupos analisados, foi verificado se o conjunto de dados das médias de cada grupo correspondia a um conjunto de dados com distribuição normal por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Ambos os conjuntos de dados de cada grupo em estudo possuem distribuição normal. O *p-value* bilateral do teste t de Student calculado é de 0,03, valor menor do que o coeficiente de confiabilidade de 0,05. Conclui-se, então, que a diferença de motivação entre os dois cenários é significativa.

A diferença significativa entre médias IMMS Geral entre os dois cenários demonstra que houve uma maior motivação entre os participantes do cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado quando comparado com o cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital. As diferenças entre os dois cenários, quando se analisam as médias por categorias do modelo ARCS, se dão principalmente nas categorias atenção e satisfação entre os dois grupos. Enquanto, a média IMMS Atenção é de 3,03 no cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital, a média IMMS Atenção é de 3,69 no cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado. Enquanto, a média IMMS Satisfação é 2,97 de no cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital, a média IMMS Satisfação é de 3,57 no cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve uma diferença significativa, em termos motivacionais, entre os dois cenários de ensino-aprendizagem analisados, com vantagem para o cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro aumentado. O *p-value* de 0,03, menor que o coeficiente de confiabilidade, confirma a hipótese alternativa. Enquanto, a média IMMS geral do grupo controle foi de 3,13, a média IMMS geral do grupo experimental foi de 3,61. No presente estudo, a inserção da RA demonstrou ser eficaz quanto à capacidade de melhorar o apelo motivacional do material instrucional, especialmente nas categorias **atenção** e **satisfação** do modelo ARCS. Foram utilizados métodos estatísticos apropriados para analisar os resultados. Ambos os cenários seguiram a mesma estrutura pedagógica e os alunos receberam conteúdos semelhantes de aprendizagem, porém em formatos de mídias diferentes.

Foram verificados, junto ao estudo de caso realizado, uma maior motivação e um maior engajamento dos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem no cenário baseado no uso do livro aumentado. De fato, dados quantitativos e qualitativos mostraram que as características especiais da tecnologia de Realidade Aumentada tiveram, no presente estudo, um impacto positivo na motivação dos alunos. Uma visível diferença nos fatores de atenção e satisfação, quantificados pelo IMMS nos dois casos, mostra que o cenário de ensino-aprendizagem com base no uso da tecnologia de realidade aumentada obteve um melhor desempenho, em termos motivacionais, em comparação com o cenário de ensino-aprendizagem baseado no uso do livro em formato digital.

Entre as disciplinas que poderiam se beneficiar do uso da RA, há uma variedade de citações, como cálculo, programação, arquitetura de computadores e outras disciplinas sobre *hardware*, disciplinas em que se desenvolvam atividades de laboratório, como física e química.

Elaborar uma atividade mediada por meio de uma tecnologia ainda pouco usual, mas com elevado potencial enquanto ferramenta de mediação, requer capacitação para saber usá-la, paciência, tempo e pesquisa para desenvolver o *design* instrucional mais adequado ao objetivo pedagógico proposto. Embora, às vezes, não seja uma tarefa fácil, faz-se necessário o uso das novas tecnologias em sala de aula diante da nova realidade. Seu uso traz resultados geralmente proveitosos e satisfatórios para o processo de ensino-aprendizagem.

## 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos objetivos da pesquisa e nos resultados obtidos, relacionam-se algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Desenvolvimento de aplicações com RA com o uso de modelos de objetos 3D animados;
- Pesquisas acerca de aspectos motivacionais de **livros** aumentados classificados no conceito **realidade mista**;
- Desenvolvimentos de aplicações com o uso de RA nas áreas das disciplinas de cálculo, circuitos elétricos, disciplinas introdutórias como introdução à computação ou organização e arquitetura de computadores, ou outras disciplinas que tenham situações de experimentação e simulação que possam se beneficiar do uso da RA etc.;
- Desenvolver uma atividade remota colaborativa com uso da RA, possibilitando atividades colaborativas entre estudantes e/ou professores;
- Pesquisas acerca da adequação entre *design* instrucional e Realidade Aumentada e seus impactos no processo de ensino-aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- AZUMA, R.T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, 1997, v. 6, n. 4, pp. 355 - 385. Disponível em: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>. Acesso em: 4 Abr. 2018.
- BILLINGHURST, M.; KATO, H., and POUPLYREV, I. The MagicBook - moving seamlessly between reality and virtuality. **IEEE Computer Graphics and Applications**. vol. 21, n. 3, 2001. pp. 6-8.
- BILLINGHURST, M. and DÜNSER, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7):56–63.
- BRAGA, Marta Cristina Goulart. **Diretrizes para o design de mídias em realidade aumentada**: situar a aprendizagem colaborativa online. 2012. 243 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- DÜNSER, A. and HORNECKER, E. Lessons from an AR book study. **Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction**. New York: ACM Press, 2007, pp. 179-182.
- FEINER BLAIR MACINTYRE, D. S. S. *Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance*. Disponível em: <http://graphics.cs.columbia.edu/projects-/karma/karma.html>. Acesso em: 16 maio 2019.
- GARCÍA, I. et al. (2010). **Relatório Horizon: Edição Ibero-americana 2010**. Austin, Texas: New Media Consortium e Universitat Oberta de Catalunya. Disponível em: <https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2010-edicion-iberoamericana/>. Acesso: 17 jun. 2018.
- GERHARDT, T.; SILVEIRA, D. **Métodos de Pesquisa**. [S.l.]: Plageder, 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GUTIERREZ, J. M. et al., Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. **Computers & Graphics**, v. 34, n. 1, 2010, pp. 77-91.
- JOHNSON, L. et al. **NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition**. Austin, Texas: The New Media Consortium. Disponível em: <http://cdn.nmc.org/media/2016-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>. Acesso em 22 jun. 2018.
- KATO, H. et al. (2014). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1):38–56.

KELLER, John M. (1987). Development and use of the ARCS model of motivational design. *Journal of Instructional Development*, 10 (3), 2-10.

KELLER, John M. (1999). Motivation in cyber learning environments. *Educational Technology International*, 1 (1), 7 – 30.

KELLER, John M. **Motivational Design for Learning and Performance**. [s.l.]: Springer, 2010. 365 p.

LIKERT, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140):1–55.

LOPES, Luana Monique Delgado. **Realidade Aumentada como inovação das práticas de leitura**. 2019. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2019.

LOPES, Luana Monique Delgado et al. INOVAÇÕES EDUCACIONAIS COM O USO DA REALIDADE AUMENTADA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. **Educação em Revista**, [s.l.], v. 35, p.1-33, 14 mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-4698197403>.

MORAN, José Manuel. ENSINO E APRENDIZAGEM INOVADORES COM TECNOLOGIAS. **Informática na Educação: teoria & prática**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.137-144, 31 maio 2000. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1982-1654.6474>.

MORAN, José Manuel. Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 4, n. 12, p.13-21, ago. 2004.

OKAWA, E.; KIRNER, C.; KIRNER, T.G. ARTool-Book: Ferramenta para Geração de Livros Interativos com Realidade Aumentada. In: VIII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2011, Uberaba - MG. **Anais do VIII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2011. v. 1. p. 1-6.

OKAWA, E.; KIRNER, C.; KIRNER, T.G. Sistema solar com realidade aumentada. In: **Anais do VII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada - WRVA 2010**. Porto Alegre: SBC, 2010, pp. 72-76.

OLIVEIRA, M. D. **Como fazer pesquisa qualitativa**. [S.l.]: Vozes, 2007.

PALFREY, John; GASSER, Urs. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração de nativos digitais**. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 279.

PRENSKY, Marc. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: SENAC São Paulo, 2012.

REIS, F. M. V., e KIRNER, T. G. Desenvolvimento de um Livro com Realidade Aumentada para o Ensino de Geometria. In: **Anais do VIII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2011, PP. 1-6.

RIBEIRO, Marcos Wagner S., e ZORZAL, Roberto Ezequiel (organizadores). SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA, 13., 2011, Uberlândia. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. Uberlândia: Sbc, 2011. 151 p. Disponível em: [http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011\\_svrps.pdf](http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf). Acesso em: 12 jun. 2018.

ROSENBERG, Louis. (1992). The Use of Virtual Fixtures as Perceptual Overlays to Enhance Operator Performance in Remote Environments. 52.

SANTIN, Rafael. **Sistema de Autoria em ambiente colaborativo com Realidade Aumentada**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências da Computação, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2008.

SERIO, Ángela di; IBÁÑEZ, María Blanca; KLOOS, Carlos Delgado. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. **Computers & Education**, [s.l.], v. 68, p.586-596, out. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>.

SHAPIRO, S. S., & WILK, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611.

SOUZA, R. C., e KIRNER, C. Livro Interativo de Xadrez Potencializado com Realidade Aumentada. In: **Anais do VII Workshop de Realidade Virtual e Aumentada - WRVA 2010**. Porto Alegre: SBC, 2010, pp. 1-6.

TORI, Romero. A presença das tecnologias interativas na educação. **Revista de Computação e Tecnologia da PUC-SP**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.4-16, out. 2010. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/ReCET/article/viewFile/3850/2514>. Acesso em: 02 jun. 2018.

TORI, Romero. **Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem**. São Paulo: Senac São Paulo, 2010.

UCELLI, G.; CONTI, G., and AMICIS, R. de. The Book of Colours: an Augmented Reality-based Learning Tool for Children. **Proceedings of the CAL'05 Virtual Learning**, Bristol UK, 2005.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. **História da computação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. p. 245.

## APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Impacto do uso de um livro aumentado nas atividades de ensino-aprendizagem em sala de aula”. Esta pesquisa está associada ao projeto de pesquisa de Denis Takao Tominaga, graduando em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá e tem como objetivo avaliar se o uso da realidade aumentada (RA) aplicada a um livro físico contribui, em termos motivacionais, para melhorar o aprendizado em sala de aula, comparado a um cenário de ensino-aprendizagem em que se faz uso somente de um livro em formato digital. Para tanto, os grupos nos dois cenários serão formados com participantes distintos.

Esta pesquisa visa a contribuir no estudo da integração das novas tecnologias da informação e comunicação aos materiais tradicionais de ensino no âmbito educacional (no caso o livro físico).

Sua participação neste estudo se dá através do preenchimento de um questionário eletrônico, contendo perguntas relacionadas às suas impressões da experiência no estudo de caso, incluindo questionário IMMS (*Instructional Materials Motivation Survey*), de Keller (1993), questionário de perfil do participante e questionário formulado pelo pesquisador. Lembramos que você participa de forma voluntária e, portanto, pode desistir de participar do estudo a qualquer momento.

Sua identidade será mantida em sigilo, bem como toda e qualquer informação que permita identificá-lo.

Ao responder esta pesquisa, você contribuirá para um melhor entendimento da inserção da Realidade Aumentada integrada aos materiais didáticos tradicionais e contribuirá para o desenvolvimento do conhecimento científico neste campo do conhecimento.

Caso surja alguma dúvida durante o preenchimento do questionário, você poderá contatar o pesquisador através do e-mail [denis.takao@grad.ufsc.br](mailto:denis.takao@grad.ufsc.br) ou do telefone (48) 3903-1008.

Você também poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSC pelo telefone (48) 3721- 6094, pelo e-mail: [cep.propesq@contato.ufsc.br](mailto:cep.propesq@contato.ufsc.br) ou pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, sala 401, Florianópolis/SC.

Eu concordo em participar da pesquisa. (Obrigatório)

Sim

Não

**DADOS DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL PELO PROJETO DE PESQUISA:**

Nome completo: Denis Takao Tominaga

E-mail: [denis.takao@grad.ufsc.br](mailto:denis.takao@grad.ufsc.br)

Telefone: (48) 3903-1008

DADOS DA ORIENTADORA RESPONSÁVEL PELO PROJETO DE PESQUISA:

Nome completo: Eliane Pozzebon, Dra.

E-mail: [eliane.pozzebon@ufsc.br](mailto:eliane.pozzebon@ufsc.br)

## **APÊNDICE B – Questionário de pesquisa do grupo "Cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro em formato digital"**

### **Perfil dos participantes**

1. Qual é o seu sexo?
  - a. Feminino
  - b. Masculino
2. Qual é a sua idade?
3. No seu dia a dia, qual é o uso principal que você faz das Tecnologias da Informação e Comunicação?
  - a. Comunicar-se com outras pessoas
  - b. Jogos
  - c. Necessidade de aprender mais
  - d. Trabalho requer o uso de tecnologia

### **Opinião sobre o uso de tecnologia educacional em sala de aula**

1. Julga importante o uso das tecnologias da informação em sala de aula?
  - a. Sim
  - b. Não
2. Gosta que professores utilizem tecnologias em sala de aula?
  - a. Sim
  - b. Não
  - c. Indiferente
3. Julga que a utilização de novas tecnologias em sala de aula aumenta o seu interesse pelo conteúdo ministrado?
  - a. Sim
  - b. Não
  - c. Em parte
4. Cite um uso de tecnologia utilizada em sala de aula que lhe despertou interesse em aprender?  
 Tutor inteligente/ Projeção de filme/ Jogo no computador/ Pesquisar informação online/ Projetor multimídia/ Plataformas gratuitas Robótica Outro: qual
5. Julga que o uso de tecnologia em sala de aula faz com você aprenda melhor?
  - a. Sim
  - b. Não
  - c. Em parte
6. Se respondeu “sim” ou “em parte” na questão anterior, por qual razão principal você atribuiu o fato de a tecnologia melhorar o aprendizado? Fico mais motivado/ fico mais atento/ facilita o aprendizado

### **Conhecimento sobre RA**

1. Você já conhecia a tecnologia Realidade Aumentada?
  - a. Sim
  - b. Não
2. Já teve alguma experiência anterior com Realidade Aumentada em contextos educativos?
  - a. Sim: Qual?
  - b. Não
3. O que você entende por RA?

### **Impacto da RA no ensino-aprendizagem**

1. Acredita que o uso regular da RA em uma disciplina pode melhorar o processo de ensino-aprendizagem?
  - a. Sim
  - b. Não
  - c. Talvez
2. Gostaria que a Realidade Aumentada fosse utilizada nas aulas para aprender alguma matéria?
  - a. Sim
  - b. Não
3. Se respondeu “sim” na questão anterior, qual(is) disciplina(s) você acredita que poderia(m) se beneficiar do uso da Realidade Aumentada?

### **A eficácia no estudo em caso**

Escala Likert:

- 1 = discordo totalmente
- 2 = discordo
- 3 = não concordo nem discordo
- 4 = concordo
- 5 = concordo totalmente

1. Você conseguiu manter a concentração durante a atividade?
2. Você conseguiu permanecer atento durante atividade?
3. Você acredita que fazendo uso de áudio para auxiliar a leitura conseguiria ficar mais atento durante a atividade?
4. Você acredita que fazendo a inserção de Realidade Aumentada (RA) na atividade conseguiria ficar mais atento?
5. Você acredita que a Realidade Aumentada pode ajudar a melhorar o aprendizado caso fosse utilizada na atividade?

## **APÊNDICE C – Questionário de pesquisa do grupo "Cenário de ensino-aprendizagem baseado no livro aumentado"**

### **Perfil dos participantes**

1. Qual é o seu sexo?
  - a. Feminino
  - b. Masculino
2. Qual é a sua idade?
3. No seu dia a dia, qual é o uso principal que você faz das Tecnologias da Informação e Comunicação?
  - a. Comunicar-se com outras pessoas
  - b. Jogos
  - c. Necessidade de aprender mais
  - d. Trabalho requer o uso de tecnologia

### **Opinião sobre o uso de tecnologia educacional em sala de aula**

1. Julga importante o uso das tecnologias da informação em sala de aula?
  - a. Sim
  - b. Não
2. Gosta que professores utilizem tecnologias em sala de aula?
  - a. Sim
  - b. Não
  - c. Indiferente
3. Julga que a utilização de novas tecnologias em sala de aula aumenta o seu interesse pelo conteúdo ministrado?
  - a. Sim
  - b. Não
  - c. Em parte
4. Marque uso(s) de tecnologia utilizada em sala de aula que lhe despertou interesse em aprender?
 

Tutor inteligente/ Projeção de filme/ Jogo no computador/ Pesquisar informação online/ Projetor multimídia/ Plataformas gratuitas/ Robótica Outro: qual
5. Julga que o uso de tecnologia em sala de aula faz com você aprenda melhor?
  - a. Sim
  - b. Não
  - c. Em parte
6. Se respondeu “sim” ou “em parte” na questão anterior, por qual razão principal você atribui o fato de a tecnologia melhorar o aprendizado?
  - a. Fico mais motivado
  - b. Fico mais atento
  - c. Facilita o aprendizado

### **Conhecimento sobre RA**

1. Você já conhecia a tecnologia Realidade Aumentada?
  - a. Sim
  - b. Não
2. Já teve alguma experiência anterior com Realidade Aumentada em contextos educativos?
  - a. Sim: Qual?
  - b. Não
3. O que você entende por RA?

### **Impacto da RA no ensino-aprendizagem**

4. Acredita que o uso regular da RA em uma disciplina pode melhorar o processo de ensino-aprendizagem?
  - d. Sim
  - e. Não
  - f. Talvez
5. Gostaria que a Realidade Aumentada fosse utilizada nas aulas para aprender alguma matéria?
  - c. Sim
  - d. Não
6. Se respondeu “sim” na questão anterior, qual(is) disciplina(s) você acredita que poderia(m) se beneficiar do uso da Realidade Aumentada?

### **A eficácia no estudo em caso**

Escala Likert:

- 1 = discordo totalmente
- 2 = discordo
- 3 = não concordo nem discordo
- 4 = concordo
- 5 = concordo totalmente

1. Você gostou da inserção da Realidade Aumentada nesta atividade?
2. Você conseguiu manter a concentração durante a atividade?
3. Você conseguiu permanecer atento durante atividade?
4. A inserção da Realidade Aumentada o motivou a aprender?
5. A inserção da Realidade Aumentada fez com que você aumentasse sua atenção durante a atividade?
6. Considera adequada a inserção de Realidade Aumentada na atividade em relação ao objetivo pedagógico proposto (aprender um pouco sobre história da computação)?
7. O fato de a informação ser visualizada em uma placa 3D e ouvida com áudio faz com que fique mais atrativa?
8. Você acredita que perceber a informação mediada pela Realidade Aumentada fica mais interessante do que visualizá-la apenas no formato impresso ou digital?

## ANEXO A – IMMS

Pesquisa de Motivação de Materiais Instrucionais (Keller, 1993, pp. 283–284, tradução nossa).

### Instruções

Existem 36 declarações neste questionário. Por favor, pense em cada declaração em relação aos materiais de instrução que você acabou de estudar e indique como isso é verdade. Dê a resposta que realmente se aplica a você, e não o que você gostaria de ser verdade, ou o que você acha que os outros querem ouvir.

Pense em cada declaração por si só e indique como isso é verdade. Não seja influenciado por suas respostas a outras declarações.

Registre suas respostas na folha de respostas que é fornecida e siga quaisquer instruções adicionais que possam ser fornecidas em relação à folha de respostas que está sendo usada com esta pesquisa. Obrigado.

Use os seguintes valores para indicar sua resposta para cada item.

1 (ou A) = não é verdade

2 (ou B) = ligeiramente verdadeiro

3 (ou C) = moderadamente verdadeiro

4 (ou D) = principalmente verdadeiro

5 (ou E) = muito verdadeiro

01C011 Quando olhei pela primeira vez para esta lição, tive a impressão de que seria fácil para mim.

02A01 Havia algo interessante no começo desta lição que chamou minha atenção.

03C02 Este material era mais difícil de entender do que eu gostaria que fosse. \*

04C03 Depois de ler as informações introdutórias, senti-me confiante de que sabia o que era deveria aprender com esta lição.

05S01 Completar os exercícios desta lição me deu um sentimento satisfatório de realização.

06R01 É claro para mim como o conteúdo deste material está relacionado a coisas que eu já conheço.

07C04 Muitas das páginas tinham tanta informação que era difícil escolher e lembrar os pontos importantes. \*

08A02 Estes materiais são atraentes.

09R02 Havia histórias, fotos ou exemplos que me mostraram como esse material poderia ser importante para algumas pessoas.

10R03 Completar esta lição com sucesso foi importante para mim.

11A03 A qualidade da escrita ajudou a prender minha atenção.

12A04 Essa lição é tão abstrata que foi difícil manter minha atenção nela. \*

13C05 Enquanto trabalhava nesta lição, estava confiante de que poderia aprender o conteúdo.

14S02 Gostei tanto desta lição que gostaria de saber mais sobre esse assunto.

15A05 As páginas desta lição parecem secas e desagradáveis. \*

16R04 O conteúdo deste material é relevante para os meus interesses.

17A06 A maneira como as informações são organizadas nas páginas ajudou a manter minha atenção.

18R05 Existem explicações ou exemplos de como as pessoas usam o conhecimento nesta lição.

- 19C06 Os exercícios desta lição foram muito difíceis. \*
- 20A07 Esta lição tem coisas que estimularam minha curiosidade.
- 21S03 Gostei muito de estudar esta lição.
- 22A08 A quantidade de repetição nesta lição me fez ficar entediado às vezes. \*
- 23R06 O conteúdo e o estilo de escrita desta lição transmitem a impressão de que vale a pena conhecer ser conteúdo.
- 24A09 Aprendi algumas coisas que foram surpreendentes ou inesperadas.
- 25C07 Depois de trabalhar nesta lição por um tempo, eu estava confiante de que eu seria capaz de passar por um teste relacionado a ela.
- 26R07 Esta lição não foi relevante para as minhas necessidades porque eu já sabia a maioria delas. \*
- 27S04 A redação do feedback após os exercícios, ou de outros comentários nesta lição, ajudou a me sentir recompensado pelo meu esforço.
- 28A10 A variedade de passagens, exercícios, ilustrações, etc., ajudou a manter minha atenção sobre a lição.
- 29A11 O estilo de escrita é chato. \*
- 30R08 Eu poderia relacionar o conteúdo desta lição com coisas que eu vi, fiz ou pensei sobre na minha própria vida.
- 31A12 Há tantas palavras em cada página que é irritante. \*
- 32S05 Foi bom concluir com êxito esta lição.
- 33R09 O conteúdo desta lição será útil para mim.
- 34C08 Eu não conseguia entender muito do material desta lição. \*
- 35C09 A boa organização do conteúdo me ajudou a ter certeza de que aprenderia isso material.
- 36S06 Foi um prazer trabalhar em uma aula tão bem projetada.
- \* Os itens com asterisco devem ser recodificados antes da análise dos dados (1 = 5, 2 = 4, 4 = 2 e 5 = 1).
- 02A01 é o segundo item da escala IMMS e o primeiro item da construção A, 03C02 é o terceiro item da escala IMMS e o segundo item da construção C, etc. Códigos foram adicionados para referência; no IMMS original, os itens são numerados de 1 a 36.