



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

FREDERICA DIAS MARTINS TEIXEIRA

**EXPERIÊNCIAS EDUCACIONAIS COM REALIDADE AUMENTADA: Aplicações
no Curso de Arquitetura e Urbanismo e na disciplina de Geometria Gráfica
Tridimensional durante o ensino remoto emergencial na UFPE
(2020.1 e 2021.1).**

RECIFE

2022

FREDERICA DIAS MARTINS TEIXEIRA

**EXPERIÊNCIAS EDUCACIONAIS COM REALIDADE AUMENTADA: Aplicações
no Curso de Arquitetura e Urbanismo e na disciplina de Geometria Gráfica
Tridimensional durante o ensino remoto emergencial na UFPE
(2020.1 e 2021.1).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Design. Área de concentração: Planejamento e Contextualização de Artefatos.

Orientador: Prof. Pedro Martins Aléssio, Dr.

RECIFE

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Mariana de Souza Alves – CRB-4/2105

T266e Teixeira, Frederica Dias Martins
Experiências educacionais com realidade aumentada: aplicações no Curso de Arquitetura e Urbanismo e na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional durante o ensino remoto emergencial na UFPE (2020.1 e 2021.1) / Frederica Dias Martins Teixeira – Recife, 2022.
175f.: il., fig., tab.

Sob orientação de Pedro Martins Aléssio.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 2022.

Inclui referências e apêndices.

1. Experiências Educacionais. 2. Realidade Aumentada. 3. Arquitetura e Urbanismo. 4. Geometria Gráfica Tridimensional. 5. Ensino Remoto. I. Aléssio, Pedro Martins (Orientação). II. Título.

745.2 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2023-206)

FREDERICA DIAS MARTINS TEIXEIRA

**“EXPERIÊNCIAS EDUCACIONAIS COM REALIDADE AUMENTADA:
APLICAÇÕES NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO E NA
DISCIPLINA DE GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL DURANTE O
ENSINO REMOTO EMERGENCIAL NA UFPE (2020.1 E 2021.1)”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Design.

Aprovada em: 26/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Martins Aléssio (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Ney de Brito Dantas (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Marcelo Xavier Natário Teixeira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Giordano Ribeiro Eulálio Cabral (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo o suporte, incentivo e paciência durante minha jornada do Mestrado. À minha irmã Sofia, por toda a troca como monitora de Geometria Gráfica Tridimensional, toda disponibilidade e apoio para que essa pesquisa acontecesse.

À Thaisa Jatobá, minha namorada que sempre esteve presente neste percurso acadêmico, por todo o carinho, incentivo, apoio e paciência. Obrigada por ouvir tanto sobre a minha pesquisa, por disponibilizar um smartphone para que eu fizesse inúmeros testes em RA e por me ajudar por vezes numa melhor escrita deste documento.

À Rubiana Cristovão, pelo incentivo e apoio. Que por ser uma amiga professora e pesquisadora, por vezes me deu dicas acadêmicas valiosas.

Ao meu orientador, Pedro Martins Aléssio, por tudo que aprendi durante a construção deste trabalho. Obrigada pelas sugestões, disponibilidade, paciência, por cada correção, por cada esclarecimento e pela confiança depositada em mim.

À banca examinadora, Giordano Ribeiro Eulalio Cabral, João Marcelo Xavier Natario Teixeira e Ney Brito Dantas por todas as críticas construtivas e sugestões para uma melhor apresentação deste estudo.

Aos professores Ney Dantas, Pascal Machado, Mirela Duarte, Mariana Gusmão e Alexandre Braz, por todo apoio e espaço disponibilizado nas disciplinas que possibilitaram que as experiências em Realidade Aumentada acontecessem.

Ao professor João Marcelo Teixeira, pelas orientações tecnológicas durante minha pesquisa, por ter contribuído na elaboração deste trabalho e na minha formação profissional.

Aos estudantes do CAU-UFPE e de GGT que participaram das experiências, apoiaram e fizeram a pesquisa acontecer.

Aos meus colegas e professores de mestrado que me incentivaram e que contribuíram de alguma forma à esta minha caminhada.

Aos secretários do PPG Design, Marcelo Arcoverde e Flávia Magalhães, por toda atenção e esclarecimentos.

À CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Esta Dissertação de Mestrado apresenta três experiências educacionais com o uso da tecnologia de Realidade Aumentada (RA). Duas experiências foram aplicadas em diferentes disciplinas do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo (CAU) e uma experiência foi aplicada na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional (GGT) para estudantes do curso ABI-Engenharias, ambos cursos da Universidade Federal de Pernambuco. Para tal, foram aplicadas diferentes metodologias, de acordo com a metodologia de cada disciplina, e diferentes *softwares* (*Augment* e *Unity + Vuforia*), de acordo com as possibilidades e necessidades das experiências. Neste contexto, esta pesquisa procurou fornecer aos estudantes novas ferramentas e experiências de aprendizado, com o objetivo de auxiliar na visualização espacial de modelos digitais, tanto arquitetônicos quanto dos representados nos principais sistemas de representação gráfica, em diferentes contextos e escalas. Com base nessas aplicações e na análise do cenário pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo e da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional, este estudo procura levantar oportunidades e dificuldades do uso da tecnologia e indicar diretrizes para possibilitar a inserção da Realidade Aumentada como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico e da disciplina de GGT. Por fim, cabe apontar que a pesquisa foi desenvolvida durante o ensino remoto emergencial durante a pandemia de COVID-19 no Brasil, havendo necessidade de adaptação da pesquisa para este cenário e fazendo uso de dispositivos tecnológicos pessoais dos estudantes.

Palavras-chaves: Experiências Educacionais; Realidade Aumentada; Arquitetura e Urbanismo; Geometria Gráfica Tridimensional; Ensino Remoto.

ABSTRACT

This Master's Thesis presents three educational experiences with the use of Augmented Reality (AR) technology. Two experiments were applied in different disciplines of the Undergraduate Course in Architecture and Urbanism (CAU) and one experiment was applied in the discipline of Three-Dimensional Graphic Geometry (GGT) for students of the ABI-Engineering course, both courses at the Federal University of Pernambuco. To this end, different methodologies were applied, according to the methodology of each discipline, and with the help of different software (*Augment* and *Unity + Vuforia*), according to the possibilities and needs of the experiments. In this context, this research sought to provide students with new tools and learning experiences, with the objective of assisting in the spatial visualization of digital models, both architectural and represented in the main graphic representation systems, in different contexts and scales. Based on these applications and on the analysis of the pedagogical scenario of the Architecture and Urbanism Course and of the Three-Dimensional Graphic Geometry discipline, this study seeks to identify opportunities and difficulties in the use of technology and indicate guidelines to enable the insertion of Augmented Reality as a technological resource in terms of architectural teaching-learning and the discipline of GGT. Finally, it should be noted that the research was developed during emergency remote teaching during the COVID-19 pandemic in Brazil, with the need to adapt the research to this scenario and making use of students' personal technological devices.

Key-words: Educational Experiences; Augmented Reality; Architecture and Urbanism; Three-dimensional Graphic Geometry; Remote Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 -	Simulação da proposta de resgate da Igreja dos Martírios no bairro de São José em Recife-PE, onde hoje existe a Avenida Dantas Barreto e o camelódromo.	15
Imagens 2 a 5 -	RA atrelada à plantas baixas; RA na visualização de instalações prediais; RA na visualização de móveis no ambiente (IKEA app); e RA no resgate de monumentos históricos.	16
Imagem 6 -	Representação simplificada do continuum Realidade-Virtualidade.	21
Imagens 7 e 8 -	Exemplos da sobreposição de elementos virtuais em elementos reais com uso da RA.	21
Imagens 9 a 14 -	Exemplos de aplicações da RA.	22
Imagem 15 -	Técnicas de rastreamento.	24
Imagens 16 a 19 -	Exemplos de marcadores e de detecção de texturas e arestas.	25
Imagens 20 a 23 -	RA com uso de marcador; com uso de texturas; com uso de arestas; e com uso de GPS.	26
Imagem 24 -	Classes de Display - Visualização.	27
Imagens 25 a 28 -	Head-attached display, hand-held display, Holograma óptico e tela de monitor.	28
Imagem 29 -	Técnicas de rastreamento.	29
Imagem 30 -	Classes de Display - Visualização.	29
Imagens 31 a 34 -	Registros do uso do AR Expeditions.	31
Imagem 35 -	Registros do Google AR Expeditions.	32
Imagens 36 e 37	Realidade Aumentada em livros.	34
Imagem 38 -	Contribuições para o campo por país e ano.	35
Imagem 39 -	Demonstração do AR Stagecraft.	37
Imagens 40 a 42 -	Demonstração do HoloAnatomy.	38
Imagens 43 a 46 -	Aplicativos e plataformas (Augment, Sketchfab, AR-media e Augin).	39
Imagem 47 -	Predominância dos temas foco dos artigos revisados.	41
Imagem 48 -	Casos de RA nos setores de arquitetura, engenharia e construção e seus níveis estimados de adoção.	42
Imagem 49 -	Ementa da disciplina Modelização do Espaço Urbano.	46
Imagens 50 a 53 -	RA aplicada à interiores; RA aplicada a instalações prediais; RA aplicada a resgate de artefatos arquitetônicos; RA aplicada à visualização projetual.	49
Imagens 54 a 57 -	Exemplos de marcador e das modelagens; e de estruturas projetadas e desenvolvidas fisicamente por alunos na disciplina anterior.	51
Imagens 58 e 59 -	Funcionamento da interface do software em RA; Apresentação dos trabalhos em RA.	52
Imagens 60 e 61-	Projeto Arquitetônico desenvolvido no AutoCAD; Modelagem da edificação desenvolvida no SketchUp.	53
Imagens 62 e 63 -	Marcador padrão e visualização da edificação em RA através do aplicativo Augin.	53
Imagens 64 e 65 -	Marcador e tela do aplicativo PolyedRA.	55
Imagens 66 a 69 -	Exemplos de possíveis aplicações de RA.	56
Imagens 70 e 71 -	Exemplos de aplicações de RA no local.	57

Imagem 72 -	Estrutura Pedagógica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE.	62
Imagem 73 -	Disciplinas de Informática Aplicada ao longo do CAU-UFPE.	64
Imagem 74 -	Disciplinas que mais reprovam na UFPE 2016-2020.	67
Imagens 75 a 77 -	GeoGebra e GeometriAR.	69
Imagem 78 -	Ordem de acontecimento das experiências com RA.	74
Imagens 79 a 91 -	Alguns resultados das atividades desenvolvidas pelos estudantes na primeira semana.	76
Imagens 92 a 95 -	Resultados das atividades desenvolvidas em grupo pelos estudantes na segunda semana.	77
Imagens 96 a 99 -	Aplicativo Augment.	78
Imagem 100 -	Fluxo das 3 semanas da disciplina.	79
Imagem 101 -	Proposta dos experimentos a serem aplicados na terceira semana da disciplina.	79
Imagem 102 -	Formatos de arquivos suportados pelo Augment.	80
Imagens 103 a 111 -	Respostas levantadas no questionário pré-experimentos de Oficina I.	81
Imagem 112 -	Canal no YouTube com tutoriais do Augment.	84
Imagem 113 -	Vídeo 1 compartilhado diretamente no Google Classroom da turma.	85
Imagem 114 -	Thumbnails dos vídeos 2 e 3, compartilhados através de links do YouTube.	86
Imagem 115 -	Registro do experimento 1 realizado pelo professor da disciplina.	87
Imagens 116 a 118 -	Resultados do formulário pós-experimento 1 de Oficina I.	88
Imagens 119 a 121 -	Alguns registros do experimento 1 realizado pelos estudantes de Oficina I.	90
Imagens 122 a 132 -	Alguns registros do experimento 2 realizado pelos estudantes de Oficina I.	91
Imagens 133 e 134 -	Modelo "flutuante" durante a experiência de um dos estudantes.	93
Imagens 135 a 141 -	Respostas do formulário pós-experimentos.	94
Imagem 142 -	Frame do vídeo tutorial criado pela autora e compartilhado com os estudantes.	103
Imagens 143 a 146 -	Obras do arquiteto Oscar Niemeyer no Parque Ibirapuera.	104
Imagem 147 -	Ilustração da relação das plataformas na experiência.	107
Imagens 148 a 150 -	Reconhecimento da superfície; sobreposição do objeto digital ao objeto real no app Augment.	108
Imagens 151 a 153 -	Maquete; Projeto no Unity; Resultado do experimento a ser aplicado na disciplina de Maquete.	109
Imagem 154 -	Programa da disciplina de Maquete II.	109
Imagem 155 -	Organização da primeira semana da disciplina de Maquete II.	110
Imagem 156 -	Organização da segunda semana da disciplina de Maquete II.	111
Imagem 157 -	Thumbnail do vídeo compartilhado através de link do YouTube.	113
Imagem 158 -	Resultado do experimento realizado pelo estudante.	115
Imagem 159 -	Site do LABGRAF > disciplinas > GGT.	119
Imagem 160 -	Site da disciplina de GGT > Realidade Aumentada.	120
Imagem 161 -	Site de Realidade Aumentada da disciplina de GGT > link para download do app.	120
Imagens 162 e 163 -	Tela inicial do app; tela com informações sobre o app.	121
Imagens 164 e 165 -	Escolha de uma das representações; tutorial de como utilizar o app.	122

Imagem 166 -	Arquivos PDF dos marcadores referentes a cada tipo de representação.	123
Imagem 167 -	Arquivo .PDF aberto na tela do computador.	124
Imagem 168 -	Aplicativo aberto no smartphone com a câmera apontada para o marcador aberto na tela do computador.	124
Imagens 169 e 170 -	Ortoedro Auxiliar desativado e ativado.	125
Imagem 171 -	Tutorial em vídeo desenvolvido pela mestrande.	125
Imagens 172 a 174 -	Exemplo de marcador criado pela autora (Cavaleira, Isometria e Mongeano).	126
Imagem 175 -	Rastreamento dos pontos da imagem e verificação da qualidade para reconhecimento em RA no site Vuforia.	127
Imagens 176 a 179 -	Rastreamento dos pontos da imagem e verificação da qualidade para reconhecimento em RA no site Vuforia.	127
Imagens 180 a 183 -	Exemplo de peças do LABGRAF com texturas desenvolvidas pela autora.	128
Imagem 184 -	Associação das peças digitais com seus marcadores (Image Target) no Unity.	129
Imagens 185 a 187 -	Evolução da tela inicial do aplicativo das primeira, segunda e terceira versões disponibilizadas.	130
Imagem 188 -	Pasta dos scripts utilizados no projeto do app.	130
Imagem 189 -	Erro detectado no app GGT-RA.	139
Imagens 190 a 192 -	Exemplos de possíveis aplicações em RA com Unity+Vuforia (modelo atrelado à planta baixa; modelo atrelado à maquete física; e modelo geolocalizado).	142
Imagens 193 e 194 -	Exemplo de livro com QR codes e visualização das peças em RA.	143
Imagem 195 -	Nível de conhecimento dos estudantes de INFOAU das seguintes tecnologias.	163
Imagem 196 -	Interesse dos estudantes de INFOAU em interagir com o seu próprio modelo digital em um ambiente real e em diferentes escalas, a partir do seu smartphone.	164
Imagens 197 a 216 -	Captura de tela de vídeo produzido por estudante de INFOAU III com o uso do app AUGIN.	168
Imagem 217 -	Captura de tela do site AUGIN.	171
Imagens 218 a 220 -	Captura de tela do site AUGIN.	172
Imagens 221 a 223 -	Captura de tela do site AUGIN.	173
Imagens 224 a 226 -	Captura de tela do site AUGIN.	174

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Cursos da Harvard que abordaram RA.	43
Tabela 2 -	Resultados do formulário pós-experimento 1 de Oficina I.	88
Tabela 3 -	Resultados do formulário pós-experimento 1 de Oficina I.	89
Tabela 4 -	Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.	95
Tabela 5 -	Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.	96
Tabela 6 -	Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.	97
Tabela 7 -	Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.	98
Tabela 8 -	Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.	99
Tabela 9 -	Respostas do formulário divulgado para os estudantes de GGT.	132
Tabela 10 -	Respostas do formulário divulgado para os estudantes de GGT.	133
Tabela 11 -	Respostas do formulário divulgado para os monitores de GGT.	135
Tabela 12 -	Respostas do formulário divulgado para os professores de GGT.	136
Tabela 13 -	Respostas do primeiro questionário divulgado para os estudantes de TEINFOAUI.	157
Tabela 14 -	Respostas do questionário divulgado para os estudantes de INFOAU I.	164

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR	Augmented Reality
BEPiD	Brazilian Education Program for iOS Development
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CAU	Curso de Arquitetura e Urbanismo
CIn	Centro de Informática
CTG	Centro de Tecnologia e Geociências
FAU-UNB	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília
GGT	Geometria Gráfica Tridimensional
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HMDs	Head-Mounted Displays
INFOAU	Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo
LABGRAF	Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PUC-RIO	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
PUC-SP	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
QR Code	Quick Response Code
RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Mista ou Misturada
RV	Realidade Virtual
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TEINFOAU	Tópicos Especiais em Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UCL	University College London
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNESP	Universidade Estadual Paulista
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
VR	Virtual Reality
2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA	17
1.2 HIPÓTESE E OBJETIVOS	18
2. A REALIDADE AUMENTADA E SUAS APLICAÇÕES NA EDUCAÇÃO	20
2.1 O QUE É A REALIDADE AUMENTADA?	20
2.2 REALIDADE AUMENTADA APLICADA À EDUCAÇÃO	30
2.3 REALIDADE AUMENTADA NA EDUCAÇÃO ARQUITETÔNICA E DA GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL	40
3. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS CURSOS NO CAU - UFPE e GGT -UFPE	59
3.1 CAU - UFPE	60
3.2 GGT - UFPE	65
4. METODOLOGIA DA PESQUISA / ESTRUTURA DA PESQUISA	71
5. EXPERIÊNCIAS DIDÁTICAS COM A RA DURANTE O ENSINO REMOTO NA UFPE	74
5.1 OFICINA DE ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO I	75
5.2 MAQUETE II	105
5.3 GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL	117
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
APÊNDICE A - EXPERIMENTO 1 EM OFICINA I	150
APÊNDICE B - EXPERIMENTO 2 EM OFICINA I	152
APÊNDICE C - PRÉ-EXPERIMENTO MAQUETE II	154
APÊNDICE D - RELATÓRIO DE ESTÁGIO À DOCÊNCIA EM TEINFOAU I	155
APÊNDICE E - RELATÓRIO DE ESTÁGIO À DOCÊNCIA EM INFOAU III	162
APÊNDICE F - TUTORIAL APP AUGIN	171
APÊNDICE G - LINKS	175

"A pandemia exigiu novas abordagens pedagógicas para o corpo docente repensar a entrega de conteúdo, atividades de engajamento e aplicação e avaliação autênticas." (PELLETIER et. al., 2021:28, tradução livre)

1. INTRODUÇÃO

Essa dissertação tem como objeto de estudo inicial a aplicação da tecnologia de Realidade Aumentada (RA) no Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco (CAU-UFPE). O objetivo é apresentar a tecnologia aos estudantes para que eles possam ter mais uma ferramenta tecnológica à sua disposição no que tange o *fazer arquitetura*, bem como levantar oportunidades e dificuldades do uso da tecnologia.

Com o avanço da pesquisa, surgiu também uma oportunidade de aplicação da tecnologia na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional (GGT), do curso ABI-Engenharias¹ da UFPE. Neste contexto, a mestrandia desenvolveu um aplicativo em RA com o objetivo de levar aos estudantes uma ferramenta de auxílio na visualização espacial e entendimento de modelos tridimensionais representados nos principais sistemas de representação gráfica trabalhados na disciplina.

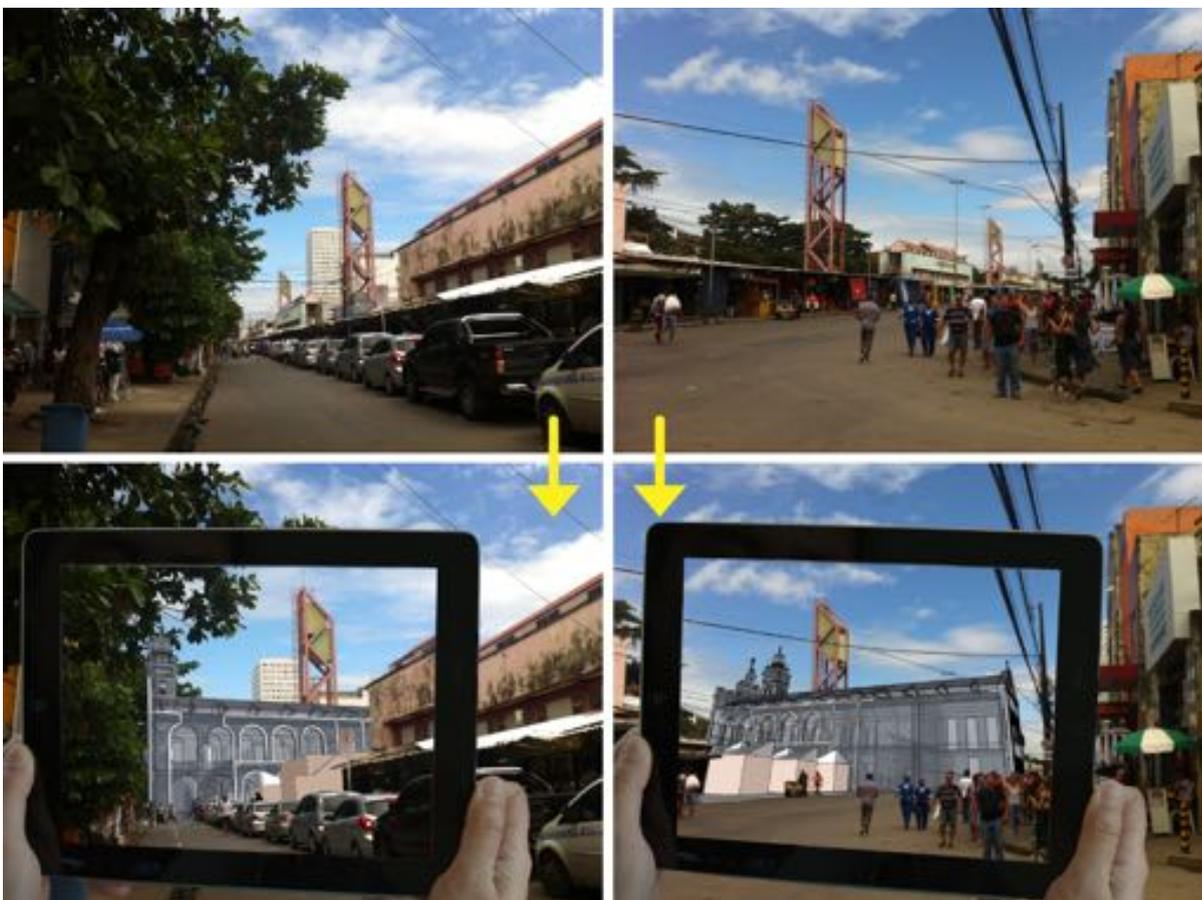
A escolha desse tema está apoiada em experiências em torno das temáticas **Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) + Arquitetura e Urbanismo**, iniciada, em 2015, com a participação da autora desta pesquisa em um projeto de extensão desenvolvido pelo CIn-UFPE (Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco), o BEPiD (*Brazilian Education Program for iOS Development*). Esse contato estimulou pesquisas durante a reta final do seu Curso de Arquitetura e Urbanismo na mesma universidade e resultou em um Trabalho de Conclusão de Curso em 2017.

O Trabalho de Conclusão de Curso (TEIXEIRA, 2017) explorou tecnologias de modelagem e visualização digital na Arquitetura com o uso da Realidade Aumentada, possibilitando a observação do modelo virtual de um objeto arquitetônico já demolido, em escala real no local

¹ Conjunto de Engenharias CTG (Centro de Tecnologia e Geociências).

da intervenção urbana, servindo de orientação ao desenvolvimento da proposta final (ver Imagem a seguir).

Imagem 1 - Simulação da proposta de resgate da Igreja dos Martírios no bairro de São José em Recife-PE, onde hoje existe a Avenida Dantas Barreto e o camelódromo.



Fonte: Autora, 2017.

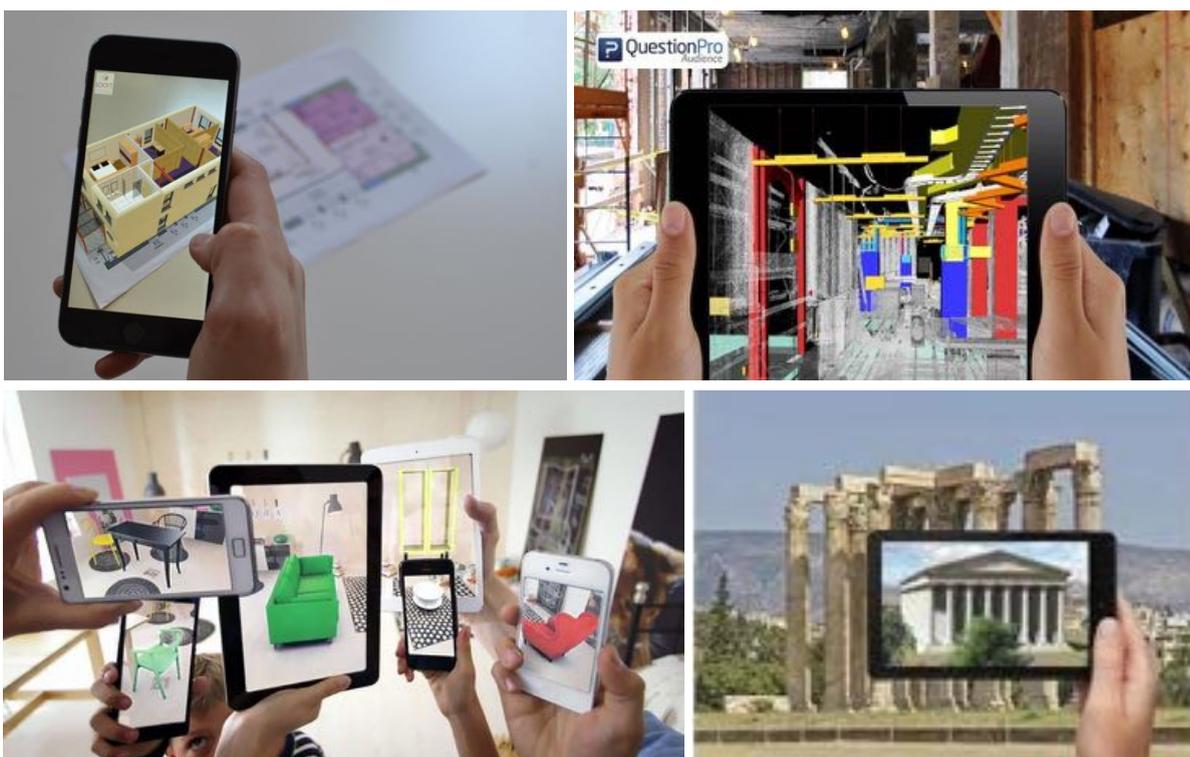
Como resultado dessa experiência, foi percebido que a potencialidade da Realidade Aumentada também pode estar na aplicação em diferentes etapas do processo de projeto urbano e arquitetônico, e não apenas na visualização do produto final. Essa tecnologia permite experienciar o espaço e o objeto projetado em diferentes escalas e contextos, por meio de dispositivos móveis que fazem parte do dia a dia do usuário. Cabe apontar que esta utilização da RA foi fruto de pesquisas e contatos além-curso.

É importante mencionar outros motivadores desta pesquisa, como apontamentos de Bruno Zevi (1918-2000), arquiteto italiano, que no seu livro *Saber Ver a Arquitetura*, literatura presente ao longo do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE, ao discorrer sobre métodos de representar o espaço, “protagonista da arquitetura”, anuncia que “nenhuma representação é

suficiente, precisamos nós mesmos ir, ser incluídos, tornamo-nos e sentimo-nos parte e medida do conjunto arquitetônico, devemos nós mesmos nos mover.” (ZEVI, 2009:51-52). Tal apontamento foi um convite à experimentação proposta pela pesquisa, com base em estratégias de imersão que estimulem a percepção espacial.

A Realidade Aumentada tem sido gradualmente aplicada na área da Arquitetura, Urbanismo e Construção. Muitos aplicativos têm sido desenvolvidos para diversos usos, entre eles: para uma visualização mais interativa com as maquetes digitais atreladas às plantas baixas, no resgate de monumentos históricos, na visualização de instalações prediais, na visualização de móveis nos ambientes, na venda de móveis através de aplicativos em RA, a exemplo do IKEA, entre outras aplicações.

Imagens 2 a 5 - RA atrelada à plantas baixas; RA na visualização de instalações prediais; RA na visualização de móveis no ambiente (IKEA app); e RA no resgate de monumentos históricos.



Fonte: Internet. Acesso em junho de 2022².

Do ponto de vista educacional, a RA pode fornecer aos estudantes novas ferramentas, plataformas e experiências de aprendizado (Zhang et al., 2021). Ainda assim, como aponta

² Disponíveis em: <https://www.gevshop.com/?category_id=2213551> ; <<https://www.avatar.digital.co.uk/how-ar-can-benefit-construction/>> ; <<https://inhabitat.com/ikea-is-launching-its-virtual-reality-app-this-fall/ikea-augmented-reality/>> ; <<https://heritagemotion.eu/himediton/entries-2017>>.

Milovanovic et. al. (2017) e Silva et. al. (2020), poucas têm sido as pesquisas e utilizações da Realidade Aumentada como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico, o que oferece uma oportunidade de desenvolver pesquisas na área.

Diante deste cenário, levantando oportunidades de inserir a tecnologia em termos de ensino-aprendizagem, foram aplicadas três experiências com a Realidade Aumentada: duas em diferentes disciplinas do Curso de Arquitetura e Urbanismo e uma na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional do ciclo básico de Engenharias. Foram aplicadas diferentes metodologias, de acordo com a metodologia de cada disciplina, e diferentes *softwares*, de acordo com as possibilidades e necessidades das experiências. As experiências, seus resultados, dificuldades e desafios serão descritos no Capítulo 5.

É importante mencionar que a pesquisa foi adaptada para o momento pandêmico, assim como as aulas da UFPE. Inicialmente, a aplicação da pesquisa seria no *campus* da universidade, contudo, houve a necessidade de adaptação para o cenário de ensino remoto.

1.1 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

Conforme mencionado anteriormente, poucas têm sido as pesquisas sobre a RA e sua utilização como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico, muito embora esta esteja sendo gradualmente implementada na área de arquitetura e construção.

Posto isto, realizamos um breve levantamento em *sites* de universidades³ nacionais e internacionais, em busca de menções diretas sobre Realidade Aumentada nas grades curriculares. Foram encontrados nove registros no Departamento de Arquitetura da Universidade de Harvard, dois registros no MIT, um no Instituto Politécnico di Milano e uma referência direta à RA nos componentes curriculares do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp. Tal referência foi encontrada no Projeto Político Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo, vigente desde 2018.

³ USP, Unicamp, UFRJ, UNESP, PUC-SP, PUC-RIO, UFMG, FAU-UNB, UERJ, UFPB, UFBA, Harvard, Cambridge, MIT, UCL e Politecnico di Milano.

Considerando o recorte de estudo desta pesquisa, no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco, a Realidade Aumentada não faz parte dos componentes curriculares como outras tecnologias, a exemplo de CAD⁴, modelagem 3D e BIM⁵.

No entanto, cabe apontar que diversas universidades têm desenvolvido pesquisas em torno da RA aplicada à Arquitetura e Urbanismo em Grupos e Laboratórios. No caso da Universidade Federal de Pernambuco, existe um laboratório de pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada no Centro de Informática (CIn), o VOXAR Labs, que investiga em diversas áreas oportunidades de inovação, colaboração e pesquisa. Porém, este laboratório se debruça principalmente nos aspectos técnicos aplicados à indústria, não sendo diretamente uma estratégia de ensino.

Muito do que é divulgado sobre a Realidade Aumentada está ligado aos dispositivos tecnológicos avançados como os *headsets* e *head-mounted displays (HMDs)*⁶ que, por serem dispositivos caros, podem limitar seu uso no ambiente educacional. Entretanto, há de se considerar que a RA atualmente funciona com o auxílio da maioria dos dispositivos móveis pessoais, como *smartphones* e *tablets*, permitindo que estes sejam ideais para serem utilizados como ferramentas educacionais (CHILDS, 2021).

A partir deste panorama, este estudo busca explorar maneiras pelas quais a Realidade Aumentada pode ser implementada como ferramenta auxiliar no ambiente de ensino-aprendizado arquitetônico. Devido à oportunidade, esta pesquisa estende-se para a disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional, que também concentra-se na representação da forma e suas aplicações, e faz parte do ensino das áreas de arquitetura e engenharia.

1.2 HIPÓTESE E OBJETIVOS

O desenvolvimento desta pesquisa parte da hipótese da viabilidade na utilização da RA como ferramenta de ensino no Curso de Arquitetura e Urbanismo, além do seu uso no apoio na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional.

⁴ Computer Aided Design

⁵ Building Information Modeling

⁶ As primeiras manifestações da RA na década de 60 vieram a partir de protótipos de *Head Mounted Displays* de Ivan Sutherland (AZUMA, 1995).

Nesse contexto, o objetivo principal deste estudo é analisar o uso de ferramentas e plataformas capazes de introduzir, sem custo e de forma prática, a Realidade Aumentada nos ambientes de ensino de graduação. Para tanto, serão aplicadas Experiências de Aprendizado com Realidade Aumentada em disciplinas do Curso de Arquitetura e Urbanismo e na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional do ciclo básico de Engenharias, ambos da UFPE. Com base nestas aplicações, procurou-se levantar oportunidades e dificuldades de implementação da tecnologia no curso e indicar diretrizes para possibilitar a inserção da Realidade Aumentada como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico e na disciplina de GGT. Assim, os objetivos específicos da pesquisa foram:

- Contextualizar a aplicação da Realidade Aumentada como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem;
- Apresentar o cenário pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo e da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional;
- Realizar experiências educacionais com Realidade Aumentada, a partir do levantamento de disciplinas e plataformas que possibilitem o uso da tecnologia;
- Analisar os resultados obtidos a fim de entender dificuldades e levantar oportunidades de inserção da Realidade Aumentada como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico e na disciplina de GGT.

2. A REALIDADE AUMENTADA E SUAS APLICAÇÕES NA EDUCAÇÃO

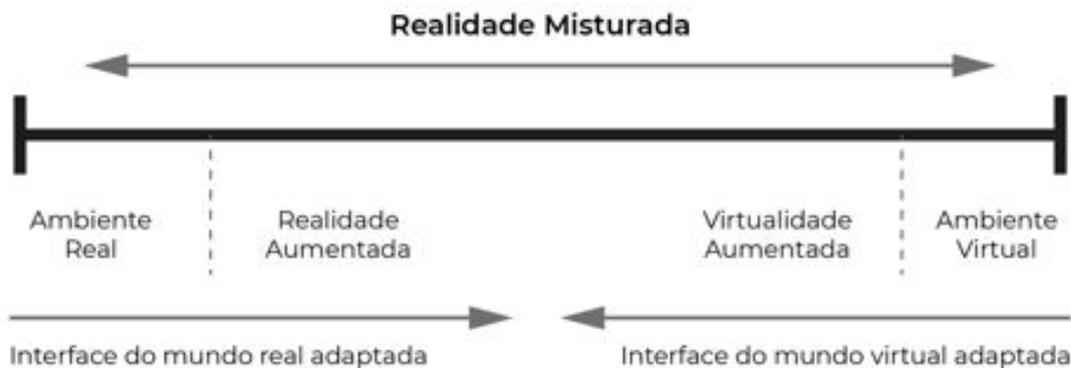
De acordo com o *EDUCAUSE Horizon Report 2020*, relatório anual que traça o perfil das tendências e das principais tecnologias e práticas de ensino-aprendizagem do nível superior com base em perspectivas e experiências globais, tecnologias de Realidade Estendida (*Extended Reality - XR*) estão sendo ativamente experimentadas e têm se mostrado veículos de aprendizado de grande potencial, "provando ser uma maneira eficaz de aumentar as formas tradicionais de pedagogia" (BROWN et al., 2020:30, tradução livre).

Realidade Estendida é um termo abrangente para os ambientes que fornecem experiências virtuais totalmente imersivas ou que combinam o físico com o virtual. Suas duas tecnologias mais comuns são a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA). Enquanto a RV possibilita uma experiência mais imersiva dentro de um ambiente completamente virtual, a RA integra informações virtuais aos ambientes e objetos reais (BROWN et al., 2020). Neste trabalho trataremos da Realidade Aumentada.

2.1 O QUE É A REALIDADE AUMENTADA?

A Realidade Aumentada pode ser considerada como um caso particular da Realidade Mista ou Misturada (RM). A RM possibilita diferentes tipos de relações entre os ambientes reais e virtuais. Dentro do contexto de um continuum Realidade-Virtualidade, a RA posiciona-se entre a dicotomia real-virtual, quando há predominância do ambiente real, ocorrendo no momento em que elementos virtuais são colocados neste ambiente real (MILGRAM et al., 1994; KIRNER et al., 2006). Este conceito encontra-se ilustrado a seguir.

Imagem 6 - Representação simplificada do continuum Realidade-Virtualidade.



Fonte: Adaptação de uma ilustração de (MILGRAM et al., 1994; KIRNER et al., 2006).

Enquanto na Realidade Virtual o usuário é transportado para um ambiente totalmente virtual gerado por computador, sem visualizar o mundo ao seu redor, na Realidade Aumentada os elementos virtuais é que são transportados para o ambiente real do usuário, por sobreposição, enriquecendo o ambiente físico com objetos virtuais (AZUMA, 1997; KIRNER et al., 2006). "É o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real" (KIRNER et al., 2006:25).

Imagens 7 e 8 - Exemplos da sobreposição de elementos virtuais em elementos reais com uso da RA.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022⁷.

⁷ Disponível em: <<https://www.softwaretestinghelp.com/what-is-augmented-reality/>>; <<https://nexttourismgeneration.eu/professional-training-in-augmented-reality-ar-for-the-tourism-sector/>>.

Com esse potencial de combinar objetos virtuais e reais, a Realidade Aumentada permite que o usuário experiencie diferentes conteúdos em várias dimensões, como contextual, espacial e temporal (WEERASINGHE et al., 2019).

A RA permite que o usuário represente e interaja com situações imaginárias, envolvendo objetos reais e virtuais, tanto estáticos quanto dinâmicos. São inúmeras suas aplicações, como modelagem, projeto de interiores, visualização de instalações prediais, prova de roupas, cirurgia apoiada por computador, exposições e museus virtuais, ferramentas para educação e treinamento, entre outras (KIRNER et al., 2006).

Imagens 9 a 14 - Exemplos de aplicações da RA.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022⁸.

⁸ Disponível em: <<https://vrvisiongroup.com/the-future-of-job-training-augmented-reality/>>;

De acordo com Azuma (1997), a Realidade Aumentada pode ser definida como um sistema que combina o real e o virtual; tem registro em três dimensões (3D); e é interativo em tempo real. "O sistema é implementado de tal maneira que o cenário real e os objetos virtuais permanecem ajustados, mesmo com a movimentação do usuário no ambiente real" (KIRNER et al., 2006:23) e a Interação Humano-Computador vai além da gráfica, de forma que a corporalidade do usuário e a espacialidade do objeto digital e do ambiente de uso ganham importância (DOS REIS e GONÇALVES, 2016).

Para que as informações virtuais sejam integradas ao campo de visão do usuário, um sistema de RA deve contar com tecnologias de captura de vídeo e geração de imagem; renderização de alta qualidade para combinar o virtual com o real; calibração precisa, para alinhar os objetos virtuais no ambiente real; e rastreamento de objetos reais, que possibilitam a inserção do elemento virtual no ambiente real (KIRNER et al., 2006; TEIXEIRA, 2017).

"Um ciclo de processamento pode ser resumido em: captura de vídeo e execução do rastreamento de objetos; processamento do sistema de Realidade Virtual, incluindo leitura de dispositivos e simulação/animação; calibração, misturando o real com o virtual; e renderização sensorial, envolvendo os aspectos visuais, auditivos e hápticos." (KIRNER et al., 2006:34)

No contexto da RA, podemos dizer que a câmera representa a visão do usuário/observador e é a partir dessa visão que o sistema faz o rastreamento da cena para definir a disposição dos elementos virtuais. O registro dos elementos virtuais sobrepostos no ambiente real do usuário é a base da aplicação em Realidade Aumentada (BIMBER e RASKAR, 2005; LUCENA, 2013). Com um registro preciso, os objetos virtuais são devidamente alinhados em relação à cena real, criando a ilusão de que esses elementos fazem parte do ambiente (AZUMA, 1997; LUCENA, 2013).

Existem diferentes técnicas para realizar o rastreamento que, geralmente, são divididas em dois tipos: Realidade Aumentada com marcadores e Realidade Aumentada sem marcadores (LUCENA, 2013). Marcadores são imagens com um certo padrão visual, como o QR Code (*Quick Response Code*), que são reconhecidas pelo sistema RA e que, ao serem adicionadas na cena, são associadas a elementos virtuais. Estes marcadores possibilitam uma interação

<<https://devabit.com/blog/ar-furniture-apps/>>;

<<https://www.vrfitnessinsider.com/augmented-reality-simplifies-sinus-surgery-via-3d-mapping/>>;

<<https://observer.com/2020/02/augmented-reality-retailers-asos-gap-smart-mirrors-mobile-apps/>>;

<<https://www.teq.com/ar-vr-in-the-classroom/>>; <<https://www.pinterest.com/pin/665406913695084632/>>

entre o usuário e o objeto em cena, pois podem ser manipulados, resultando na também manipulação das informações virtuais associadas a ele (CUPERSCHMID et al., 2012). Esta opção de registro é bastante utilizada devido a sua facilidade de reprodução e seu baixo custo (TEIXEIRA, 2017).

Outras técnicas de rastreamento e que dispensam o uso de marcadores (*markerless tracking*) são o de rastreamento através de sensores, como *GPS* (sistema de posicionamento global), arestas ou texturas. No caso do rastreamento por *GPS*, como as informações virtuais são georreferenciadas, as suas coordenadas são detectadas pelo sistema (TEIXEIRA, 2017). O rastreamento por arestas é mais utilizado quando os objetos que serão rastreados não apresentam muita textura e quando existem mudanças acentuadas de cores na cena. Já no rastreamento por textura, é o conjunto de pontos característicos de uma imagem (*keypoints*) ou de um objeto que são rastreados na cena real (LUCENA, 2013).

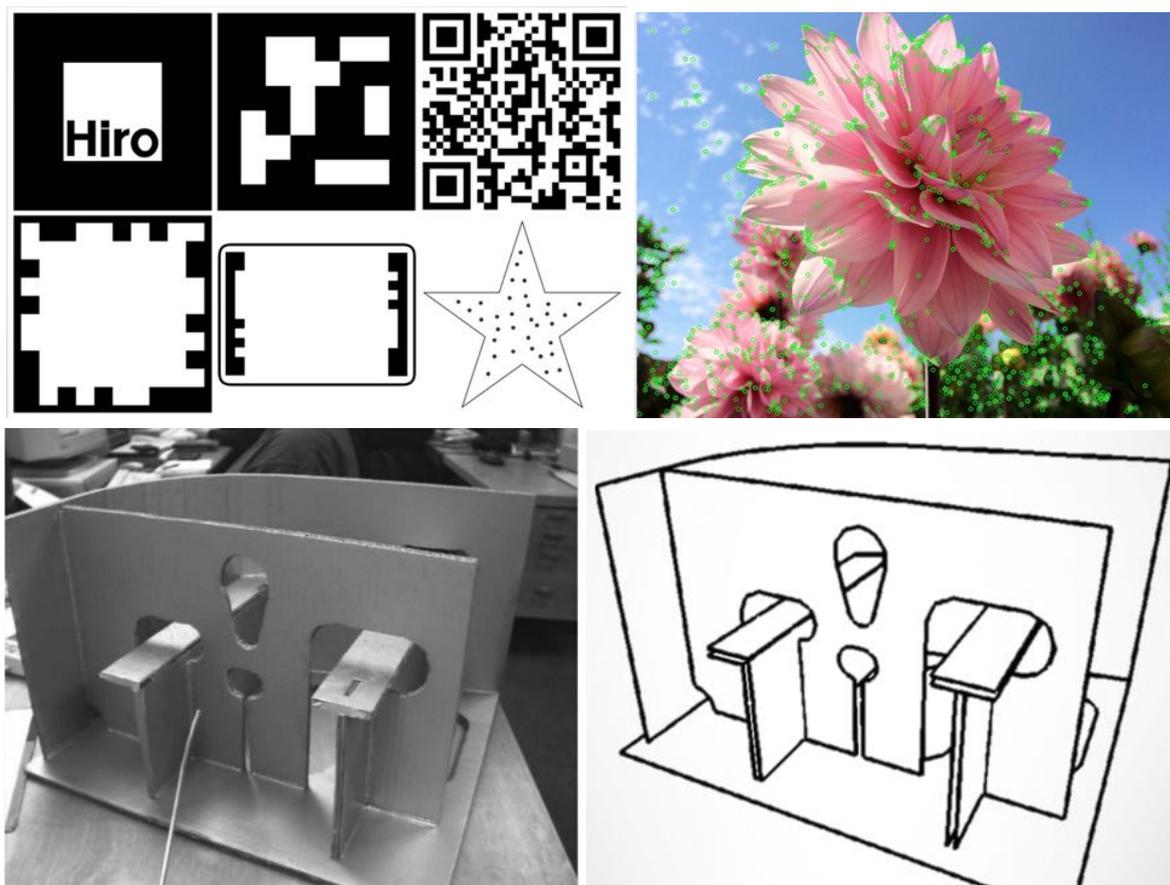
Imagem 15 - Técnicas de rastreamento.



Fonte: Teichrieb e Roberto, 2014. Adaptado pela autora⁹.

⁹ Ícones disponíveis em: <www.flaticon.com>.

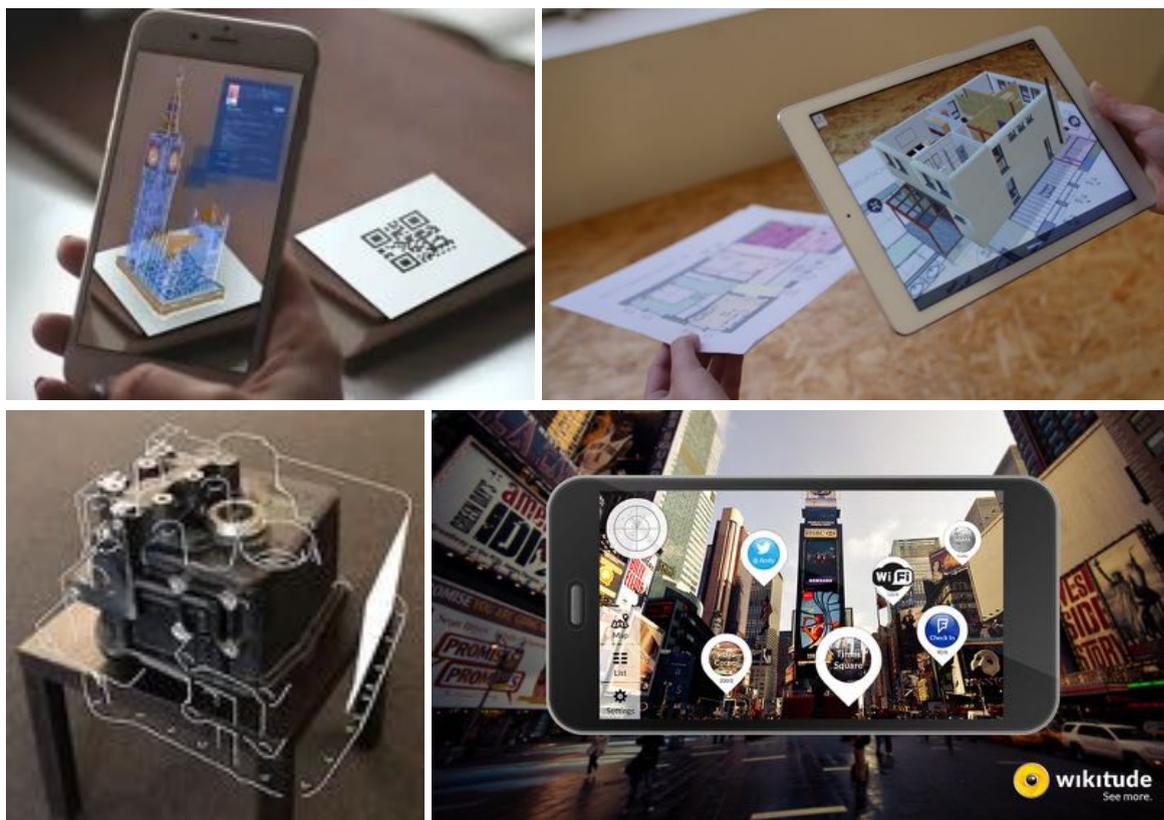
Imagens 16 a 19 - Exemplos de marcadores e de detecção de texturas e arestas.



Fonte: Teichrieb e Roberto, 2014.

Para um bom registro e posicionamento dos elementos virtuais no ambiente real, nos casos de rastreamento baseado em visão, é necessário que os elementos rastreados (marcadores, arestas e texturas) sejam detectados na cena enquadrada pela câmera (AZUMA, 1997). Já no caso do rastreamento por GPS, é necessário que o usuário vá de encontro ao local onde o registro foi posicionado (TEIXEIRA, 2017).

Imagens 20 a 23 - RA com uso de marcador; com uso de texturas; com uso de arestas; e com uso de GPS.



Fonte: Internet. Acesso em junho de 2022¹⁰.

Para que objeto virtual seja visualizado no ambiente do usuário, um sistema RA deve ter tecnologias que suportem captura e geração de imagem (TEIXEIRA, 2017). Os dispositivos de visualização utilizados para RA podem ser classificados como *head-attached displays*, *hand-held displays* e dispositivos espaciais. Os *head-attached displays* são dispositivos que ficam posicionados na cabeça do usuário, o que permite grande liberdade de movimentação, deixando suas mãos livres para manipular objetos (CUPERSCHMID et al., 2012). Estes dispositivos possibilitam uma experiência imersiva, onde as informações digitais são coerentes em todo o campo visual do usuário (CHILDS, 2021).

Dispositivos *hand-held displays*, como *Smartphones* e *Tablets* atuais, combinam em um único aparelho as tecnologias necessárias para Realidade Aumentada. Suas câmeras

¹⁰ Disponível em:

<<https://www.fiverr.com/finrodx/augment-anything-you-want-on-a-target-using-unity-vuforia>>;

<<https://medium.com/@colbygee/augmented-reality-in-architecture-literally-bring-people-inside-your-design-and-blow-their-minds-d79b0a153453>>;

<<https://www.digitalartsandentertainment.be/page/242/AR+Model+Based+Tracking>>;

<<https://www.flickr.com/photos/wikitude/with/30944213892/>>.

integradas capturam o ambiente real, processam a mistura dos ambientes (real e virtual) e exibem na tela a realidade misturada. A disponibilidade destes dispositivos móveis têm permitido o desenvolvimento de inúmeras aplicações em RA (CUPERSCHMID et al., 2012). Por serem dispositivos móveis que já fazem parte do dia a dia do usuário, eles tornam-se muito adequados para levar a RA ao local de aplicação (MILOVANOVIC et. al., 2017), possibilitando que os usuários se movimentem no ambiente. No entanto, como são dispositivos não imersivos, a visualização do ambiente "aumentado" é limitada à tela do dispositivo (CHILDS, 2021).

Embora a viabilidade técnica da Realidade Aumentada exista há décadas, só recentemente a tecnologia se tornou mais acessível em consequência do avanço tecnológico dos dispositivos móveis como os *smartphones* (CHILDS, 2021).

"Os smartphones e tablets atuais combinam um processador rápido com hardware gráfico, uma grande tela sensível ao toque e sensores integrados (câmera, GPS, bússola, acelerômetros), tornando-os ideais para experiências de RA internas e externas." (BILLINGHURST e DUENSER, 2012:44, tradução livre)

Em contraste com os anteriores, os dispositivos espaciais integram ao ambiente real os elementos virtuais de forma que os usuários não precisam usar equipamentos. Nesta categoria estão os hologramas ópticos, projeções diretas em superfícies e telas de monitores. Para este último, é feito uso de uma câmera para a captação do ambiente real e a realidade misturada é exibida em um monitor ou projetada em uma tela plana. Neste caso, existe um baixo nível de imersão, pois o campo de visão do observador é limitado à tela fixa. Contudo, esta é uma técnica que não demanda equipamentos caros, utilizando-se apenas um computador e uma webcam, oferecendo um melhor custo-benefício (CUPERSCHMID et al., 2012).

Imagem 24 - Classes de Display - Visualização.



Fonte: Teichrieb e Roberto, 2014. Adaptado pela autora¹¹.

¹¹ Ícones disponíveis em: <www.flaticon.com>.

Imagens 25 a 28 - *Head-attached display, hand-held display, Holograma óptico e tela de monitor.*



Fonte: Internet. Acesso em junho de 2022¹².

Cabe apontar que alguns problemas têm sido recorrentes na aplicação dessa tecnologia. Os principais são: (1) imprecisão do registro, (2) luminância inconsistente e irreal de objetos virtuais, (3) erros de rastreamento e (4) dificuldade de visualizar os objetos virtuais à grandes distâncias do observador (DELGADO et al., 2020). Há também relatos de problemas com a incidência de iluminação nos marcadores, flutuação dos objetos virtuais no ambiente físico e sobreposição de elementos virtuais e reais (ASSIS et. al., 2016; MEDEIROS e PARAÍSO, 2015).

Neste trabalho, como parte dos experimentos realizados em Realidade Aumentada, foram utilizadas técnicas de rastreamento a partir de marcadores e *keypoints* (texturas e objetos). Os aplicativos utilizados nas experiências aplicam a técnica de rastreamento por texturas, a partir do rastreamento de pontos no ambiente em que o estudante se encontra, facilitando que ele possa realizar o experimento na sua casa, sem precisar se deslocar, considerando o momento

¹² Disponível em: <<https://www.protocol.com/google-raxium-ar-glasses>>; <https://www.architectmagazine.com/technology/products/three-augmented-and-virtual-reality-apps-for-design-and-construction_0>; <<https://videohive.net/item/two-architects-working-on-mixed-reality-table-showing-3d-city-development-statistics/21655220>>; <https://www.researchgate.net/figure/Original-desktop-based-AR-application_fig1_281292983>.

pandêmico. Também foi utilizada a técnica de rastreamento com marcadores e estes foram adaptados para uma leitura digital na tela de dispositivos, considerando que muitos estudantes não possuem impressora disponível em suas casas.

Ainda sobre os experimentos, os dispositivos de visualização utilizados foram *Smartphones*, em especial, e computadores pessoais por serem dispositivos que fazem parte do dia-a-dia dos estudantes, considerando também que as experiências foram feitas de maneira remota. Além da facilidade de acesso aos dispositivos tecnológicos, foi considerada a liberdade de movimentação e portabilidade dos dispositivos móveis.

Por fim, cabe apontar que tanto a escolha dos dispositivos a serem utilizados nas experiências, quanto às técnicas de rastreamento, foram resultados do contexto e das propostas dos professores e disciplinas.

Imagem 29 - Técnicas de rastreamento.



Fonte: Teichrieb e Roberto, 2014. Adaptado pela autora¹³.

Imagem 30 - Classes de Display - Visualização.



Fonte: Teichrieb e Roberto, 2014. Adaptado pela autora¹⁴.

¹³ Ícones disponíveis em: <www.flaticon.com>.

¹⁴ Ícones disponíveis em: <www.flaticon.com>.

2.2 REALIDADE AUMENTADA APLICADA À EDUCAÇÃO

"A transmissão e aquisição de conhecimentos e habilidades nas escolas ou universidades estão em constante mudança à medida que surgem as interações entre novas formas de pedagogia, novas tecnologias e novos estilos de educação. [...] Tais desenvolvimentos são frequentemente motivados pelo desejo de melhorar o envolvimento do estudante, o aprendizado centrado no estudante e experiências de aprendizado aprimoradas." (WEERASINGHE, 2019:02, tradução livre)

A Realidade Aumentada aplicada à Educação vem crescendo ativamente nas últimas décadas em termos de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias em todo o mundo (DIAO e SHIH, 2019; KLJUN et al., 2020; BROWN et al., 2020; AVILA-GARZON et. al, 2021). Em uma rápida pesquisa no *Google Scholar* com o termo '*realidade aumentada na educação*' gerou-se aproximadamente 79 mil resultados em português, mais de 85 mil em espanhol e mais de 1.1 milhão de resultados em inglês¹⁵.

As pesquisas de RA na Educação estão sendo desenvolvidas tanto no nível básico quanto no superior (DIAO e SHIH, 2019; KLJUN et al., 2020). A Realidade Aumentada tem atraído muito interesse de pesquisa no cenário educacional como tecnologia de apoio aos processos de ensino-aprendizagem, porque, além de oferecer um conjunto de diferentes recursos, proporciona experiências de aprendizagem que não podem ser alcançadas usando outras tecnologias ou abordagens (SANTOS et. al., 2014; AVILA-GARZON et. al, 2021).

Em 2017, a Google lançou um aplicativo, o AR Expeditions¹⁶, que oferecia uma experiência de baixo custo para ser levada para a sala de aula através de um aplicativo instalado nos *smartphones* dos estudantes. (KLJUN et al., 2020). A partir deste aplicativo, os estudantes podiam aprender sobre diversos tópicos, como corpo humano, natureza, história e artes. Inicialmente a equipe da Google começou o programa levando a RA para a sala de aula em escolas nas cidades de Los Angeles, San Diego, Chicago, Austin e Nova York (KARLSSON, 2017).

¹⁵ Resultados para pesquisa realizada dia 06 de outubro de 2022.

¹⁶ Expeditions AR Lessons, disponível em:

<https://docs.google.com/presentation/d/1fF-2UiuK0APH_ED3tiMDqy8pFtgcwYqz7kL-BAuLiRQ/edit#slide=id.g38c2130a2e_185_79>

Imagens 31 a 34 - Registros do uso do AR Expeditions.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022¹⁷.

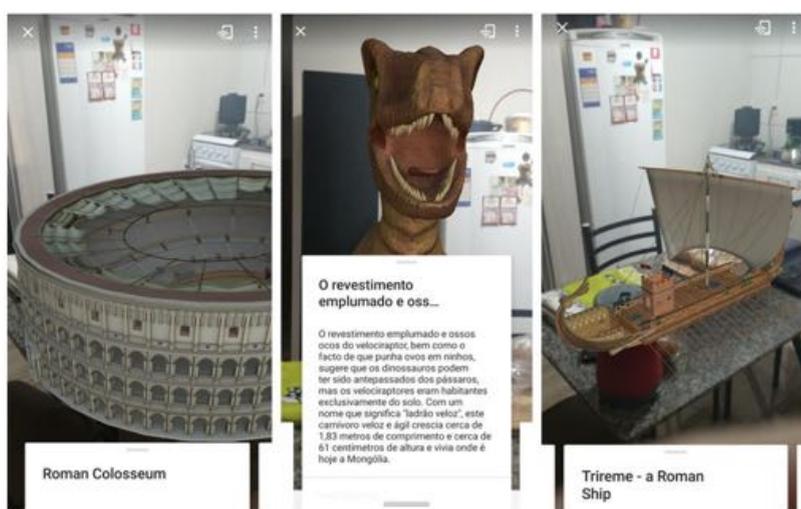
O *Google AR Expeditions* é uma ferramenta imersiva que pode auxiliar no ensino-aprendizagem. No caso de disciplinas como História é possível conhecer lugares históricos ou visualizar objetos em Realidade Aumentada. A experiência pode funcionar como se o professor fosse o guia e os estudantes exploradores (REIS e SILVEIRA, 2020).

Um estudo de caso do aplicativo do *Google AR Expeditions* aconteceu em 2020 na Escola Estadual de Educação Básica Padre Gonzales, localizada no município de Três Passos - Rio Grande do Sul, envolvendo a aplicação de ferramentas de Realidade Aumentada na Educação. O objetivo desse estudo foi de auxiliar o ensino-aprendizado, tornando as aulas de História das séries iniciais do Ensino Fundamental mais dinâmicas, interativas e divertidas (REIS e SILVEIRA, 2020).

¹⁷ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-DYqlaMWTVg>>; <<https://cedarvalley.roundrockisd.org/2017/11/02/google-expeditions-ar-visits-cedar-valley-science/>>; <<https://vrscout.com/news/google-expeditions-ar-program/>>.

Cabe apontar que, apesar de todos os docentes da escola terem sido convidados para fazer parte do estudo, apenas quatro participaram. Acredita-se que esta baixa adesão compreende a falta de tempo por ter que dar conta de um ensino remoto emergencial e de que existe um certo receio ou falta de interesse em lidar com novas tecnologias, até mesmo com o uso de um simples celular. O isolamento social devido a pandemia também dificultou que um maior número de professores participassem do estudo e de se ter um melhor contato com os estudantes. "Muitos professores precisam de auxílio presencial para ajudar os alunos e para que aprendam a lidar com as novas ferramentas de aprendizagem" (REIS e SILVEIRA, 2020:11).

Imagem 35 - Registros do Google AR Expeditions.



Fonte: REIS e SILVEIRA, 2020.

Apesar das dificuldades trazidas pela pandemia, os professores que participaram mostraram interesse em novas maneiras de aprendizagem e consideraram importante a aplicação de ferramentas que utilizem técnicas de RA no fazer pedagógico (REIS e SILVEIRA, 2020).

Pesquisas apontam que a tecnologia tem efeito positivo na motivação e nos resultados de aprendizagem dos estudantes. Ainda revelam que, no contexto educacional, a RA oferece novas formas de interatividade com o conteúdo; impactos positivos na carga cognitiva e habilidades espaciais; facilidade em visualizar relações espaciais complexas e conceitos abstratos; possibilidade de vivenciar fenômenos difíceis ou impossíveis de vivenciar no mundo real; e efeitos positivos na experiência colaborativa (BILLINGHURST e DUENSER, 2012; DIAO e SHIH, 2019; LOPES et. al., 2019; KLJUN et al., 2020; AVILA-GARZON et. al, 2021).

A Realidade Aumentada proporciona experiências visuais e um alto nível de interatividade, conectando o digital com o físico além das interfaces de *desktop* 2D tradicionais, ajudando a comunicação de problemas abstratos e permitindo um maior envolvimento dos estudantes no que diz respeito à criação de seus próprios projetos. Com o uso de dispositivos móveis, a RA também permite experiências fora da sala de aula, o que pode estimular os estudantes a interagirem e explorarem outros ambientes (BILLINGHURST e DUENSER, 2012).

"A RA pode permitir novas formas de colaboração presencial e remota e experiências de aprendizado compartilhadas. Vários usuários podem experimentar objetos 3D de diferentes pontos de vista, interagindo com o objeto e compartilhando insights, tornando o aprendizado essencialmente uma experiência colaborativa." (BILLINGHURST e DUENSER, 2012:42, tradução livre)

Alguns pesquisadores alegam que a interatividade pode promover o aprendizado ativando certos processos cognitivos, como o conhecimento armazenado na memória de longo prazo, em contraposição às metodologias de aprendizagem passiva (BILLINGHURST e DUENSER, 2012). A Realidade Aumentada tem o potencial de criar oportunidades para explorar o aprendizado centrado no estudante, em contraponto ao método tradicional centrado no professor com os estudantes apenas observando (WEERASINGHE et al., 2019).

Segundo Billinghurst e Duenser (2012:44), "a RA pode ser mais eficaz como complemento aos métodos tradicionais de aprendizagem.". Livros podem ser "aumentados" com cenas virtuais que aparecem sobre as páginas, fornecendo uma abordagem multissensorial ao aprendizado. Desta forma, os professores podem ensinar diversos tipos de conteúdo, como design gráfico, modelagem 3D, animação e narrativa, fazendo uso de material impresso e tecnologia digital. Com conhecimento em programas de modelagem ou computação gráfica, os estudantes poderiam criar suas cenas 3D para exibir em RA. Algumas pesquisas apontam que multimodalidade e interatividade aumentam o envolvimento, a imersão e o apoio à aprendizagem.

Imagens 36 e 37 - Realidade Aumentada em livros.



Fonte: Internet, acesso em outubro de 2022¹⁸; LIAO, 2018.

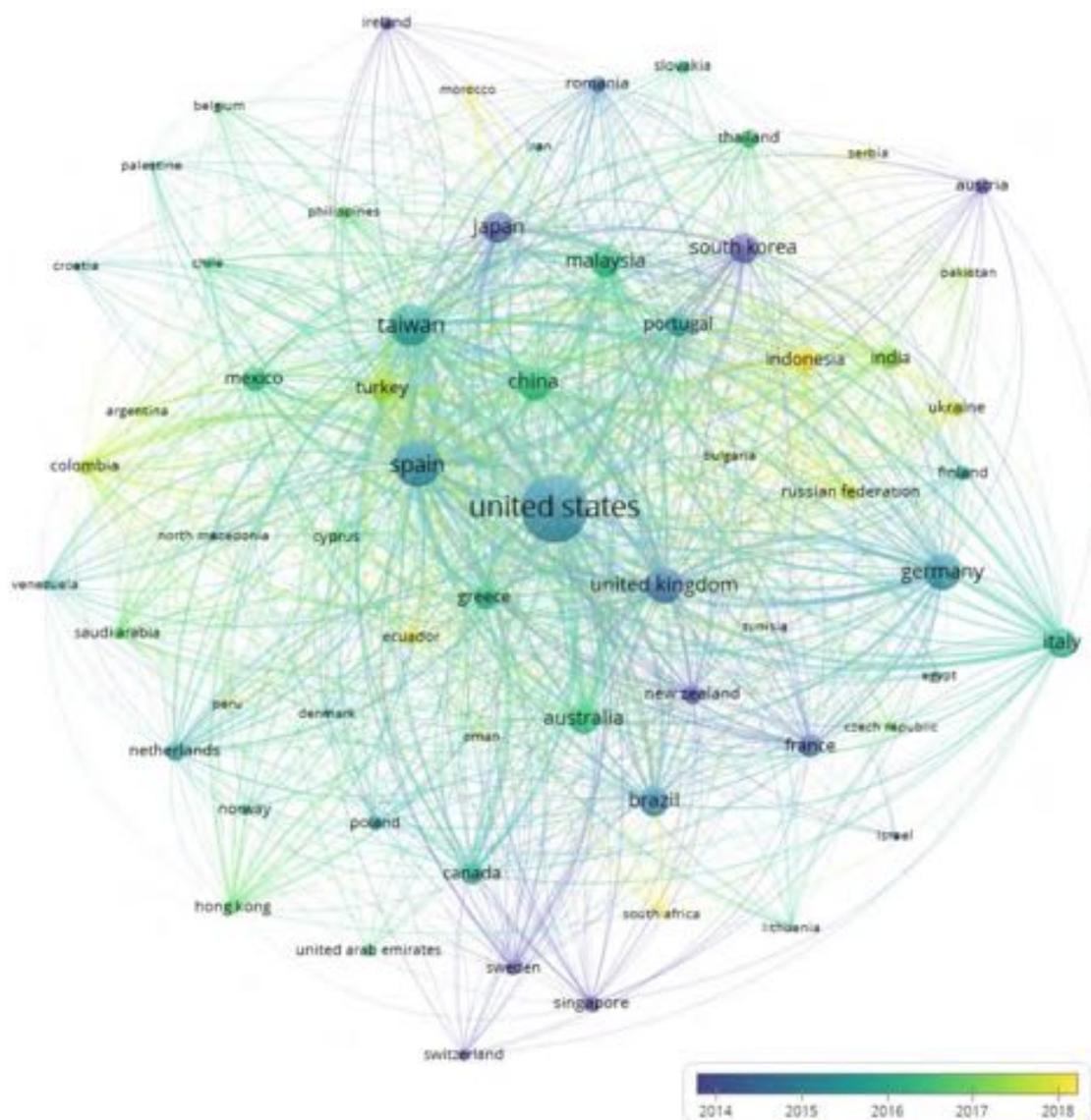
O processo de criação com o uso de RA pode ser uma experiência educacional poderosa, pois envolve o estudante e pode estimular habilidades práticas de modelagem e visualização espacial do conteúdo 3D. Para criar uma cena, os estudantes precisam entender o tema, o que promove o aprendizado (BILLINGHURST e DUENSER, 2012).

"Construir cenas de RA pode ser uma experiência educacional por si só, pois os alunos devem pensar em como usar a tecnologia para representar conceitos complexos. Suponha, por exemplo, que a tarefa seja fazer uma cena AR do sistema solar. Depois que os alunos aprenderem sobre os planetas e seus movimentos, eles precisarão de ferramentas de criação de conteúdo de RA para construir a cena." (BILLINGHURST e DUENSER, 2012:45, tradução livre)

De acordo com uma análise de literatura realizada por Avila-Garzon et. al em 2021 sobre a Realidade Aumentada na Educação nos últimos 25 anos, Estados Unidos, Espanha e Taiwan, nesta ordem, são os países que mais vêm realizando pesquisas. O Brasil fica na sexta posição em produção na área para documentos dos tipos artigos de conferências, livros e capítulos de livros e em vigésimo lugar em relação a produção de artigos de periódicos e resenhas. Países como Estados Unidos, Espanha, Taiwan, Alemanha, Brasil e Reino Unido vêm contribuindo para este campo desde antes de 2014, já outros países como México, Colômbia, China, Índia e Austrália começaram a contribuir a partir de 2017.

¹⁸ Disponível em: <<https://www.zumoko.com/augmented-reality-in-education/>>.

Imagem 38 - Contribuições para o campo por país e ano.



Fonte: Avila-Garzon et. al, 2021.

Estudos ainda apontam que a taxa de crescimento anual de publicações em periódicos e congressos sobre o tema RA na educação é em torno de 21% e que de 2015 até o presente momento tem sido o período mais produtivo para pesquisas sobre RA no ensino superior. Na área de Educação, os temas mais relevantes de pesquisa são: Computação e Educação; Ambientes de Aprendizagem Interativos; e Computadores no Comportamento Humano (AVILA-GARZON et. al, 2021).

A partir de uma revisão sistemática de literatura realizada para entender de que forma a RA vem sendo utilizada no contexto educacional, Lopes et. al. (2019:5) aponta que "a realidade

aumentada vem sendo bastante utilizada como recurso tecnológico em ambientes educacionais" e que destacam-se aplicações para as áreas de Arquitetura, Design, Engenharia e Saúde e o uso de dispositivos móveis.

Contudo, como aponta Vuta (2020), apesar da quantidade considerável de literatura sobre aplicações de RA em várias áreas, o estado da pesquisa atual da RA no contexto educacional ainda está no início. "A pesquisa neste campo deve continuar e deve ser direcionada para descobrir o verdadeiro potencial das aplicações de RA na educação." (p. 43, tradução livre).

Cabe apontar que a Realidade Aumentada ainda encontra obstáculos para a criação de experiências em sala de aula, como possíveis dificuldades no uso dos recursos da tecnologia por estudantes e professores; limitações tecnológicas (nem todos os dispositivos são compatíveis); dificuldades de aplicações em ambientes externos que não façam uso de marcadores; aceitação social da tecnologia; muitas aplicações são protótipos iniciais e podem se mostrar inadequadas ao uso, fazendo com que a RA não seja bem aceita; necessidade de conexão de internet para acessar os objetos virtuais. A dificuldade de desenvolvimento de experiências utilizando a RA, por parte dos professores, é o obstáculo que se destaca (LOPES et. al., 2019).

Entende-se que, como qualquer tecnologia, é necessário estudar melhores formas de utilizar a RA no ambiente educacional. Não é porque se aplica experiências com RA que os estudantes estarão aprendendo efetivamente com elas (BILLINGHURST e DUENSER, 2012).

Em 2019, a Husson University, em Bangor - Estados Unidos, iniciou o desenvolvimento de um aplicativo para iPhones e iPads chamado *AR Stagecraft* para auxiliar na projeção de cenários teatrais. A ideia desse aplicativo é fornecer à equipe criativa uma experiência imersiva em RA de caminhar pelo cenário no palco em escala real antes mesmo que este esteja montado. Os estudantes do programa de produção de entretenimento de Husson projetam cenários de teatro digitalmente em aula e importam para o aplicativo *AR Stagecraft* (HUSSON UNIVERSITY, 2019).

Imagem 39 - Demonstração do AR Stagecraft.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022¹⁹.

Para o corpo docente, esta experiência foi um primeiro passo para o desenvolvimento de novas oportunidades educacionais que se concentram no desenvolvimento de experiências de tecnologia imersivas e interativas, como Realidade Aumentada e Realidade Virtual. A ideia era capacitar os estudantes, criando oportunidades de carreira para os profissionais com conhecimentos na área de Realidade Aumentada. A universidade tem o compromisso de oferecer oportunidades de aprendizado acessível em sala de aula (HUSSON UNIVERSITY, 2019).

Outro uso prático da Realidade Aumentada na educação superior é o da aplicação dos aplicativos *HoloLens* e *HoloAnatomy*, criado pela Case Western Reserve University e pela Cleveland Clinic, no primeiro ano do curso de medicina da Case Western Reserve University. A partir da Realidade Aumentada, os estudantes podem aprender anatomia sem a necessidade de uso de cadáveres, visualizando também, e com mais detalhes, estruturas e sistemas que seriam mais difíceis de analisar em escala real. Vários estudantes espalhados pelos Estados Unidos e Canadá estão utilizando o *Microsoft HoloLens* e o software *HoloAnatomy* da

¹⁹ Disponível em:

<<https://www.husson.edu/news/2019/04/husson-university-to-demonstrate-new-augmented-reality-app-for-theatrical-set-designers>>

universidade nas suas aulas de anatomia (CASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY, 2022).

Imagens 40 a 42 - Demonstração do *HoloAnatomy*.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022²⁰.

Além desses aplicativos desenvolvidos pelas universidades e pesquisadores para usos e necessidades específicas, existem alguns aplicativos disponíveis no mercado que permitem aos usuários inserir suas cenas/modelos digitais na plataforma e visualizá-los em Realidade Aumentada por meio de dispositivos móveis sem a necessidade de conhecimentos de programação. Apesar da maioria desses aplicativos não terem sido desenvolvidos com foco em oferecer experiências educacionais, eles podem ser levados para a sala de aula e aplicados de acordo com as necessidades de ensino-aprendizado.

Alguns exemplos de aplicativos são o Augment, o Sketchfab, o AR-media e o Augin. Até o momento de aplicação dos experimentos, estes aplicativos tinham as seguintes possibilidades de uso:

- Augment - 14 dias de teste com possibilidade de fazer vários uploads de modelos digitais;
- Sketchfab - Versão free permite apenas 1 upload por mês;
- AR-media - Plano free permite apenas 1 upload por ano;
- Augin - Aplicativo gratuito com possibilidade de realizar inúmeros uploads.

²⁰ Disponível em: <<https://case.edu/holoanatomy/>>

Imagens 43 a 46 - Aplicativos e plataformas (Augment, Sketchfab, AR-media e Augin).



Fonte: Internet, acesso em outubro de 2022²¹.

Em comparação a outras tecnologias digitais, a pesquisa sobre a RA ainda está em estágio inicial, com a maioria dos seus estudos sendo experimentos únicos de curto prazo e alta variabilidade de efeito entre os diferentes estudos (KLJUN et al., 2020; VUȚĂ 2020). Faltam relatórios longitudinais sobre como a RA afeta os resultados da aprendizagem e revisões de literatura que retratem sua evolução ao longo dos anos (KLJUN et al., 2020; AVILA-GARZON et. al, 2021). Não existem dados oficiais de quantas instituições, escolas ou educadores estão utilizando a RA como complemento de suas aulas (KLJUN et al., 2020).

Na prática, a Realidade Aumentada está sendo mais explorada em laboratórios e grupos nas universidades, do que na sala de aula. Esses espaços de criação permitem a colaboração e o compartilhamento de recursos e conhecimentos (BROWN et al., 2020). Alguns exemplos desses laboratórios ou grupos são MIT Media Lab e o VR/AR MIT; e Grinnell College Immersive Experiences Lab; DEV Studio do Dartmouth College; o interlab da USP; Lab3D da UFRJ; e o VOXAR labs, laboratório do CIn-UFPE.

Billinghurst e Duenser (2012) apontaram que, à medida que o uso da Realidade Aumentada se amplia e os estudantes tenham dispositivos móveis compatíveis com a tecnologia, o modelo

²¹ Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ar.augment&hl=pt&gl=US>>; <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sketchfab.sketchfab&hl=pt&gl=US&pli=1>>; <<https://www.inglobetechnologies.com/>>; <<https://www.youtube.com/watch?v=6HcsgRct6EI>>;

de educação provavelmente será diferente. "Esperamos que a tecnologia de RA amadureça o suficiente para que os alunos em 2030 criem rotineiramente conteúdo educacional de RA, conectando assim a experiência da sala de aula ao mundo ao seu redor." (p. 49).

Segundo Kljun et al. (2020), os aplicativos de Realidade Aumentada voltados para a educação estão se tornando cada vez mais disponíveis, pois até mesmo os *smartphones* mais atuais de baixo custo suportam a tecnologia. Ainda em relação ao custo, a RA pode ser experimentada através de aplicativos *open sources* disponíveis e, de acordo com Brown et. al. (2020:30), "muitas vezes, a aprendizagem analógica pode sair cara, o que pode ser reduzido com a implantação da RA" (tradução livre).

Cabe apontar que dispositivos imersivos ainda podem ser muito caros para serem levados a ambientes educacionais. Além disso, como aponta Delgado et. al. (2020), os *head-attached displays*, dispositivos usados na cabeça, não são confortáveis para serem usados por um tempo prolongado. Telas imersivas de baixo custo, como o *Google Cardboard*, não chegam a oferecer ambientes efetivamente imersivos. Embora dispositivos não imersivos, como *smartphones*, possam não ter a mesma capacidade técnica ou profundidade de experiência que os dispositivos imersivos, são utilizados com mais frequência no contexto educacional, devido a sua acessibilidade e custo (CHILDS, 2021).

2.3 REALIDADE AUMENTADA NA EDUCAÇÃO ARQUITETÔNICA E DA GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL

Como foi visto anteriormente, enquanto alguns autores mencionam o crescimento de pesquisas sobre a Realidade Aumentada aplicada à Educação, apontando que ela está sendo bastante utilizada como recurso tecnológico em ambientes educacionais e destacando-se em aplicações em áreas como Arquitetura, Design e Engenharia, outros autores apontam que a tecnologia ainda encontra obstáculos para a criação de experiências em sala de aula e que a maioria dos experimentos que têm sido aplicados são de curto prazo e alta variabilidade de efeito, além de que a RA está sendo mais explorada em laboratórios e grupos nas universidades, do que na sala de aula.

Silva et. al. (2020) sugere que ainda são percebidas poucas utilizações dessa ferramenta tecnológica em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico, apesar de existirem diversos

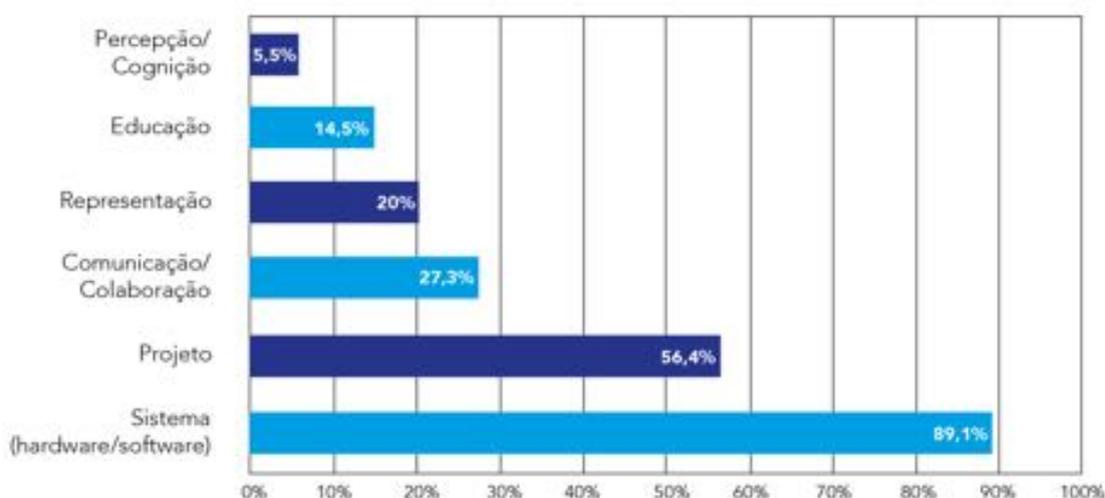
textos sobre a eficiência da RA no ensino de projeto, além de disciplinas de projetos de interiores e restauração de edificações, o que oferece uma oportunidade de desenvolver pesquisas na área.

“Nos últimos anos, no Brasil, ainda são percebidas poucas utilizações deste recurso tecnológico em sala de aula, talvez pelos motivos de ausência de conhecimento do professor sobre o tema ou mesmo ausência de uma metodologia específica e aplicável nas escolas e incentivadas pelos gestores. [...] a implantação da RA na sala de aula exige poucos recursos, e traria uma grande vantagem para a formação dos estudantes” (SILVA et. al. 2020:770)

Milovanovic et. al. (2017), em uma revisão de literatura, a partir de artigos da plataforma CumInCAD, delimitou, em categorias, onde pesquisas relacionadas a RA no projeto e educação arquitetônica se concentravam. Os arquivos foram classificados em seis diferentes categorias, de acordo com a predominância de foco dos temas. Os temas propostos foram: (1) Comunicação e Colaboração; (2) Educação; (3) Representação; (4) Percepção e Cognição; (5) Projeto; e (6) Sistema (hardware/software).

Como resultado dessa revisão de literatura, os temas de Representação (tipos de visualização oferecidas), Educação (questões pedagógicas) e Percepção/Cognição (carga cognitiva ou sentidos estimulados) foram os menos abordados. Conceitos do sistema (hardware/software) e seu uso, foi o tema mais recorrente, seguido dos temas de Projeto (acompanhamento do processo criativo) e Comunicação/Colaboração (design colaborativo e engajamento das partes interessadas) - ver imagem a seguir.

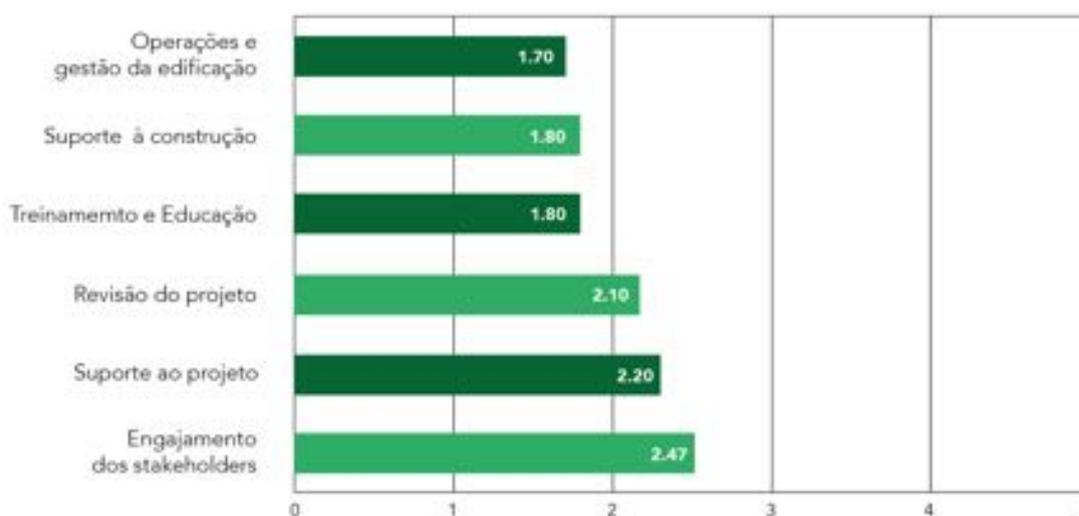
Imagem 47 - Predominância dos temas foco dos artigos revisados.



Fonte: MILOVANOVIC et. al., 2017. Editada pela autora.

Já em uma pesquisa, com base em workshops e questionários, realizada com a participação de especialistas, organizações industriais e acadêmicos, elaborada por DELGADO et al. (2020), foram definidas outras seis categorias de uso da RA no campo da Arquitetura, Engenharia e Construção: (1) Engajamento das partes interessadas, (2) Suporte ao projeto, (3) Revisão do projeto, (4) Suporte à construção, (5) Operações e gerenciamento e (6) Treinamento e Educação (imagem abaixo).

Imagem 48 - Casos de RA nos setores de arquitetura, engenharia e construção e seus níveis estimados de adoção (1 = não utilizado, 2 = teste inicial, 3 = implementação básica, 4 = parcialmente usado, 5 = totalmente implementado).



Fonte: DELGADO et al., 2020. Editada pela autora.

Esta pesquisa aponta que os níveis de adoção da Realidade Aumentada na prática arquitetônica e construtiva ainda estão em baixa (DELGADO et al., 2020). A média das categorias levantadas não difere muito uma das outras. Todas estão à nível de teste inicial, algumas caminhando mais à frente para uma implementação básica. Nenhuma foi considerada, de fato, como implementada.

Tais pesquisas forneceram uma visão geral das aplicações da Realidade Aumentada para apoiar o processo de projeto arquitetônico. Fazendo um paralelo entre a revisão de literatura e a pesquisa exploratória, pode-se observar que a Realidade Aumentada aplicada à arquitetura tem sido mais explorada no que diz respeito ao acompanhamento do processo projetual e à comunicação e engajamento dos stakeholders.

A RA tem facilitado a colaboração de projeto, possibilitando uma participação mais ativa dos envolvidos, e auxiliado no processo de tomada de decisões projetuais, ampliando as oportunidades de representações e simulações, como a possibilidade de visualização e análise do modelo arquitetônico em escala real, permitindo uma melhor compreensão do projeto (MILOVANOVIC et. al., 2017).

Uma interação mais natural com o objeto de design, enriquecendo a ideação e reduzindo a carga cognitiva necessárias para avaliar as soluções projetuais, também tem sido possibilitada pela tecnologia de Realidade Aumentada (MILOVANOVIC et. al., 2017).

Diante desses apontamentos, foi realizado um breve levantamento dos perfis curriculares e conteúdo das disciplinas nos sites de algumas universidades²², reconhecidas nacionalmente e internacionalmente, em busca de menções diretas sobre Realidade Aumentada na grade curricular de suas disciplinas.

Na Escola de Graduação em Design da Universidade de Harvard, no Departamento de Arquitetura, a Realidade Aumentada vem sendo abordada em cursos desde 2004. Veja a tabela abaixo.

Tabela 1 - Cursos da Harvard que abordaram RA.

Curso	Conteúdo	Período
Revisões: arquitetura de gravação	Apresentação de técnicas digitais avançadas como principais modos emergentes de representação arquitetônica: modelos digitais, animações, realidades virtuais e aumentadas, ambientes imersivos, impressões 3D e assim por diante.	Outono de 2004
Cultura Digital: Arquitetura e Cidades	O seminário pretende abordar a dimensão urbana interrogando noções como telepresença, realidade aumentada e cartografia digital.	Primavera de 2009

²² USP, Unicamp, UFRJ, UNESP, PUC-RIO, UFMG, FAU-UNB, UERJ, UFPB, UFBA, Harvard, Cambridge, MIT, UCL e Politecnico di Milano.

Estética Quantitativa: Re-sentindo / Aumentando a realidade	As ideias e técnicas por trás da realidade aumentada serão exploradas e expandidas, a fim de partir da interpretação convencional de AR como a superposição de modelos 3D no campo visual, para uma interface que interfere em nosso processamento sensorial da realidade mediado digitalmente. Os alunos serão solicitados a prototipar um objeto, interface ou instalação que reconfigure ou aumente nossa experiência sensorial do ambiente com base em técnicas de análise de sinal digital.	Primavera de 2015
Design de dentro: como novas tecnologias imersivas criam valor	A realidade virtual, aumentada e mista (VR, AR e MR), juntamente com a impressão 3D, estão mudando a forma como projetamos, construímos e navegamos em paisagens, edifícios e ambientes urbanos. Podemos experimentar os ambientes como eles estão sendo concebidos. As tecnologias imersivas combinadas com a análise de dados nos permitem tomar decisões de design mais bem informadas e criar experiências atraentes.	Outono de 2019
Design Enativo: Aplicativos Criativos por meio da Interação Humano-Máquina Simultânea	Seminário de pesquisa avançada sobre interação homem-máquina. As interfaces digitais fornecem estruturas computacionais para exploração criativa em disciplinas como arquitetura, design e arte. Para aproveitar totalmente o potencial do design computacional e da fabricação robótica, devemos repensar fundamentalmente como projetamos – e como nossos projetos são realizados – com a ajuda dessas tecnologias. Como tecnologias como a realidade aumentada podem complementar a capacidade humana de criação e fabricação criativa?	Primavera 2020
Mídia Digital: Formulário de Redação	Este curso intensivo em modelagem indexical (a implantação de superfícies analíticas variáveis para definir parametricamente o espaço, limites, estrutura e textura tectônica de uma construção tridimensional) será organizado em torno de palestras semanais síncronas e workshops aplicados em design paramétrico, pontuados por três a quatro esboços de design e um projeto de design final. Os entregáveis incluirão instâncias virtuais de modelos físicos - apresentados via AR (realidade aumentada), bem como desenhos e diagramas tradicionais.	Primavera 2021
Estúdio de Engenharia de Design Colaborativo I	Projeto de Produto. Os alunos do primeiro ano matriculados no programa de Mestrado em Engenharia de Design desenvolverão, em grupos de três, um produto de telemedicina, incluindo prototipagem física, digital e de realidade aumentada.	Outono 2020, 2021 e 2022

Fonte: Course Catalog - Harvard Graduate School of Design²³. Editada pela autora.

²³ Disponível em:

No MIT, no primeiro semestre deste ano aconteceu um curso²⁴ e um workshop com o uso da RA. O workshop foi colaborativo e reuniu três instituições: o Departamento de Arquitetura do MIT, o Instituto de Arquitetura da Universidade Técnica de Berlin e a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo do Technion, Instituto de Tecnologia de Israel. Neste Workshop, intitulado Projeto Arquitetônico - Pedagogias Históricas Aumentadas: As Narrativas Urbanas Ocultas de Tiergarten²⁵, a RA, assim como a RV, foi aplicada em um estudo interdisciplinar do maior parque de Berlim, o Tiergarten, local que passou por transformações históricas únicas.

A ideia do workshop foi que os estudantes utilizassem técnicas avançadas de simulação, mecanismos de jogos e produzissem representações imersivas do parque. Os projetos em RA e RV apresentariam a multiplicidade das narrativas históricas do parque, provocando não só a discussão sobre o passado do Tiergarten, mas também sobre um futuro repensado.

O curso Estudo de Design: interações avançadas, por sua vez, traz uma visão geral de princípios e metodologias para design de interação e comportamento entre objetos e espaços. O curso inclui tópicos como: a história da interação humano-computador, prototipagem de comportamento, realidade aumentada e virtual, haptics, internet das coisas e wearables e fornece uma base em habilidades técnicas, como prototipagem física, animação 2D e 3D, Unity, codificação e eletrônica. Como resultado, os estudantes devem desenvolver protótipos interativos de alta fidelidade que possam ser implantados e experimentados por usuários reais.

Em 2019, o Instituto Politécnico di Milano realizou um curso no formato de laboratório experimental intitulado 'Aplicações de Realidade Aumentada e Realidade Virtual para Arquitetura e Engenharia Civil'. Foram 10 dias de experimento. O objetivo do curso foi usar um programa de Realidade Aumentada e Realidade Virtual para desenvolver aplicações para arquitetura e engenharia civil. Para isso, foi construída uma maquete digital no *Revit* e importada para o programa *Unity3D*. Foi trabalhado Criação de Cena e o uso de marcador foi feito através do *Vuforia*. No fim, cada aluno entregaria um aplicativo RA e RV.

<https://www.gsd.harvard.edu/courses/?department=architecture&course_type=&semester=all&search=augmented+reality>

²⁴ Informações disponíveis em: <<http://catalog.mit.edu/subjects/4/>>

²⁵ Informações disponíveis em:

<https://architecture.mit.edu/classes?combine=augmented%20reality&field_semester_target_id=All&field_thesis_value=All&sort_bef_combine=field_subject_number_value_ASC>

No Projeto Político Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo, vigente desde 2018, da Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp, existe uma referência direta à Realidade Aumentada nos componentes curriculares dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo na disciplina de Modelização do Espaço Urbano. Disciplina Optativa de 60h da área de estudo de Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo, da área de Meios de Representação e Expressão.

Imagem 49 - Ementa da disciplina Modelização do Espaço Urbano.

MODELIZAÇÃO DO ESPAÇO URBANO	60 hs
Modelação, Modelagem e Modelização aplicados à representação em Arquitetura e Urbanismo. Comunicação e Visualização Cartográfica. Noções de Realidade Virtual e Realidade Ampliada.	

Fonte: PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO, 2018.

Cabe apontar que muitos sites não disponibilizam o conteúdo das disciplinas e que, apesar de muitas universidades não possuírem referências de Realidade Aumentada no currículo dos cursos de Arquitetura, várias possuem grupos de pesquisas e laboratórios na área de RA, a exemplos da Harvard, Cambridge, MIT, University College London (UCL), Politecnico di Milano, USP, UFRJ e UFPE.

Milovanovic et. al. (2017) e Silva et. al. (2020), sugerem que, na educação arquitetônica, a RA tem se apresentado como um sistema que pode enriquecer o processo projetual. De uso dessa tecnologia, os estudantes podem aprender de forma ativa, interagindo com o objeto de projeto no contexto de intervenção, dando mais confiança para apresentar a sua solução. A interface também possibilita um aprendizado colaborativo, dando apoio a sessões de análise projetual entre professores e estudantes.

Momentos de discussão projetual são importantes para que os estudantes possam aprender como projetar com os professores e com seus colegas. Este é um momento pedagogicamente importante, visto que a comunicação e colaboração são construtivas e impulsionam a aprendizagem (MILOVANOVIC et. al., 2017).

“A falta de comunicação construtiva é impulsionada por mal-entendidos, que podem ser uma consequência da lacuna entre a experiência de design do estudante e do instrutor, bem como uma dificuldade de sincronizar o modelo mental do estudante e do professor do objeto de design.” (MILOVANOVIC et. al., 2017:12, tradução livre)

Uma interação mais natural com o objeto de design, enriquecendo a ideação e reduzindo a carga cognitiva necessária para avaliar as soluções projetuais, também tem sido possibilitada pela tecnologia de Realidade Aumentada (MILOVANOVIC et. al., 2017). Ainda, o uso desse recurso tecnológico "pode auxiliar na visualização, análise e dedução das formas geométricas espaciais e planas." (ALMEIDA, 2020:17) e possibilitar novas formas de aprendizagem.

Para Diao e Shih (2019), a RA tem trazido oportunidades de reformar a educação em Arquitetura e Engenharia Civil. "Estudos de aplicação de RA na educação ACE (*Architectural and Civil Engineering*) têm aumentado anualmente, e inúmeras pesquisas indicaram que a RA possui imenso potencial de aplicação." (p. 01, tradução livre). Segundo os autores, a característica mais importante da RA é a sua capacidade de vincular os mundos reais e virtuais, dessa forma, ela pode ajudar os estudantes a criar conexões informacionais entre esses dois mundos com mais facilidade e tornar os conhecimentos mais concretos (em contraponto aos bidimensionais e abstratos). Com a RA, os estudantes podem observar objetos 3D de variadas perspectivas, permitindo melhorar a sua compreensão.

De acordo com Silva et. al. (2020), disciplinas de Projeto Arquitetônico, ministradas principalmente nos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo e nos cursos de Engenharia Civil e Técnico em Edificações, tem um "papel fundamental para a futura profissão do estudante, uma vez que o torna capaz de compreender o conjunto arquitetônico e também de executar os desenhos técnicos obedecendo as normas vigentes." (p. 757).

Contudo, segundo GARGRISH et. al. (2019), muitos pesquisadores argumentam que a maioria dos estudantes "muitas vezes não é capaz de construir uma conexão entre os objetos no espaço bidimensional, com o mundo 3D da vida real, o que, em consequência, torna-se difícil para os alunos distinguir sólidos geométricos de formas planas." (p. 1040). Esta dificuldade está presente nos cursos anteriormente referidos, pois a maioria dos estudantes não desenvolveu a habilidade de visualização espacial ao longo do ensino fundamental e médio. Desta forma, existe uma dificuldade de visualizar de forma tridimensional um projeto/objeto representado bidimensionalmente (SILVA et. al., 2020).

Para estudantes dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharias, é imprescindível desenvolver a sua habilidade de visualização tridimensional para que seus projetos sejam melhor resolvidos e construídos (SILVA et. al., 2020). Muitos conteúdos ministrados nesses cursos são relacionados à configuração e propriedade de objetos 3D (DIAO e SHIH, 2019).

No site do Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Pernambuco, por exemplo, é possível encontrar diversos componentes curriculares de Geometria Gráfica relacionados aos cursos de Arquitetura e Urbanismo (Geometria Gráfica 2D I e II, Geometria Gráfica 3D I e II e Tópicos Especiais em Geometria Gráfica 2D I e II e Geometria Gráfica 3D I e II) e Engenharias²⁶ (Geometria Gráfica Tridimensional), além de disciplinas que dependem destas mencionadas, como Geometria Descritiva, Desenho Técnico e Desenho de Máquinas.

Ao observar um desenho técnico (planta baixa, representação de uma peça mecânica, por exemplo), o estudante precisa compreender os elementos. O uso de ferramentas e programas computacionais podem auxiliar o aluno a desenvolver sua visão espacial. Quanto mais ferramentas são disponibilizadas aos estudantes, maiores são as oportunidades de interagir com os recursos disponíveis e atingir seus objetivos didáticos (SILVA et. al., 2020).

No entanto, entende-se que mesmo com o domínio de inúmeras ferramentas tecnológicas e dos instrumentos de desenho, o estudante ainda pode ter dificuldades em visualização no plano tridimensional da forma abstrata do que está sendo representado (SILVA et. al., 2020).

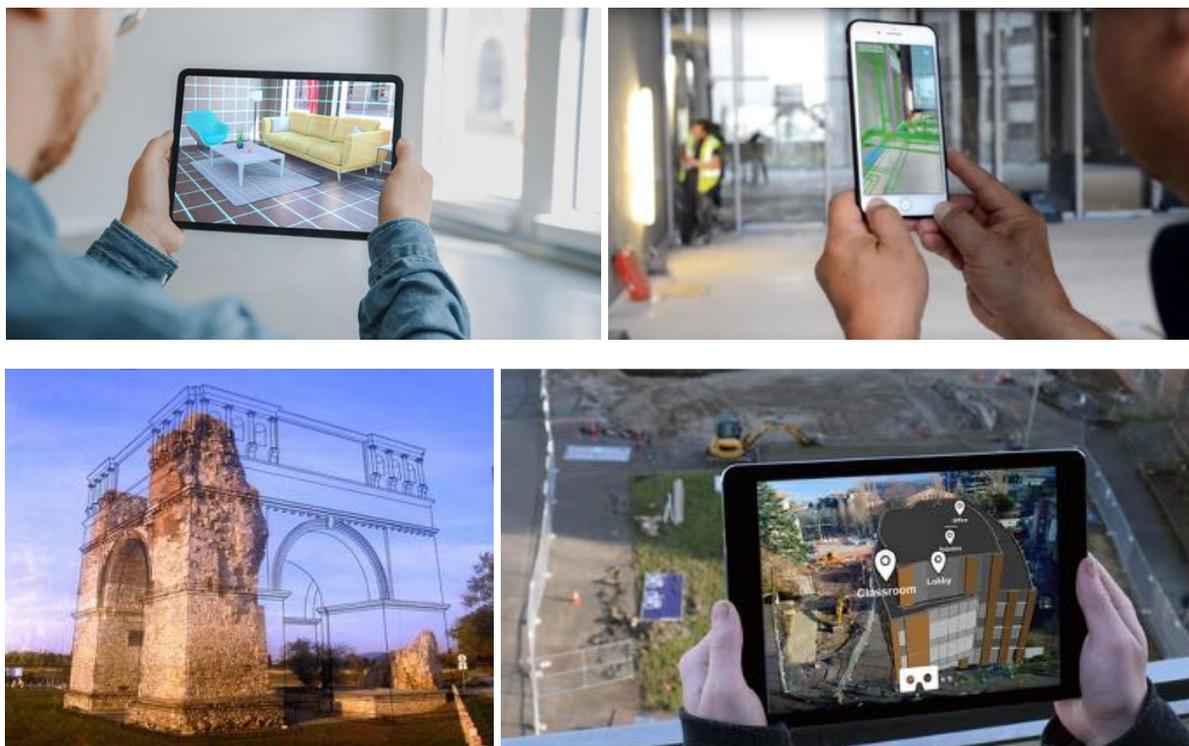
Neste contexto, a Realidade Aumentada "se apresenta como uma excelente ferramenta tecnológica e de baixo custo de aplicação para superar muitos desafios impostos a este processo de ensino-aprendizagem." (SILVA et. al., 2020:765). A partir da RA, o estudante pode visualizar na tela do seu monitor, *smartphone* ou *tablet* o objeto tridimensional, podendo ainda interagir com este de forma dinâmica, relacionando-o à representação anteriormente apenas bidimensional (SILVA et. al., 2020).

A Realidade Aumentada possibilita que o estudante, na posse de seu conhecimento prévio sobre a disciplina ministrada, possa praticar e consolidar os conceitos acessando a tecnologia, direto do seu dispositivo, relacionada ao material de apoio, auxiliando no aprendizado (SILVA et. al., 2020).

²⁶ Engenharia de Alimentos, Civil, Cartográfica, Mecânica, de Minas, Química, Elétrica, Eletrônica, de Energia, de Materiais, Naval e de Produção.

Vale mencionar que a tecnologia RA possui uma infinidade de possibilidades e tem sido aplicada nas áreas de Arquitetura e Engenharia e isso pode ser levado para dentro do contexto educacional (SILVA et. al., 2020). São alguns exemplos, aplicações em projetos de interiores, onde o usuário pode visualizar os móveis antes de comprá-los; aplicações relacionadas à instalações prediais, onde o usuário pode visualizar na obra onde estão localizadas as instalações; em aplicações de resgate de artefatos urbanos e arquitetônicos, onde monumentos demolidos, ou parte deles, podem ser visualizados; no processo projetual, onde as edificações e suas estruturas podem ser pré-visualizadas, inclusive na escala real e no local de implantação.

Imagens 50 a 53 - RA aplicada à interiores; RA aplicada a instalações prediais; RA aplicada a resgate de artefatos arquitetônicos; RA aplicada à visualização projetual.



Fonte: Internet. Acesso em junho de 2022²⁷.

²⁷ Disponível em:

<<https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Casa-Conectada/noticia/2021/08/10-aplicativos-gratuitos-p-ara-decorar-casa-sem-erro.html>>;

<<https://www.archdaily.com/914501/9-augmented-reality-technologies-for-architecture-and-construction>>;

<<https://www.pinterest.com/pin/564287028290196524/>>;

<<https://www.buildingenclosureonline.com/articles/86932-augmented-reality-app-for-construction-visualization>>.

De acordo com uma revisão de literatura realizada por Diao e Shih (2019), a RA tem sido aplicada na educação de Arquitetura e Engenharia tanto no que diz respeito à aprendizagem de conteúdos específicos, quanto a conteúdos gerais. As disciplinas de conhecimentos específicos são as que podem aplicar a Realidade Aumentada como interface para fornecer conhecimento, como exemplo das disciplinas de História da Arquitetura ou Métodos de Construção e Materiais. Já as disciplinas de conhecimentos gerais são as que oferecem suporte para outras disciplinas como uma ferramenta digital sem um objetivo específico de aplicação, como disciplinas de CAD e Modelagem 3D. Segundo a pesquisa, a tecnologia tem sido mais aplicada como ferramenta digital (DIAO e SHIH, 2019).

"A aplicação da RA em todos os departamentos pode ser relacionada ou referida como um requisito fundamental para que os alunos aprimorem seus conhecimentos de informática em geral, ou como uma habilidade ou ferramenta aprendida sem um curso específico em mente, como ferramenta de informática, curso de geometria, representação sistema, conhecimentos gráficos de engenharia, aplicações gráficas e espaciais, etc. Também pode ser dado como uma tarefa em que um assunto específico do domínio pode ser aplicado e aprendido, como métodos e materiais de construção, design de paredes externas, história da arquitetura ocidental, análise de estrutura primária, projeto de construção e montagem, etc." (DIAO e SHIH, 2019:06, tradução livre).

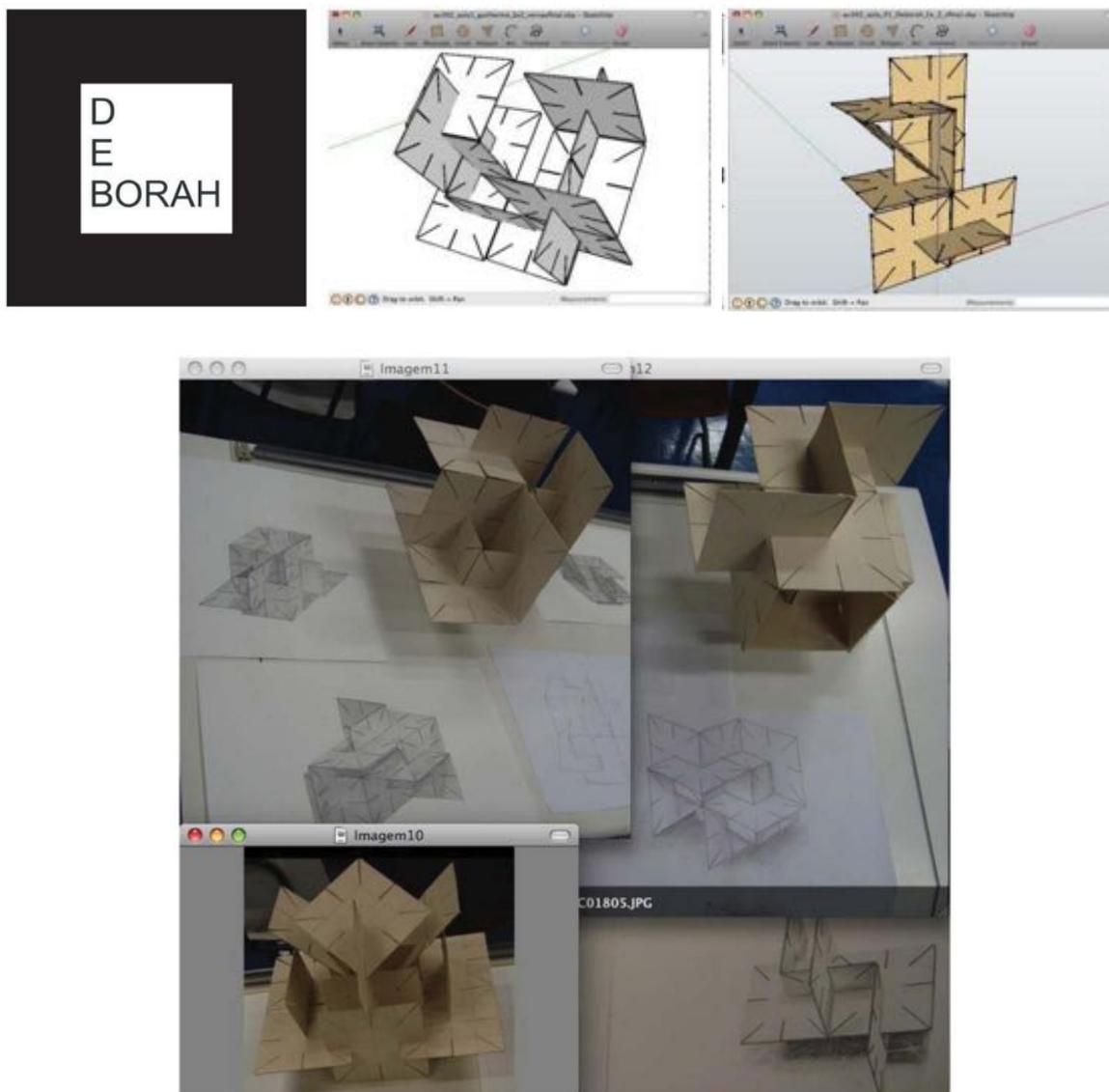
A Realidade Aumentada tem sido pesquisada como ferramenta digital, permitindo que os estudantes aprimorem seus conhecimentos e habilidades em informática. Aplicada à modelagem 3D, onde tem sido mais explorada, a RA tem gerado ganhos no que diz respeito à competências gráficas e habilidades espaciais (DIAO e SHIH, 2019).

Experiências da aplicação da RA têm sido desenvolvidas no Ensino Superior, como ferramenta de ensino-aprendizagem em sala de aula. Em 2010 foi realizada uma experiência no curso de Arquitetura e Urbanismo, na FEC – UNICAMP, que teve como objetivo verificar a potencialidade de um software gratuito, o *BuildAr*, como ferramenta de Realidade Aumentada para a apresentação dos trabalhos dos estudantes, desenvolvidos digitalmente com o uso do *SketchUp*. Para isso, foi realizado um experimento prático na disciplina AU302 – Informática Aplicada II (HARRIS e SILVA, 2011).

Para essa experiência foi instalada a versão gratuita do software no computador do professor no laboratório de informática. Ao computador foi conectada uma webcam para capturar as imagens (marcadores físicos) e um datashow para que as imagens da tela do computador fossem projetadas na sala de aula para que os demais estudantes pudessem visualizar o

resultado. A experiência foi realizada com o uso de marcadores físicos e modelagem 3D desenvolvidos pelos próprios estudantes. Estes modelos digitais foram feitos a partir de maquetes físicas desenvolvidas pelos estudantes no semestre anterior, em sua primeira disciplina de projeto (HARRIS e SILVA, 2011).

Imagens 54 a 57 - Exemplos de marcador e das modelagens; e de estruturas projetadas e desenvolvidas fisicamente por alunos na disciplina anterior.



Fonte: Harris e Silva, 2011.

Para esta experiência, os marcadores são lidos e os modelos digitais são inseridos na cena em RA. Segue abaixo imagens do funcionamento do software e do resultado da experiência com os estudantes.

Imagens 58 e 59 - Funcionamento da interface do software em RA; Apresentação dos trabalhos em RA.



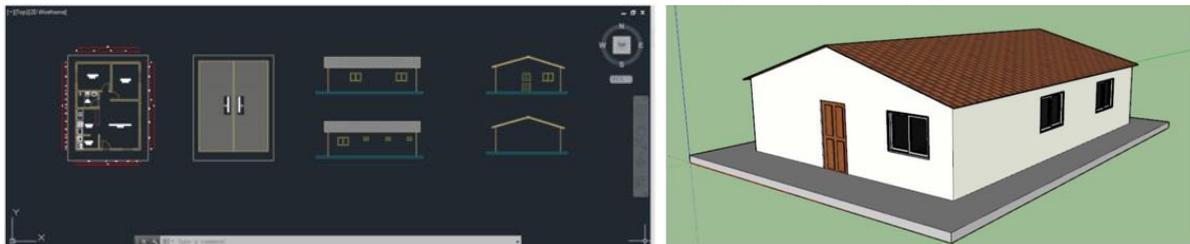
Fonte: Harris e Silva, 2011.

O resultado desse experimento foi satisfatório. Os estudantes puderam manipular suas modelagens digitais e apresentá-las aos colegas a partir dos seus marcadores personalizados. Ainda segundo o autor, "a execução deste experimento agradou aos alunos, que se interessaram em saber mais sobre o assunto" (p. 16). O resultado positivo deste experimento estimulou a continuidade desta Iniciação Científica (HARRIS e SILVA, 2011).

Mais recentemente, foi realizado um experimento com estudantes do Curso Técnico em Edificações ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). A proposta foi de levar a Realidade Aumentada para a disciplina de Projeto Arquitetônico, em busca de "sanar uma dificuldade coletiva de visualização tridimensional de elementos arquitetônicos representados em projeto bidimensional" (SILVA, 2020:756).

A fim de desenvolver a capacidade de abstração do estudante, utilizou-se a RA de forma a visualizar e analisar o modelo tridimensional da edificação, em simultâneo com o seu projeto impresso, apenas com uso do smartphone e internet. O projeto arquitetônico foi desenvolvido no software *AutoCAD*, a modelagem foi realizada por meio do software *SketchUP* e para a visualização do modelo 3D em Realidade Aumentada foi utilizado um aplicativo de RA gratuito, o *Augin* (SILVA, 2020).

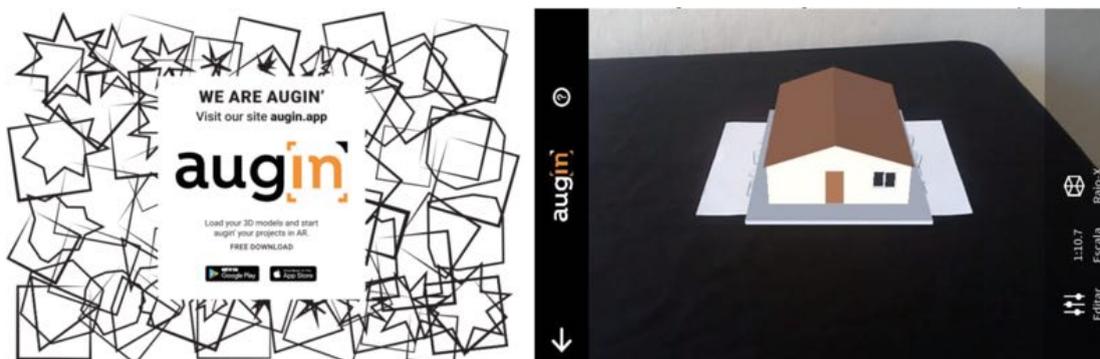
Imagens 60 e 61 - Projeto Arquitetônico desenvolvido no AutoCAD; Modelagem da edificação desenvolvida no SketchUp.



Fonte: Silva, 2020.

O modelo tridimensional foi exportado para o *Augin*, onde foi possível visualizar e interagir com a edificação em RA, junto com os discentes, a partir de um marcador padrão impresso em uma bancada. Foi possível alterar escalas, fazer rotações e visualizar detalhes do interior da edificação, como se estivesse caminhando dentro da mesma (SILVA, 2020).

Imagens 62 e 63 - Marcador padrão e visualização da edificação em RA através do aplicativo Augin.



Fonte: Silva, 2020.

Os autores desse experimento acreditam que a Realidade Aumentada é uma ferramenta muito importante para os professores utilizarem nas aulas da disciplina de Projeto Arquitetônico, pois os estudantes poderiam assumir um papel ativo dentro do processo ensino-aprendizagem. A RA pode trazer um conjunto de benefícios para o ensino, não só porque permite estimular a interação com o projeto como se ele já estivesse materializado, mas também porque é possível observar os projetos em *AutoCAD*, a modelagem tridimensional e a sua projeção em RA, compreendendo assim o projeto em sua plenitude, o que foi observado nos estudantes participantes do experimento (SILVA, 2020).

Como resultados obtidos neste experimento, atestou-se que a RA se apresenta como grande aliada ao processo de ensino e aprendizagem para a disciplina de Projeto Arquitetônico, podendo ser expandida para qualquer outra disciplina, uma vez que produz motivação entre os estudantes e cria oportunidade de utilização do seu próprio *smartphone* para fins didáticos (SILVA, 2020).

"Seria aproveitado o recurso que o discente já possui, sem precisar a escola adquirir bens de tecnologia, uma vez que muitas não possuem esta reserva em seu orçamento. O estudo descreveu que a RA pode ser perfeitamente aplicada com os mínimos de recursos, cabendo ao professor a tomada da iniciativa para trazer esta discussão para a sala de aula." (SILVA, 2020:770)

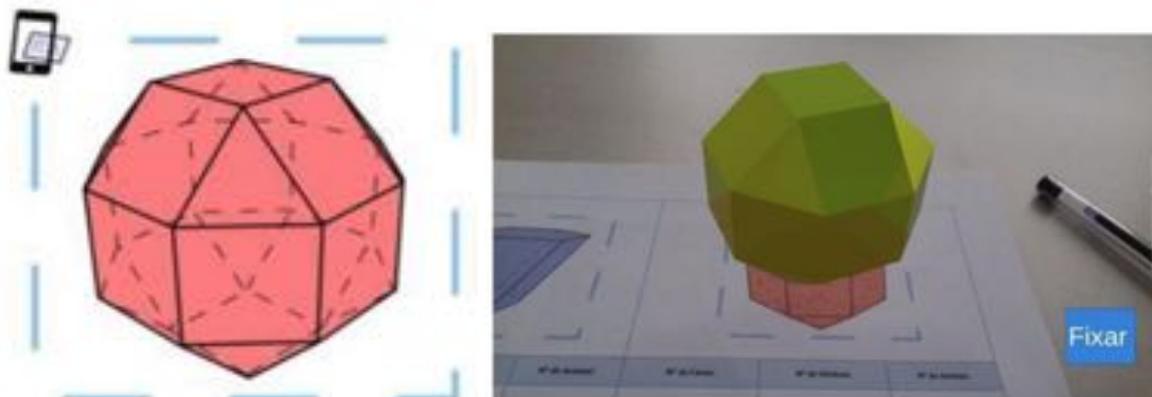
Por fim, os autores do experimento acreditam que a Realidade Aumentada deve ser incorporada aos currículos de cursos de graduação, assim como cursos de nível fundamental e médio. Os recursos disponíveis permitem expandir a visão espacial que não limita-se apenas à área de projeto (SILVA, 2020).

"Por representar uma tecnologia de baixo custo, é possível esta aplicação para fins didáticos. É preciso, anteriormente, uma preparação do docente, para que possa trabalhar de forma correta com os alunos dentro do tema da RA, e para que possa extrair os melhores resultados de aprendizado. " (SILVA, 2020:766)

Outro estudo de caso de integração da Realidade Aumentada como recurso para facilitar a percepção de objetos 3D para contribuir no ensino e aprendizagem da Geometria Espacial, foi uma pesquisa realizada em colégios públicos de um município do litoral paranaense. Participaram da pesquisa 123 estudantes de cinco turmas, três do ensino regular e duas do curso de formação de docentes. Para tal, foi utilizado um material didático impresso interativo a um aplicativo desenvolvido especialmente para ser aplicado na pesquisa, o *PolyedRA*. Cabe apontar que o desenvolvimento do aplicativo decorreu da dificuldade de encontrar um aplicativo gratuito em português que atendesse aos interesses da pesquisa (MACEDO, 2019).

O material didático impresso desenvolvido foram marcadores que, focalizados com a câmera do dispositivo, pode-se visualizar os objetos virtuais correspondentes, como o exemplo abaixo.

Imagens 64 e 65 - Marcador e tela do aplicativo PolyedRA.



Fonte: Macedo, 2019.

Cabe mencionar que os dispositivos utilizados na experiência pertenciam aos estudantes, o que tornou desnecessário a utilização de um laboratório de informática. A maioria dos estudantes possuía *smartphones* pessoais compatíveis com a tecnologia, o que possibilitou a atividade. Houve também compartilhamento de dispositivos e alguns estudantes realizaram a atividade em duplas ou trios (MACEDO, 2019).

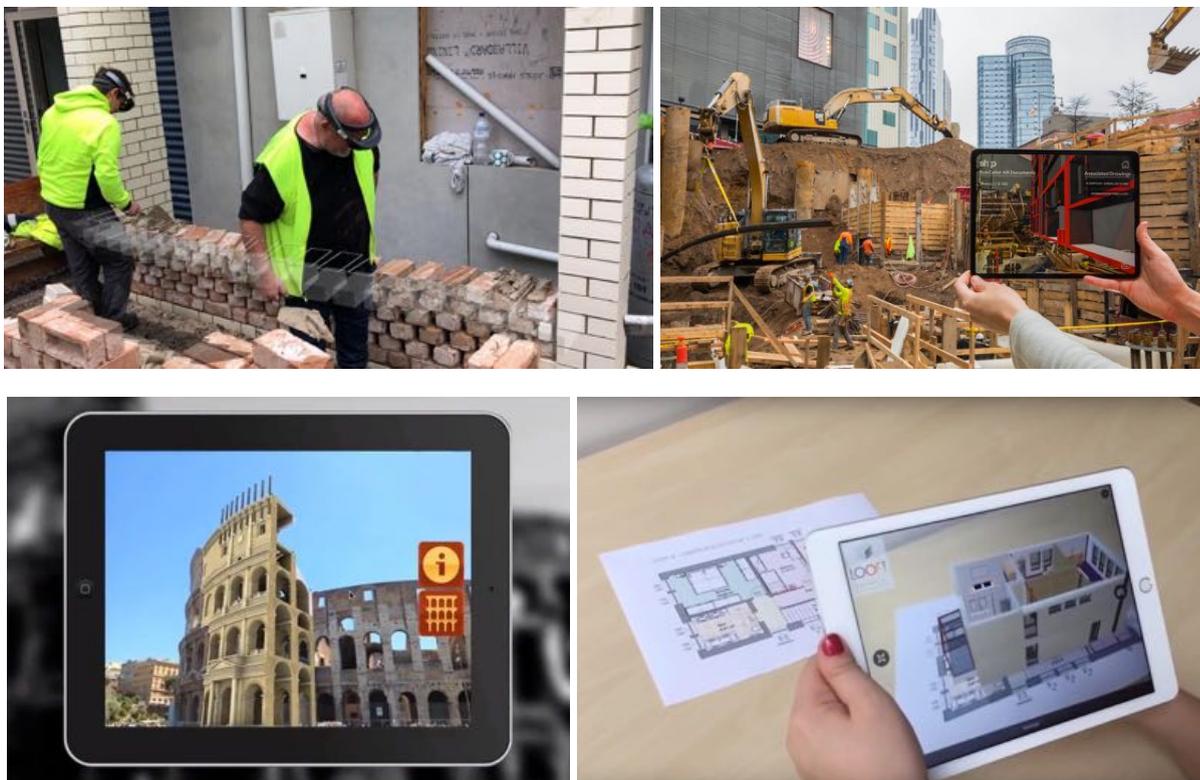
Em termos do ambiente de sala de aula, percebeu-se que a RA potencializou o trabalho colaborativo, o interesse e as interações entre professor/estudante/conteúdo e teve efeito motivacional. É importante mencionar que o recurso foi integrado ao ambiente de aprendizagem a fim de potencializar e não substituir qualquer outro recurso pedagógico. Nesta pesquisa, a Realidade Aumentada foi um recurso de apoio de ensino-aprendizagem que favoreceu a integração de mídias e a visualização de objetos geométricos de forma, trazendo um aspecto lúdico (MACEDO, 2019).

A Realidade Aumentada tem sido pesquisada como ferramenta digital, permitindo que os estudantes aprimorem seus conhecimentos e habilidades em informática. Aplicada à fase final do processo projetual e na apresentação de modelos 3D, onde tem sido mais explorada, a RA tem gerado ganhos no que diz respeito às competências gráficas e habilidades espaciais (DIAO e SHIH, 2019).

Existem indicações de que, aplicada como interface auxiliar em disciplinas de conhecimentos mais específicos ou práticos, como métodos construtivos, história da arquitetura, análise estrutural e projeto arquitetônico, por exemplo, a RA pode melhorar os resultados de

aprendizado, aumentar a motivação e reduzir a lacuna cognitiva entre as práticas acadêmica e profissional (DIAO e SHIH, 2019).

Imagens 66 a 69 - Exemplos de possíveis aplicações de RA.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022²⁸.

Outra possibilidade que a tecnologia possibilita é criar ênfase no local. Os estudantes podem ser levados a cenários de aprendizagem semelhantes ao encontrado na prática profissional, enfatizando o local de intervenção, como um canteiro de obras ou um espaço urbano, em contraste à tipos de ensino mais tradicionais feitos dentro de espaços fechados, fora do contexto de uso. Embora que métodos de ensino que enfatizam locais possam aumentar o interesse dos estudantes e se mostrem eficazes no ensino arquitetônico, poucos exemplos se utilizam da ferramenta de forma que ela incorpore uma experiência real no local de aprendizagem (DIAO e SHIH, 2019).

²⁸ Disponível em: <<http://www.internetbestsecrets.com/2013/06/augmented-reality-brings-romes-coliseum.html>>
<<https://www.archdaily.com/914501/9-augmented-reality-technologies-for-architecture-and-construction>>
<<https://www.nytimes.com/2019/11/08/realestate/how-virtual-reality-is-augmenting-realty.html>>

Imagens 70 e 71 - Exemplos de aplicações de RA no local.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022²⁹.

Essa é uma das vantagens da Realidade Aumentada: ela pode constituir um laboratório portátil, podendo ser levada para qualquer lugar, em contraste com as abordagens de modelagem física (tanto tradicional quanto automatizada) que para ser realizada precisa de espaço e instalações específicas. Para que isso aconteça, dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, são comumente adotados (DIAO e SHIH, 2019).

De posse dessa tecnologia, os estudantes podem levar os seus modelos tridimensionais para uma representação mais próxima do real de um objeto ou espaço, o que pode melhorar suas habilidades espaciais, ajudando a entender a percepção visual e a expressão espacial (DIAO e SHIH, 2019).

Diante do que foi exposto, é considerado que a RA pode ser aplicada como uma ferramenta digital e ser levada à diversos conteúdos de cursos de Arquitetura e Urbanismo, como em projeto arquitetônico, instalações prediais, geometria gráfica, entre outros, assim como disciplinas que envolvem conteúdo de Geometria Gráfica Tridimensional e que fazem parte tanto do currículo de Arquitetura quanto de algumas Engenharias, auxiliando no processo de ensino e aprendizagem.

²⁹ Disponível em:

<<https://medium.com/@colbygee/augmented-reality-in-architecture-literally-bring-people-inside-your-design-and-blow-their-minds-d79b0a153453>>;

<https://www.poolspanews.com/how-to/design-construction/how-augmented-reality-will-optimize-backyard-living-spaces_o>

Entende-se ainda que a RA, neste momento de desenvolvimento e aplicação, precisa de um ambiente de ensino-aprendizagem multidisciplinar e integrado, envolvendo colaboração de diversos campos de ensino, diferentes departamentos e laboratórios. Se faz necessário que especialistas da computação, que costumam desenvolver os sistemas em RA, se juntem a profissionais e acadêmicos da área de arquitetura, engenharia e educação para melhor entender as necessidades e os desafios encontrados desde a criação, à manipulação e apresentação de modelos digitais no ambiente de ensino.

“As tendências e pesquisas em estudos de RA na educação de arquitetura, construção e engenharia, tornaram-se uma questão de integração e colaboração, que deve ser conduzida de forma interativa com descobertas pedagógicas e, esperançosamente, com recursos integrados em departamentos universitários, laboratórios, centros de treinamento profissional, centros de pesquisa, provedores de sistema e empresas com projetos reais fora do campus.” (DIAO e SHIH, 2019:15, tradução livre)

A inserção da RA na educação de Arquitetura e Engenharias normalmente encontra dois desafios: os currículos e os sistemas. O desafio de implantação no currículo dos cursos de arquitetura tem mais a ver com os conteúdos abordados, formato do perfil e tempo do curso. Já no que diz respeito ao sistema, as questões estão associadas aos equipamentos e manipulação da RA. É indicado que os estudantes não gastem muito tempo aprendendo uma nova tecnologia, pois além de poder ocasionar uma sobrecarga cognitiva no ambiente de aprendizagem, também pode comprometer o tempo do curso. Acredita-se que os desafios relacionados ao sistema serão resolvidos com o avanço da tecnologia e que precisa-se buscar estratégias de aprendizagem e métodos de ensino mais adequados (DIAO e SHIH, 2019).

Na próxima seção será realizada uma breve análise do Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo e da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional, para entender as possibilidades de inserção da Realidade Aumentada. Ambos os cursos são da Universidade Federal de Pernambuco.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS CURSOS NO CAU - UFPE e GGT-UFPE

Neste capítulo será realizada uma breve análise do Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco (CAU-UFPE) e da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional (GGT-UFPE), com o intuito de analisar possibilidades de inserção da Realidade Aumentada no currículo e disciplinas.

De antemão, cabe apontar que a experiência da autora com uso da Realidade Aumentada mencionada anteriormente na introdução foi fruto de pesquisas e experiências além-curso. A Realidade Aumentada não é uma tecnologia que faz parte dos componentes curriculares do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco como outras tecnologias, a exemplo de CAD³⁰, modelagem 3D e BIM³¹.

Contudo, o CAU-UFPE tem como um dos seus princípios pedagógicos específicos a incorporação de novas tecnologias com o objetivo de desenvolver o domínio da informática como instrumental para a formação do arquiteto e urbanista; e traz possibilidades de inserção da RA dentro da sua estrutura curricular em disciplinas eletivas de Informática Aplicada como é apresentado em uma breve análise do seu Projeto Pedagógico em vigor ao longo da próxima seção 3.1.

No que se refere à aplicação da Realidade Aumentada na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional, vale mencionar que durante a minha graduação em Arquitetura e Urbanismo foi realizada uma monitoria em disciplina equivalente, na época intitulada Introdução ao Desenho. Essa experiência, realizada na Área II³² da UFPE, possibilitou ter contato com algumas dificuldades dos estudantes em relação à visualização espacial e entendimento dos modelos tridimensionais representados nos principais sistemas de representação gráfica trabalhados na disciplina.

³⁰ Computer Aided Design

³¹ Building Information Modeling

³² A Área II é um órgão de apoio do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), criado em 1971 com o objetivo de congregar os Ciclos Geral e Básico dos cursos de Tecnologia e de Ciências Exatas.

3.1 CAU - UFPE

O Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco é uma instituição de ensino de referência no país. Já tendo passado por 17 estruturas curriculares, com a última ocorrida em 2010 e revisada em 2016, o curso visa adequar-se às novas demandas da sociedade, especialmente no que diz respeito aos avanços tecnológicos para a concepção e realização de planos e projetos, assim como às normativas federais (AMORIM et. al, 2010).

Segundo o projeto pedagógico, com um mercado globalizado, faz-se necessário uma adequação do curso aos padrões internacionais de formação profissional, garantindo acesso a tecnologias mais avançadas e a novos conteúdos programáticos, em busca permanente pela inovação (AMORIM et. al, 2010).

Visando garantir a formação de quadro profissional generalista, pretende-se ampliar as capacidades do profissional que está sendo formado, através de uma busca permanente de inovação de métodos e procedimentos e da inter-relação da arquitetura, urbanismo e paisagismo com a inovação tecnológica (AMORIM et. al, 2010).

O CAU-UFPE é multidisciplinar, formado por professores e disciplinas de departamentos diversos como Engenharia Civil, Cartografia, Teoria da Arte, Ciências da Informação e Expressão Gráfica (AMORIM et. al, 2010).

O curso é estruturado de modo a garantir ao estudante competências e habilidades exigidas nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) como, entre outros, "O conhecimento dos instrumentais de informática para tratamento de informações e representação aplicada à arquitetura, ao urbanismo, ao paisagismo e ao planejamento urbano e regional." (AMORIM et. al, 2010:36).

Dentre os princípios pedagógicos específicos do curso, estão a flexibilidade curricular, integração entre conteúdos, incorporação de novas tecnologias, integração entre atividade profissional e acadêmica, dinâmica articulada de produção do conhecimento, programa de avaliação sistemática, empreendedorismo e produção de conhecimento e sua divulgação. (AMORIM et. al, 2010). Esta pesquisa irá se concentrar nos 3 primeiros princípios.

A flexibilidade curricular é um dos princípios norteadores do curso que busca uma formação que integre o ensino, a pesquisa e a extensão,

"com diversidade de procedimentos pedagógicos que supere os limites da sala de aula; da oferta de oportunidade para o envolvimento do aluno em atividades integradas a problemas concretos; com a oferta de estrutura curricular dinâmica, que permita ao aluno estabelecer caminho próprio na sua formação; com a possibilidade de criação de novas disciplinas, sejam elas optativas ou de extensão, adequadas aos temas emergentes." (AMORIM et. al, 2010:37).

Neste contexto de flexibilidade curricular, seria possível abrir um espaço para a criação de uma disciplina de Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo com o conteúdo voltado para a tecnologia de Realidade Aumentada, tema emergente. A disciplina poderia entrar como optativa para que os estudantes tivessem a escolha em cursá-la. Cabe ainda apontar que, com a RA seria possível criar experiências além sala de aula com uso de dispositivos móveis, sem a necessidade de utilizar um laboratório de informática.

Sobre a integração de conteúdos, é apontado que disciplinas eletivas sejam ofertadas sempre que houver a necessidade de oferecer conteúdos específicos e que a oferta de atividades (extensão, iniciação científica, estágio curricular, viagens de estudo, etc.) seja ampliada para favorecer a troca entre estudantes e professores do curso e de outras instituições. (AMORIM et. al, 2010).

Visto isso, abre-se a possibilidade de com a Realidade Aumentada oferecer um conteúdo que está já sendo aplicado no campo da Arquitetura e Urbanismo, podendo estimular a troca entre professores e conteúdos de outras disciplinas do curso e outros centros da mesma universidade, como departamentos de Design e Ciências da Computação.

No que diz respeito à incorporação de novas tecnologias, é apontada a incorporação de novos recursos da informática à atividade acadêmica, a indicar a importância do domínio da informática como instrumento para a representação do projeto e formação do arquiteto. Ainda, "recomenda-se a utilização de meios de comunicação e interação digital como forma de ampliar a capacidade de oferta de cursos na modalidade de ensino a distância" (AMORIM et. al, 2010:38).

Nesse sentido, a RA poderia ser incorporada ao currículo como mais uma ferramenta digital para a representação e visualização projetual, além de ser uma tecnologia que trabalha bem na modalidade EAD, possibilitando levar os modelos digitais tridimensionais arquitetônicos para qualquer ambiente e contexto.

Sobre a estrutura do curso, o CAU-UFPE é dividido em blocos anuais, onde cada um tem um tema central para o desenvolvimento de Projeto e das demais disciplinas que dão base ao referido tema. O primeiro ano trata de **requalificação** de edificações e áreas urbanas; o segundo de **renovação** de áreas urbanas; o terceiro de **urbanização** de áreas periurbanas e rurais; o quarto de **conservação** de sítios, paisagens e edifícios históricos; e o quinto e último ano é centrado no desenvolvimento da monografia (AMORIM et. al, 2010).

Imagem 72 - Estrutura Pedagógica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE.



Fonte: Amorim et. al, 2010.

Cabe apontar que nos períodos ímpares o foco é em projeto urbanístico e nos períodos pares em projeto arquitetônico. Desde o primeiro ano, o estudante entra em contato com disciplinas de Desenho e Meio de Representação e Expressão e Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo.

A estrutura do CAU-UFPE é singular, com a disciplina de Projeto no foco do perfil curricular e outras disciplinas convergindo à ela. Desta forma, é possível inserir assuntos/ferramentas de maneira periférica, podendo agregar às apresentações de Projeto.

Dentro da estrutura curricular do CAU, as disciplinas estão classificadas com relação ao seu conteúdo que são de três tipos distintos: integração, conceitual e instrumental. As disciplinas

de integração são as disciplinas projetuais: Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, Projeto de Interiores, Planejamento Urbano e Regional e Oficinas de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (AMORIM et. al, 2010).

As disciplinas conceituais e instrumentais oferecem conhecimento ou instrumento adequado ao nível de aprofundamento exigido pelas disciplinas de integração em cada período/ano. As disciplinas conceituais são as que abordam as seguintes matérias exigidas pelas diretrizes curriculares: História e Teoria da Arquitetura, do Urbanismo e do Paisagismo, História das Artes Plásticas, Estética e Estudos Sociais Ambientais. As disciplinas instrumentais são as que abordam as seguintes matérias exigidas pelas diretrizes curriculares: Desenho, Geometria Gráfica, Tecnologia da Construção, Topografia, Técnicas Retrospectiva, Conforto Ambiental, Maquetes e Informática Aplicada. As disciplinas conceituais e instrumentais têm como objetivo oferecer conhecimento necessário para as disciplinas de integração (AMORIM et. al, 2010).

Como esta pesquisa trata de uma ferramenta tecnológica, aqui o foco principal são as matérias de Informática Aplicada. Contudo, cabe apontar, conforme levantado por Diao e Shih (2019), que a RA também pode ser aplicada em disciplinas de conhecimentos mais específicos ou práticos, como Projeto da Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, História da Arquitetura, Geometria Gráfica e Maquetes. Nestes casos, ela pode ser utilizada como interface auxiliar visando melhorar o aprendizado, aumentar a motivação dos estudantes e aproximar práticas acadêmicas e profissionais.

Sendo a RA inserida no CAU como disciplina eletiva de informática, é possível aplicá-la em outras matérias sem a necessidade de workshops que comprometesse o tempo de conteúdo dessas outras disciplinas. Esse tipo de aplicação já vem acontecendo com outras ferramentas tecnológicas como CAD e modelagem digital. Essas tecnologias fazem parte do conteúdo programático de disciplinas de Informática e, por muitas vezes, são aplicadas em outras matérias como instrumento de auxílio.

Ainda, há de se considerar que, conforme a ementa geral das disciplinas obrigatórias de Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, ferramentas digitais são utilizadas para integração dos conteúdos necessários para apoiar o Projeto, a disciplina central do curso.

"Utilização da informática como paradigma de gestão e integração dos conteúdos teórico-práticos necessários ao ato projetual. Aplicação concatenada de softwares e de tecnologias da informação e comunicação (TICs) que apoiem o armazenamento, gerenciamento, análise e apresentação integrados das informações geradas pelas demais disciplinas do semestre letivo, tendo o subsídio à disciplina de Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo como meta principal." (AMORIM et. al, 2010:68).

As disciplinas de Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (INFOAU) são ministradas todos os anos. No tronco das disciplinas obrigatórias, INFOAU é alocada no primeiro período dos 3 primeiros anos (INFOAU I - 1º período, INFOAU II - 3º período e INFOAU III - 5º período). Já no tronco das disciplinas eletivas, Tópicos Especiais em Informática aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (TEINFOAU) é alocada em todos os períodos pares (TEINFOAU I - 2º período, TEINFOAU II - 4º período, TEINFOAU III - 6º período, TEINFOAU IV - 8º período e TEINFOAU V - 10º período) (AMORIM et. al, 2010).

Imagem 73 - Disciplinas de Informática Aplicada ao longo do CAU-UFPE.



Fonte: Autora, 2021.

A ementa geral das disciplinas eletivas de Tópicos Especiais em Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo é: "Desenvolver soluções para problemas emergentes no campo da informática aplicada à arquitetura, urbanismo e paisagismo." (AMORIM et. al, 2010:71).

Como disciplina eletiva, entendemos que seria mais indicado que a Realidade Aumentada fosse inserida na grade curricular após o conhecimento de conteúdos de CAD e modelagem 3D, conteúdos já ministrados nos primeiros semestres do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE. Assim poderia ser possível levar os modelos 3D para serem visualizados em RA, podendo inclusive relacioná-los a desenhos técnicos como plantas baixas.

A estrutura pedagógica do CAU-UFPE permite uma flexibilidade de arranjo de conteúdos e sua distribuição ao longo do curso, ofertando disciplinas integradas e blocos com temas centrais que exigem níveis de conhecimento compatíveis (AMORIM et. al, 2010).

O CAU-UFPE visa ainda projetos institucionais e parcerias que permitam reforma e ampliação de suas instalações físicas, com prioridade para laboratórios didáticos, como Laboratório de Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo, Laboratório Audiovisual e Canteiro de Obras, além da atualização de equipamentos de suporte às práticas pedagógicas e dos laboratórios (AMORIM et. al, 2010).

Se faz relevante considerar que equipamentos de suporte à Realidade Aumentada seriam importantes para casos nos quais estudantes não tivessem acesso a um dispositivo tecnológico compatível com a tecnologia. Apesar de os smartphones atuais, em sua maioria, suportarem a tecnologia, alguns estudantes não têm acesso aos mesmos.

Laboratórios didáticos que dão suporte às práticas pedagógicas, como o GREA3D e o VOXAR- CIN, ambos da UFPE, possibilitam trazer para mais perto do estudante práticas e pesquisas em desenvolvimento. No caso da Realidade Aumentada, pesquisas estão sendo desenvolvidas no Voxar Labs, Laboratório instalado na Centro de Informática da UFPE, uma parceria com esse laboratório poderia ser interessante para levar a tecnologia para mais perto dos conteúdos relacionados ao curso de Arquitetura e Urbanismo, podendo inclusive criar instalações no próprio CAC permitindo o compartilhamento de informações entre os demais cursos do centro.

3.2 GGT - UFPE

Geometria Gráfica Tridimensional (GGT) é uma disciplina do Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Pernambuco que atende o ciclo básico dos cursos de Engenharias na Área II³³, entre outros cursos. Alocada no primeiro período, ela tem como

³³ A Área II é um órgão de apoio do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN). Ela foi criada em 1971 com o objetivo de congrega os Ciclos Geral e Básico dos cursos de Tecnologia e de Ciências Exatas, atendendo atualmente 8.991 estudantes distribuídos em 162 turmas (<https://www.ufpe.br/area-ii>).

objetivo desenvolver a capacidade de visualização espacial e a habilidade de expressão, operação e de interpretação gráfica do estudante, conforme programa da disciplina.

Para tal, a disciplina aborda três tipos de projeções cilíndricas: Cavaleira, Isometria Simplificada e Sistema Mongeano. Além disso, também são vistos assuntos como Vistas Auxiliares, Verdadeira Grandeza e o estudo da Seção Plana nos sólidos básicos (LOPES e GUSMÃO, 2020). Apesar de trabalhar com sistemas de representação, o foco da disciplina é o desenvolvimento de habilidades espaciais através de representações gráficas, preparando o estudante para disciplinas mais específicas como disciplinas de Desenho Técnico e Geometria Descritiva (FULGENCIO et. al., 2016).

Como disciplina do Departamento de Expressão Gráfica, pode-se dizer que o seu objeto de estudo é o desenho, a representação gráfica. Sendo assim, cabe fazer alguns apontamentos sobre o desenho enquanto disciplina no Brasil.

Nos anos 30, o desenho foi incluído no currículo básico em todo o país e durante os anos 40 e 50 era um elemento essencial para a educação, ministrado como disciplina nos cursos equivalentes aos atuais Ensino Fundamental II e Ensino Médio (LOPES e GUSMÃO, 2014).

Entretanto, a Lei de Diretrizes e Bases de 1961 colocou o Desenho como disciplina complementar, à escolha dos estabelecimentos de ensino, e com a Reforma do Ensino (Lei 5692/71), a Legislação Educacional suspendeu a obrigatoriedade do ensino de Desenho nos níveis Fundamental II e Médio. A partir disso, o Desenho Geométrico deixou de ser uma disciplina obrigatória e seus conteúdos passaram a ser inseridos em disciplinas de Matemática e Educação Artística (LOPES e GUSMÃO, 2014).

"Estes fatos, entre outros, contribuíram para que o Desenho Geométrico fosse excluído da grade curricular de muitas instituições escolares. Como consequência, o interesse e o aprofundamento sobre os conteúdos geométricos diminuíram drasticamente, tanto entre os estudantes como entre os profissionais. Isso gerou uma falta de familiaridade ou mesmo repúdio a essa área do conhecimento, fato que pode ser observado no Ensino Superior. Percebe-se nos estudantes ingressantes das áreas das Engenharias, da Arquitetura e do Design um déficit muito grande no que se refere aos conhecimentos de Geometria e de Desenho." (LOPES e GUSMÃO, 2014:13).

Ainda na mesma década em que a estrutura curricular da educação básica sofreu modificação, a prova de Desenho Geométrico deixou de ser obrigatória no vestibular para os cursos de Engenharias (FULGENCIO et. al., 2016).

Como consequência dessa realidade do Desenho, disciplinas como Geometria Gráfica Tridimensional para estudantes do primeiro ano de Engenharias na UFPE, registram altos índices de reprovação, apontando que boa parte dos estudantes ingressantes chegam à universidade com dificuldades de aprendizado nesta área relacionada à percepção visual (GRAVINA, 1996).

Segundo o último relatório disponível de Disciplinas que mais reprovam na UFPE (2020), Geometria Gráfica Tridimensional está entre as disciplinas do curso de Engenharias que mais reprovaram nos semestres de 2016 a 2020. O índice de reprovação por falta, possivelmente por desistência dos estudantes, é o mais alto comparado às demais disciplinas no mesmo período. Veja a imagem abaixo.

Imagem 74 - Disciplinas que mais reprovam na UFPE 2016-2020.

CENTRO		CURSO				
CTG		Engenharias				
Disciplinas que mais reprovam nos semestres de 2016 à 2020						
(Ponto de Corte maior que 30 % de aprovados)						
DISCIPLINA	Aprov	Reprov	R. Falta	NI	TOTAL	
CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL 1	30,9	24,8	41,5	2,8	2.262	
COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA	31,4	12,8	41,9	13,9	1.090	
FÍSICA GERAL 1	38,7	19,9	38,8	2,7	2.244	
GEOMETRIA ANALÍTICA 1	25,8	23,9	44,6	5,8	2.345	
GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL	36,8	17,4	45,2	0,6	2.143	
QUÍMICA GERAL 1	29,2	15,5	43,5	11,7	1.057	

Aprov= % de Aprovados; Reprov=%Reprovado por nota; R.Falta = %Reprovado por falta; NI=% de disciplinas não informadas a situação final; Total= número de alunos matriculados

Fonte: Disciplinas que mais reprovam na UFPE 2016-2020, p.55.

Pesquisas apontam que parte dessa problemática, do baixo desempenho dos estudantes nas universidades em disciplinas de expressão gráfica, tem suas origens nos programas e práticas de ensino das escolas no Brasil (GRAVINA, 1996; FULGENCIO et. al., 2016).

Contudo, uma pesquisa realizada em 2016, com estudantes do ciclo básico das Engenharias da UFPE, mostrou que 63% dos estudantes estudaram geometria, tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio, indicando que os altos índices de reprovação podem estar relacionados a outros motivos, além da falta de base de geometria (FULGENCIO et. al., 2016).

Na mesma pesquisa, foi levantado que 54,3% dos estudantes preferiam os métodos tradicionais, enquanto 45,75% preferiam as mídias digitais para explicar conteúdos teóricos de GGT, mesmo considerando que 71,7% dos estudantes tiveram aulas teóricas com a mídia tradicional e 28,3% com métodos digitais. Os autores da pesquisa sugerem que a atratividade das mídias digitais é resultado de interfaces mais dinâmicas e pelo impacto das tecnologias digitais cada vez mais presentes na sociedade. É importante apontar que para a resolução de problemas (conteúdo prático), 73,9% dos estudantes declaram preferir as mídias tradicionais, reconhecendo a importância do método por excelência para ensinar geometria (FULGENCIO et. al., 2016).

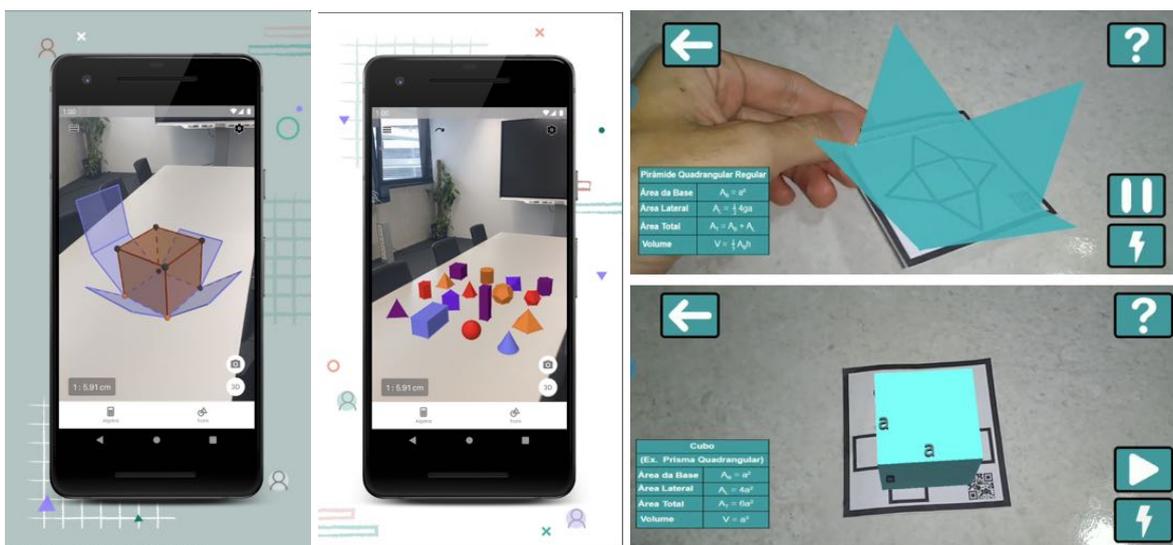
Alguns estudos têm sido realizados com o intuito de contribuir com ambientes mais dinâmicos na tentativa de trazer superação dessas dificuldades, apresentando novas abordagens ao ensino e aprendizado da Geometria, a partir de pesquisas e experimentações relacionadas ao uso de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (GRAVINA, 1996; SILVA e PENTEADO, 2013).

Segundo De Souza Alves e Soares (2003), a geometria tem experimentado grandes transformações com a utilização da informática, "devido, principalmente, ao desenvolvimento de softwares específicos voltados para o seu processo de ensino-aprendizagem." (pg. 177). O uso de softwares faz com que o estudante participe do processo educativo, "bem como impulsiona o professor a buscar novos conhecimentos e se adequar às constantes mudanças que a sociedade tem passado e que a escola não pode ficar indiferente." (SCHWARTZ e COSTA, 2014:21).

"As novas estratégias de ensino utilizam-se das tecnologias computacionais para desenvolver uma melhor compreensão espacial. Objetiva-se, desta maneira, que o aluno desenvolva primeiramente a percepção e o raciocínio tridimensional para que, em um segundo momento, adquira a capacidade de solucionar problemas relativos à forma através de meios bidimensionais. As novas tecnologias trazem mudanças significativas ao ensino tradicional pois, além de disponibilizarem um maior número de modelos tridimensionais, proporcionam certa independência do aluno em relação ao professor." (FULGENCIO et. al., 2016:4)

Tecnologias mais recentes como Realidade Virtual e Realidade Aumentada trazem oportunidades para dinamizar o ensino da expressão gráfica, oferecendo suporte para o processo de ensino e aprendizagem (FULGENCIO et. al., 2016; MACEDO et. al., 2016). São exemplos de aplicativos em RA, para auxílio de ensino-aprendizagem da geometria, o GeoGebra e o GeometriAR.

Imagens 75 a 77 - GeoGebra e GeometriAR.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022³⁴.

Se faz necessário "investigar em que medida essas tecnologias contribuem para o ensino da Geometria Gráfica Tridimensional, principalmente nos estágios iniciais dos cursos de Graduação" (FULGENCIO et. al., 2016:5). É aqui um dos pontos onde a presente pesquisa se concentra.

Na seção 5.3 deste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um aplicativo com base em Realidade Aumentada para dar suporte na formação da imagem mental do objeto tridimensional que é representado graficamente na disciplina de GGT.

Ainda, sobre os motivos que impulsionaram essa pesquisa, como foi mencionado anteriormente, em 2010, fui monitora da disciplina de Introdução ao Desenho na Área II da

³⁴ Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.geogebra.android.g3d&hl=pt_PT&gl=US>; <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.AllMake.GeometriaRAFree&hl=pt_BR&gl=US>.

UFPE, disciplina equivalente à atual Geometria Gráfica Tridimensional. Durante essa experiência, tive contato com estudantes que tinham dificuldades de visualizar as peças, representadas em Cavaleira, Isometria e Sistema Mongeano, em 3 dimensões. Lembro-me ainda hoje que ao desenhar um cubo durante um plantão de monitoria, um estudante só conseguia visualizar uma pipa no papel.

Além disso, como minha irmã, estudante de Engenharia, foi monitora da mesma disciplina em dois períodos seguidos durante esta pesquisa (2020.2 e 2021.1), foi possível conversar sobre dificuldades percebidas dos estudantes e sobre a possibilidade da Realidade Aumentada ser uma tecnologia que pudesse auxiliar e estimular os estudantes neste momento de ensino remoto.

Cabe apontar que a experiência aplicada à disciplina de GGT foi, também, motivada e, de fato, possibilitada por consequência da apreensão de novos conhecimentos de duas plataformas, *Unity* e *Vuforia Engine*, durante as pesquisas e conversas com a coordenadora da disciplina, Professora Mariana Gusmão, que abriu espaço para que o aplicativo fosse disponibilizado aos estudantes da disciplina.

Por fim, diante do que foi exposto neste capítulo, este trabalho tem como objetivo inserir a Realidade Aumentada no curso de Arquitetura e Urbanismo e para a representação de objetos tridimensionais na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional. Para isso, alguns experimentos foram realizados com o propósito de levar a tecnologia aos estudantes e avaliar suas contribuições no contexto educacional.

Cabe apontar que este trabalho não objetiva a resolução de problemas dos estudantes ou substituição de métodos para o ensino da Arquitetura e Geometria, mas sim a inserção de novas tecnologias/metodologias que tem como propósito contribuir para o ensino e aprendizado.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA / ESTRUTURA DA PESQUISA

A presente pesquisa é de natureza exploratória e qualitativa, com abordagem em Experiências Educacionais com Realidade Aumentada aplicada à disciplinas do Curso de Arquitetura e Urbanismo e à disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional.

Para a pesquisa realizamos uma revisão de literatura, entramos em contato com professores, analisamos plataformas de RA, alinhamos a RA com as disciplinas, realizamos as experiências, estruturamos e aplicamos formulários, e avaliamos os resultados.

A revisão de literatura foi realizada e apresentada nos capítulos anteriores, com o objetivo de aprofundar as temáticas base para o estudo: Realidade Aumentada aplicada à educação; Realidade Aumentada como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico e da geometria gráfica tridimensional; Projeto Pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE atualmente em vigor; e o panorama atual da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional que atende o ciclo básico de Engenharias da mesma universidade.

Em seguida entramos em contato com professores da UFPE para entender quais as necessidades das disciplinas e como poderíamos aplicar a Realidade Aumentada como ferramenta educacional. Pesquisamos plataformas em RA para entender quais podiam se encaixar no contexto das aulas ministradas.

Cabe apontar que não foi objetivo da pesquisa fazer um levantamento de todos os *softwares* disponíveis. As escolhas das plataformas digitais foram mais diretas, com pesquisas mais direcionadas às necessidades do estudo e conversas com pessoas da área de tecnologia.

A aplicação da tecnologia foi realizada a partir de plataformas de Realidade Aumentada que permitissem levar modelos digitais específicos, desenvolvidos pelos estudantes ou utilizados pelos professores nas disciplinas, para serem visualizados e analisados de acordo com os conteúdos e metodologias aplicadas nas aulas.

Assim sendo, análise e aplicação de diferentes aplicativos e plataformas para diferentes disciplinas e contextos foi realizada com o intuito de possibilitar o uso da Realidade Aumentada de forma mais simples e intuitiva pelos estudantes, sem uma necessidade prévia de capacitação, considerando, inclusive, que as disciplinas já estavam sendo adaptadas ao momento de ensino remoto e as experiências deveriam ser adaptadas às metodologias previamente definidas pelos professores.

As duas primeiras aplicações da RA foram realizadas em diferentes disciplinas do Curso de Arquitetura e Urbanismo: Oficina de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo I e Maquete II. Já a terceira oportunidade de aplicação aconteceu na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional, a única na pesquisa que não pertence aos componentes curriculares do CAU-UFPE. Esta surgiu a partir da experiência anteriormente desenvolvida ao longo da pesquisa que acabou por possibilitar a criação de um aplicativo de teste, desenvolvido pela autora da pesquisa, especificamente para a disciplina, onde os estudantes pudessem visualizar em Realidade Aumentada os modelos tridimensionais de representações encontradas no *e-book* da disciplina de forma interativa.

Para a primeira experiência foi utilizado o app *Augment*, plataforma previamente conhecida pela autora e aplicada durante o seu TCC em Arquitetura e Urbanismo. Para a segunda e terceira experiências foram utilizadas as plataformas *Unity* e *Vuforia Engine* que possibilitaram a aplicação de uma experiência com RA criada do zero e o desenvolvimento de um aplicativo em RA, ambas desenvolvidas pela mestranda, disponibilizado aos estudantes. As plataformas utilizadas serão melhor explanadas juntamente com o relato das experiências e suas aplicações, resultados e apontamentos no Capítulo 5.

O uso de dispositivos móveis pessoais como *smartphones* foi adotado para todas as experiências, com exceção da segunda, que ficou no computador, devido à falta de tempo para finalizar a aplicação a ponto de levá-la para ser visualizada nos *smartphones*, a fim de que o estudante pudesse interagir de maneira mais livre com os modelos digitais e o espaço físico, saindo um pouco da frente da tela fixa do computador e possibilitando experienciar em diferentes contextos e escalas de forma mais ativa.

Formulários foram estruturados para serem aplicados antes e depois de experiências. Outros tipos de registros durante a experiência com os estudantes, como conversas, trocas de ideias e

resolução de problemas, tanto em horário de aula síncrona e assíncrona, como extra-classe, também fizeram parte do levantamento de dados.

Por fim, foi realizada uma avaliação dos resultados das experiências e aplicabilidade da Realidade Aumentada como instrumento mediador das fases de concepção da projeção em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo e de facilitador do entendimento dos modelos tridimensionais da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional, para compreender se a ferramenta funciona como recurso tecnológico em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico e na disciplina de GGT. Apontamentos de possibilidades de criar uma disciplina e uma análise de onde e como a tecnologia poderia ser inserida no CAU-UFPE também foram elaborados.

5. EXPERIÊNCIAS DIDÁTICAS COM A RA DURANTE O ENSINO REMOTO NA UFPE

Neste capítulo serão apresentadas três experiências educacionais realizadas com a tecnologia de Realidade Aumentada. Duas dessas experiências foram aplicadas em disciplinas do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE e uma foi aplicada na disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional para alunos ingressantes dos cursos de Engenharias da mesma universidade. A ordem de apresentação é a ordem de aplicação das experiências.

Semestre 2020.1:

1. Oficina de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo I (Eletiva do 2º período - CAU-UFPE);
2. Maquete II (Eletiva do 2º período - CAU-UFPE);

Semestre 2021.1:

3. Geometria Gráfica Tridimensional (GGT - Obrigatória do 1º período do ABI-Engenharias UFPE).

As duas primeiras experiências aconteceram no formato de um *workshop* dentro das disciplinas e a terceira experiência teve como base o uso de um app desenvolvido pela autora da pesquisa e sua disponibilização para os estudantes da disciplina.

Imagem 78 - Ordem de acontecimento das experiências com RA.



Fonte: Autora, 2022.

Os processos e os fluxos das disciplinas foram considerados para fins de desenvolvimento das experiências. Todas as aplicações foram a nível experimental na tentativa de entender os

benefícios e limitações das experiências no ambiente de aprendizagem baseado em Realidade Aumentada, considerando o momento de ensino remoto.

5.1 OFICINA DE ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO I

Experiência 1 - Realidade Aumentada aplicada à composição de modelos digitais tridimensionais arquitetônicos.

Período: 2020.1

Disciplina (Eletiva 2o período): Oficina de Arquitetura Urbanismo e Paisagismo 1 (75h)

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Professor responsável: Ney Brito Dantas.

Disciplina de integração, parte dos componentes eletivos, segundo o Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPE (2010).

INTRODUÇÃO

Durante a primeira semana de março de 2021, no semestre 2020.1 em ensino remoto, foi realizada uma experiência de aplicação da tecnologia Realidade Aumentada em uma disciplina eletiva de composição do segundo período da graduação em Arquitetura e Urbanismo. O objetivo foi disponibilizar a tecnologia aos estudantes e dar apoio à disciplina e ao desenvolvimento dos artefatos arquitetônicos da disciplina de Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo.

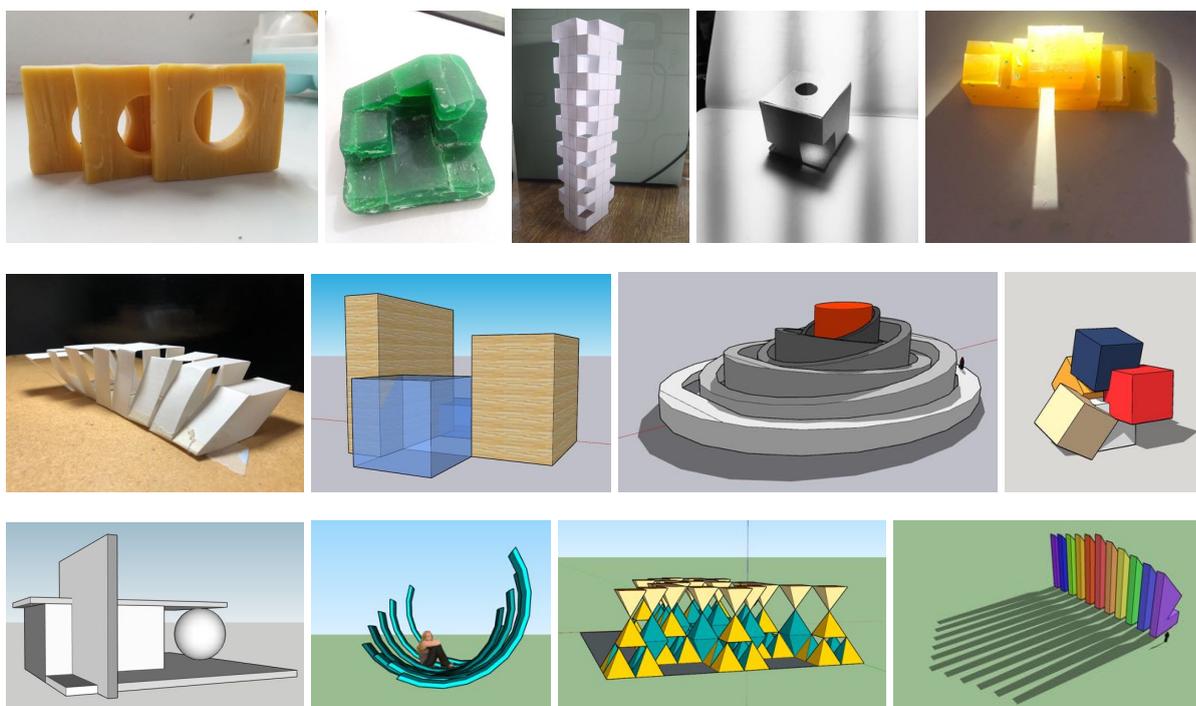
A disciplina aconteceu no formato de um *workshop*, diariamente, durante as duas primeiras semanas de fevereiro e na primeira semana de março. A autora da pesquisa participou como professora auxiliar da terceira semana do *workshop* e teve acesso a todo o conteúdo da disciplina, inclusive das semanas anteriores, através do *Google Classroom* da turma.

Dentre os objetivos da disciplina indicados no plano de ensino, vale apontar (1) facilitar o domínio pelo estudante de métodos eficazes para prática projetual em Arquitetura e (2) trabalhar princípios compositivos e de ordem plástica para a concepção de projetos arquitetônicos. Visto isso, a tecnologia de Realidade Aumentada seria inserida na disciplina como mais uma ferramenta auxiliar para trabalhar a composição/concepção dos modelos arquitetônicos na prática projetual.

Segundo o professor responsável da disciplina, Ney Dantas, nas aulas presenciais dessa disciplina eram desenvolvidas maquetes e, normalmente, na terceira semana era construído algo que permitisse "entrar" nos volumes desenvolvidos. Com as aulas online o desenvolvimento dos modelos ficou mais livre, com o uso de materiais diversos como papel, isopor, massa de modelar e sabão, e nesta última etapa o foco seria no digital com o uso de programas de modelagem como o *SketchUp*.

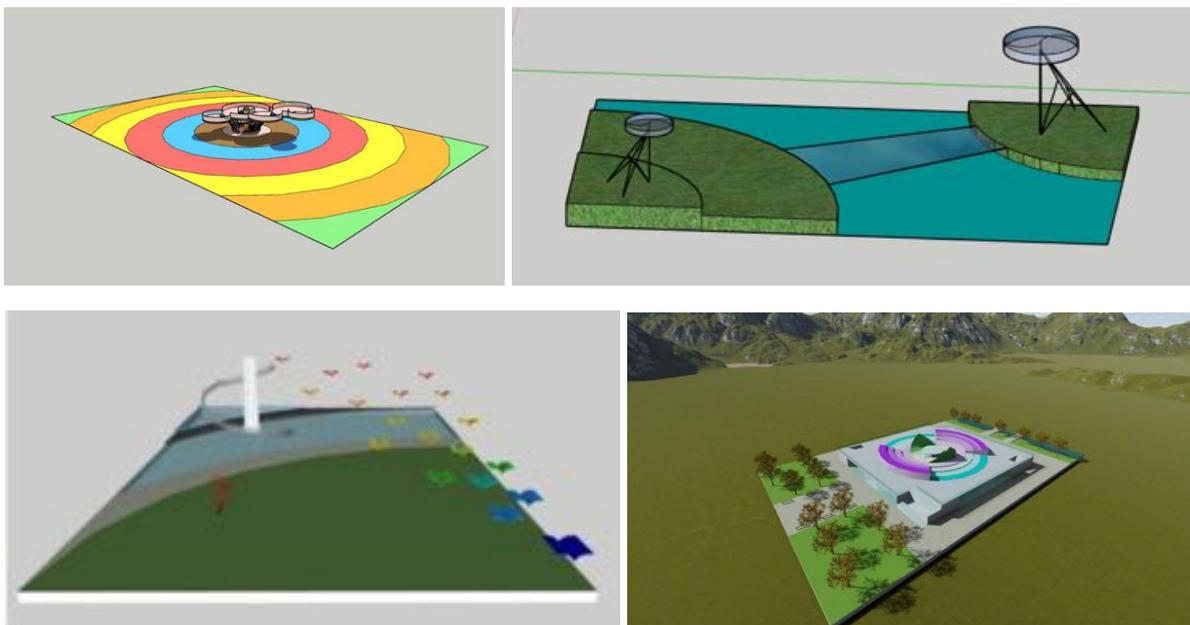
Na primeira semana, os estudantes foram apresentados a conceitos de composição a partir da leitura dos dois primeiros capítulos do livro *Sintaxe da Linguagem Visual* de Donis A. Dondis, e desenvolveram trabalhos individuais de composição, tanto manuais como digitais. Na segunda semana os estudantes desenvolveram em equipe um trabalho de composição digital com volumes e planos estruturados sobre a letra de Dança das Borboletas, música de Alceu Valença. Na última semana, a proposta foi de que os estudantes trabalhassem com os projetos que eles estavam desenvolvendo para a disciplina de Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo equivalente ao seu período. Foi neste último momento do *workshop* que a experiência com a Realidade Aumentada aconteceu.

Imagens 79 a 91 - Alguns resultados das atividades desenvolvidas pelos estudantes na primeira semana.



Fonte: Estudantes de Oficina I, 2021.

Imagens 92 a 95 - Resultados das atividades desenvolvidas em grupo pelos estudantes na segunda semana.



Fonte: Estudantes de Oficina I, 2021.

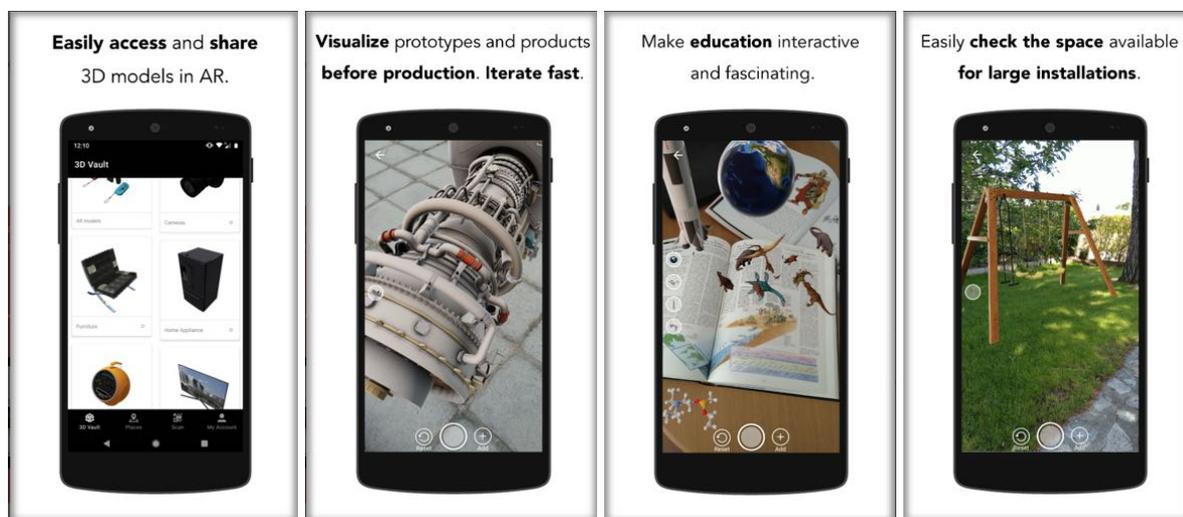
A experiência com a Realidade Aumentada se deu por convite do professor responsável pela disciplina, o qual disponibilizou um espaço para investigar a tecnologia na fase compositiva com os estudantes nesse momento de ensino remoto, trazendo uma nova experiência tanto para os estudantes como para a disciplina. Na segunda semana da disciplina foi realizada uma reunião entre o professor e a mestrandia para um melhor entendimento da disciplina, seus objetivos, seu formato e como a RA poderia ser inserida e integrada ao *workshop*.

A ideia inicial deste experimento de pesquisa foi de levar a Realidade Aumentada aos estudantes para que eles pudessem experimentar como uma ferramenta digital na etapa de concepção e apresentação de seus modelos digitais tridimensionais arquitetônicos e experienciar seus volumes fora da tela fixa do computador, de uma forma mais “palpável visualmente”, neste momento de ensino remoto. Compreender vantagens e desvantagens, limites e possibilidades no uso da RA, tanto no que diz respeito à tecnologia (hardware e software), quanto ao auxílio do processo compositivo arquitetônico, também eram objetivos da pesquisa.

Para essa experiência foi utilizada uma plataforma de visualização de modelos 3D em Realidade Aumentada. O *Augment* é uma aplicação móvel que permite aos usuários

visualizar os seus modelos 3D, integrada em tempo real e ambiente real, através de dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*.

Imagens 96 a 99 - Aplicativo Augment.



Fonte: Internet. Acesso em outubro de 2022³⁵.

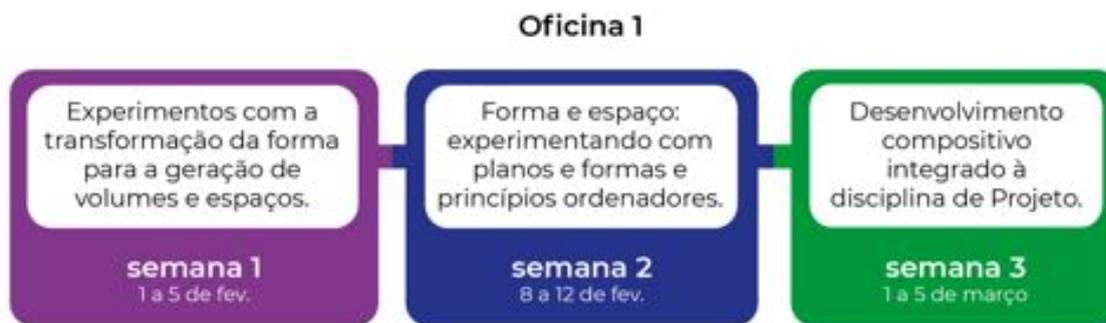
A escolha do *Augment* se deu por este ser um aplicativo conhecido previamente pela autora da pesquisa e ser considerado de manuseio simples e intuitivo, sem grandes necessidades de um conhecimento prévio. Apesar de ser um aplicativo com o uso educacional de teste de apenas 14 dias, o *Augment* serviria muito bem para a proposta de apenas uma semana de experiência.

METODOLOGIA

Segundo o plano de ensino da disciplina, o formato do *workshop* seria dividido entre três semanas de forma que na primeira seriam realizados experimentos com a transformação da forma para a geração de volumes e espaços (subtração, adição, divisão e multiplicação); na segunda semana seriam feitos experimentos com planos e formas e princípios ordenadores (eixos, simetria, hierarquia, ritmo, referência, algoritmo); e na terceira semana o foco ficaria no desenvolvimento compositivo integrado à disciplina de Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo.

³⁵ Disponível em: < https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ar.augment&hl=pt_BR&gl=US>.

Imagem 100 - Fluxo das 3 semanas da disciplina.

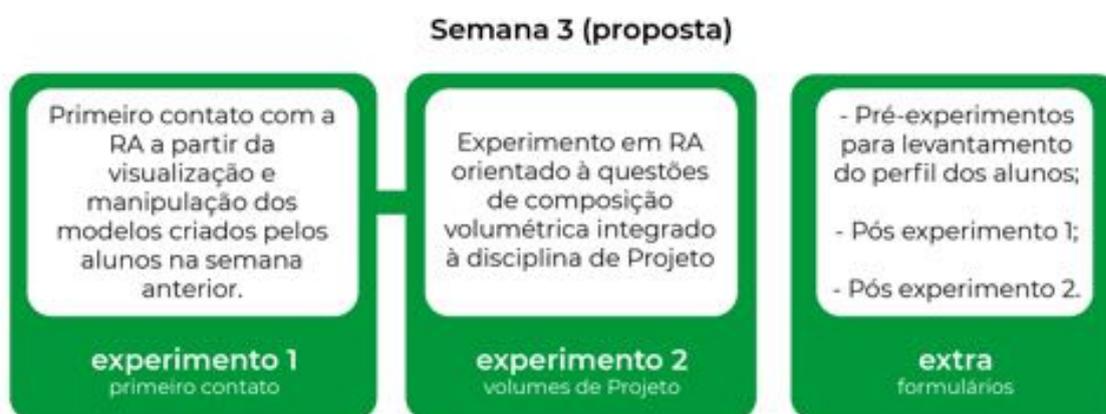


Fonte: Autora, 2021.

A ideia inicial era de que na terceira semana fosse trabalhado o conteúdo apreendido nas duas semanas anteriores no volume desenvolvido para a disciplina de Projeto. Trabalhar o volume, o espaço, se libertar um pouco do princípio funcionalista de que "a forma segue a função" e seguir para "a forma segue a ficção", trazendo para a experiência do usuário, experiência de design orientado para o humano. Este era o ponto onde a RA seria encaixada.

Após reunião com o professor responsável pela disciplina, análise da ementa, do cronograma e do formato do *workshop*, e da observação em aula das apresentações dos projetos desenvolvidos pelos estudantes na segunda semana da disciplina, foram desenhados dois experimentos em RA para a terceira semana, integrados ao conteúdo previamente planejado.

Imagem 101 - Proposta dos experimentos a serem aplicados na terceira semana da disciplina.



Fonte: Autora, 2021.

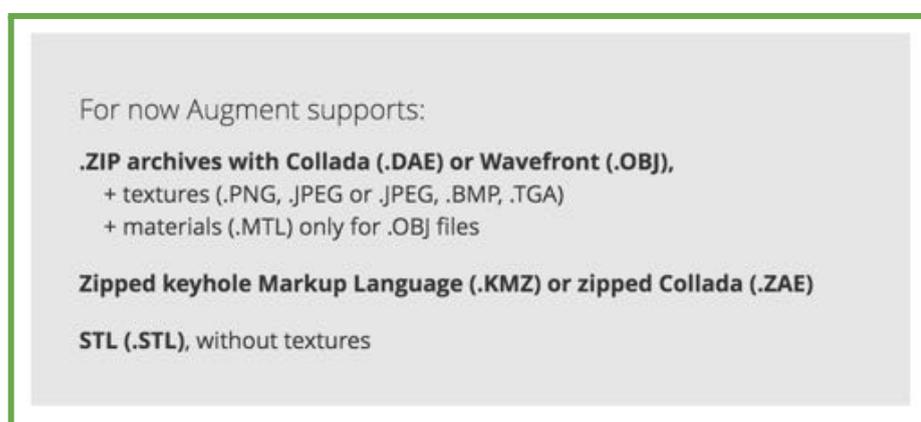
O primeiro experimento tinha como objetivo oferecer um contato inicial com a tecnologia e com a plataforma *Augment* a partir da visualização e manipulação de modelos compositivos

criados pelos estudantes na semana anterior da disciplina, para que eles pudessem experimentar a RA sem nenhum treinamento prévio, depois de apenas uma breve explicação e demonstração básica, para verificar como os estudantes iriam se comportar diante de uma tecnologia pouco conhecida por eles e como eles interagiriam com os modelos digitais.

O segundo experimento tinha como objetivo permitir que os estudantes visualizassem e experienciassem em RA os seus projetos desenvolvidos na disciplina de Projeto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico além da tela fixa do computador, em diferentes escalas e ambientes.

Para ambos experimentos os estudantes deveriam exportar os seus modelos desenvolvidos em algum *software* de modelagem em extensão compatível com a plataforma RA (ver imagem abaixo), inserir os modelos no *site* da plataforma e os visualizar em RA através do aplicativo instalado nos seus dispositivos móveis.

Imagem 102 - Formatos de arquivos suportados pelo *Augment*.



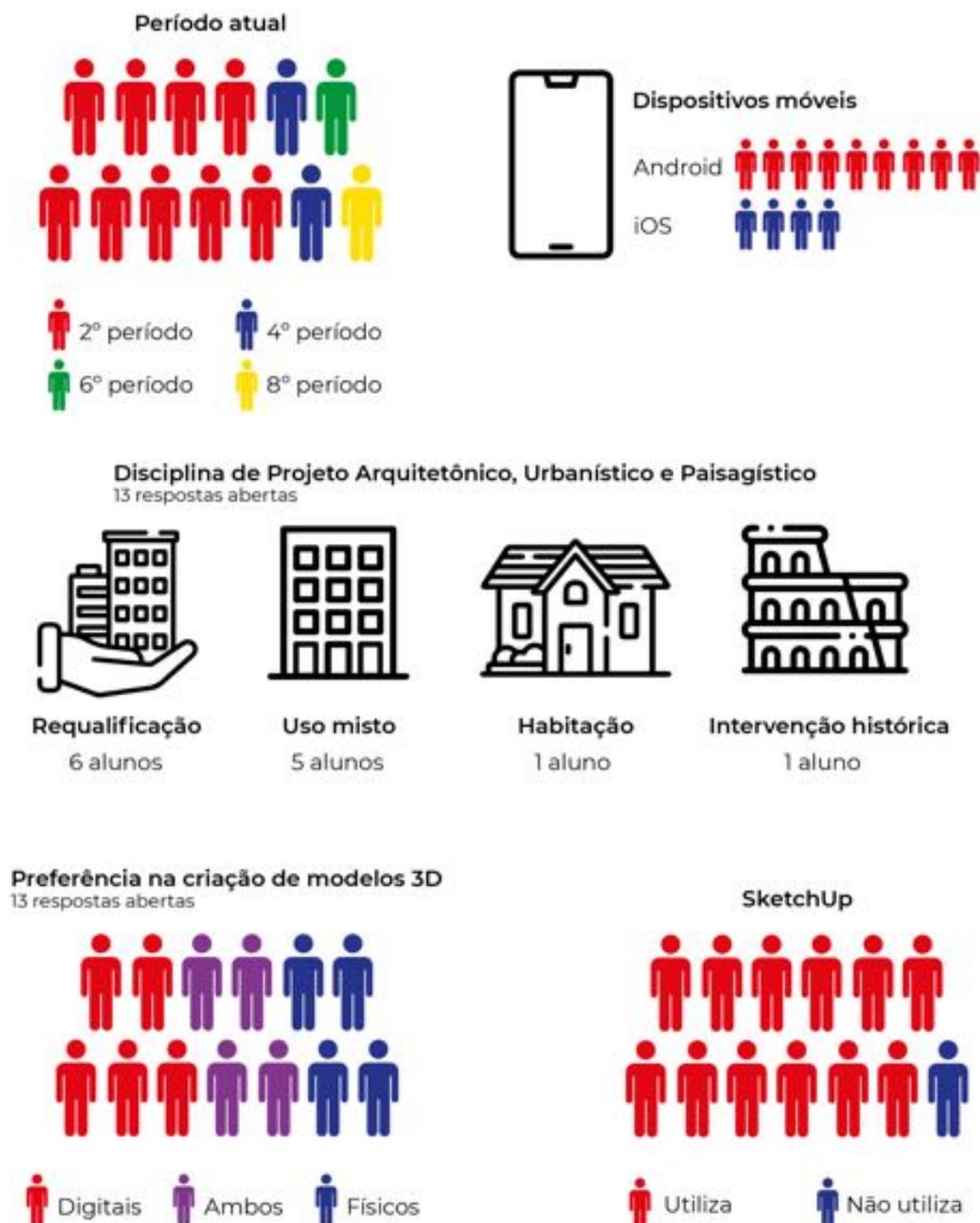
Fonte: Site do *Augment*³⁶. Acessado em março de 2021.

Cabe apontar que a modelagem digital já estava sendo utilizada por boa parte dos estudantes desde a primeira semana de aula e foi utilizada em todos os experimentos em grupo da segunda semana, ponto importante para a aplicação da Realidade Aumentada na disciplina, pois é a partir da modelagem em *software* específico, a exemplo do *SketchUp*, que os estudantes podem criar e levar os seus modelos para sua visualização em aplicativo de RA.

³⁶ Disponível em: <<https://manager.augment.com/en>>.

Antes de dar início à terceira semana da disciplina foi compartilhado um breve formulário pré-experimentos no *Google Classroom* da turma com o objetivo de levantar o perfil dos estudantes antes de introduzir a Realidade Aumentada. Segue o que foi levantado neste formulário.

Imagens 103 a 111 - Respostas levantadas no questionário pré-experimentos de Oficina I.



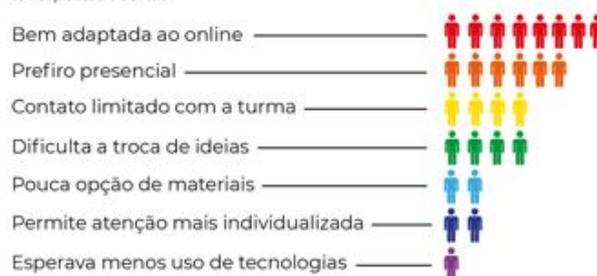
Considerações sobre as aulas online

13 respostas abertas



Considerações sobre as aulas online de Oficina 1

13 respostas abertas



Contato anterior com RA

13 respostas abertas



Perspectivas sobre RA aplicada à composição arquitetônica

13 respostas abertas

- Auxilia na compreensão do projeto/composição
- Acrescenta na forma de desenvolver arquitetura
- Aliada para representação e apresentação de projetos
- Auxilia na percepção do usuário/ambiente
- Auxilia no entendimento do entorno/implantação
- Experimentar projetos
- Permite outras perspectivas

Fonte: Google Forms, 2021. Editado pela autora.

Conforme resultados do formulário, nota-se que, como uma disciplina eletiva alocada no segundo período do curso, a maioria dos estudantes são deste período. A maior parte dos estudantes têm habilidades no *Sketchup*, programa que aprendem ainda no primeiro ano do curso. Apenas um estudante não faz uso do programa e aponta estar tendo dificuldades com o ensino remoto, pois não possui computador pessoal.

Sobre a Realidade Aumentada, boa parte dos estudantes não teve nenhum contato prévio com a tecnologia, contudo a turma mostrou-se positiva enquanto suas perspectivas sobre o seu uso quando aplicada à composição arquitetônica. Vale apontar que todos os estudantes possuem *smartphones*, o que é essencial para as experiências propostas em Realidade Aumentada com o uso de dispositivos móveis.

Iniciada a terceira semana do *workshop*, já na primeira aula, a Realidade Aumentada, seus conceitos iniciais e algumas aplicabilidades na área de Arquitetura e Construção, foi apresentada aos estudantes, seguido de uma demonstração, em tempo real por

compartilhamento de tela, do aplicativo *Augment*, e da proposta 1 de experimentação de primeiro contato com a tecnologia na disciplina.

Na apresentação foi apontado que a Realidade Aumentada permite outras possibilidades de visualização dos modelos digitais, podendo interagir com os modelos em diferentes escalas e contextos, aproximando a experiência do ambiente real e do movimento corporal mais "natural" em contraste com a tela fixa do computador e o uso do mouse. Além disso, neste momento de ensino remoto, a RA permite que toda a turma, incluindo o professor, possa experienciar no seu ambiente real a maquete digital de todos os estudantes. Para isso, foi solicitado aos estudantes que deixassem os seus modelos públicos no app, compartilhando um *link* ou nome com a turma.

Cabe mencionar que também foram apontadas diferenças entre a Realidade Aumentada e a Realidade Virtual que muitas vezes são confundidas e que, apesar de fazerem parte do mesmo espectro de Realidade Mista, tem as suas diferenças, conforme foi exposto na seção 2.1 deste trabalho.

O primeiro experimento foi então apresentado e demonstrado em aula e o seu passo a passo foi compartilhado no mural da turma (ver Anexo 9.1). Para a realização do experimento, o professor disponibilizou 1h30 em aula assíncrona para os estudantes, voltando depois para a aula síncrona para discussão. Este primeiro experimento foi deixado bem livre para que os estudantes pudessem experimentar escalas, sentirem a tecnologia e levantarem eventuais dificuldades de um primeiro contato.

Voltando para o momento síncrono, o professor Ney Dantas compartilhou com a turma uma imagem de registro de sua experiência da atividade proposta (ver imagem em Resultados) e fez considerações sobre a experiência e possibilidades da Realidade Aumentada aplicada à Arquitetura e Urbanismo, como a visualização de edificações no local real de implementação. A autora da pesquisa apontou que a tecnologia também permite a visualização dos modelos digitais tridimensionais arquitetônicos em diferentes escalas, de escalas reduzidas, simulando maquetes, à escala real, simulando a edificação no ambiente real.

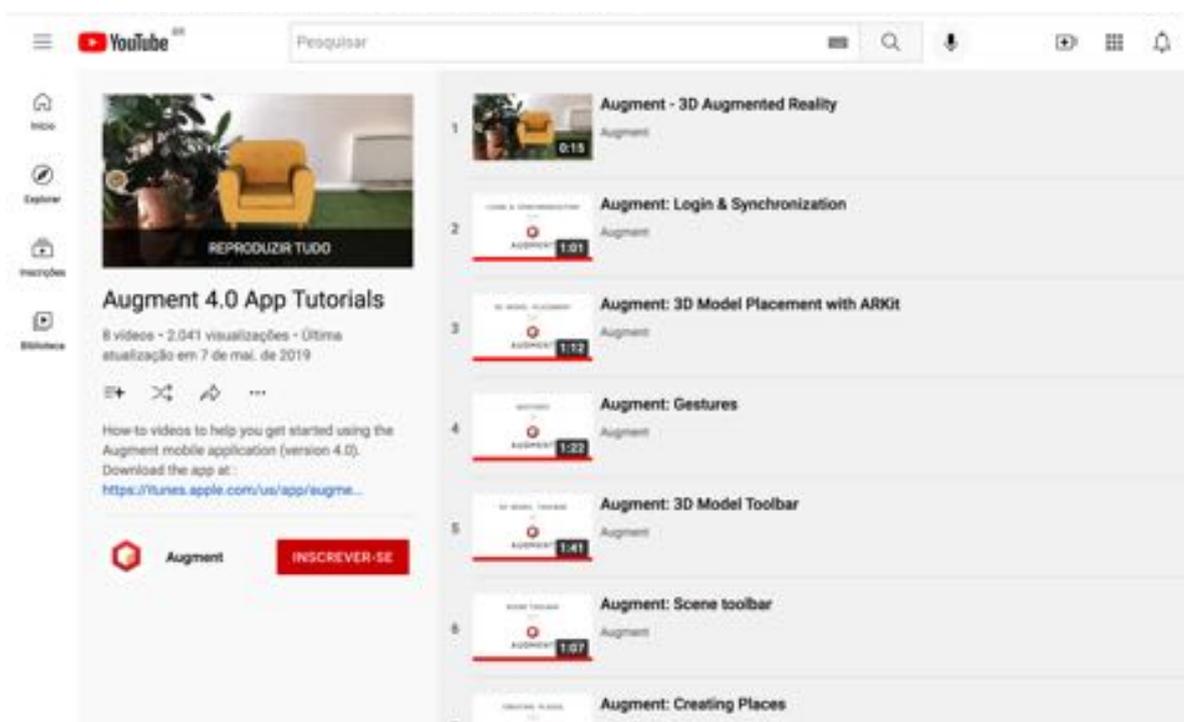
Ainda na aula síncrona, foram feitos alguns questionamentos aos estudantes sobre esse primeiro experimento, sobre o que eles acharam da experiência e da tecnologia, quais

dificuldades e descobertas que eles tiveram e sobre suas perspectivas da RA enquanto ferramenta aplicada à Arquitetura (ver em Resultados).

A autora da pesquisa visualizou todos os modelos inseridos no aplicativo que foram disponibilizados de maneira pública pelos estudantes. Desta forma, cada modelo foi analisado e comentários e observações foram deixados no *Google Classroom* pós aula. Por perda de conexão da mestrandia, não foi possível fazer os apontamentos durante a aula junto à turma.

Após o primeiro experimento, foi compartilhado um breve formulário sobre as primeiras impressões de cada estudante da experiência com a Realidade Aumentada - ver em Resultados. Também foi compartilhado com a turma um *link* no *Google Classroom* com diversos tutoriais básicos do canal no *YouTube* do próprio aplicativo *Augment* para que todos pudessem dar uma olhada nas possibilidades de uso do aplicativo.

Imagem 112 - Canal no YouTube com tutoriais do Augment.



Fonte: YouTube³⁷. Acessado em março de 2021.

Na segunda aula desta semana foi apresentado o segundo experimento que teve como objetivo experimentar a Realidade Aumentada como ferramenta de auxílio à análise compositiva e ao processo projetual a partir da visualização e manipulação, em diferentes escalas e ambientes,

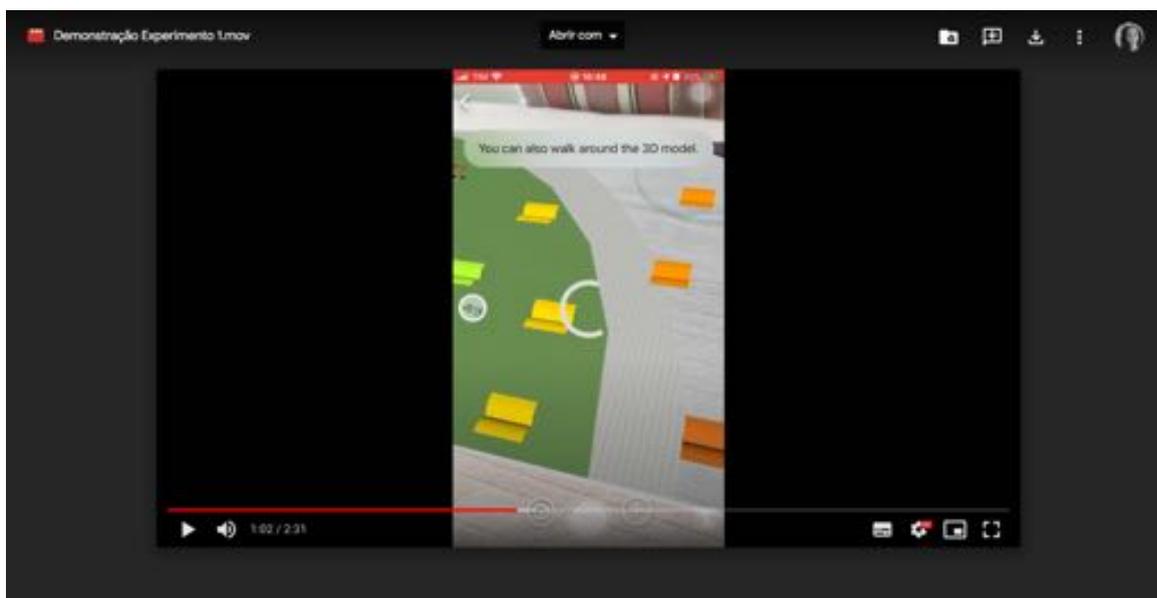
³⁷ Disponível em: <<https://www.youtube.com/playlist?list=PLv-4fjJycLXk3IOhaC1WSBa3IgmReP3Jw>>.

dos projetos desenvolvidos pelos estudantes nas disciplinas de Projeto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de seus respectivos períodos. Para este segundo experimento também foi compartilhado um passo a passo (ver Anexo 9.2), que foi apresentado e demonstrado em aula, como atividade no *Google Classroom* da turma.

Ao longo da semana os modelos de projeto foram trabalhados, apresentados e analisados no que tange sua composição. Foram tiradas dúvidas sobre o uso da nova tecnologia e como resolver alguns problemas levantados pelos estudantes para que os mesmos pudessem fazer ajustes durante a semana e ter uma melhor experiência com a Realidade Aumentada. Os registros desta experiência seriam compartilhados ao longo da semana em aula e postados pelos estudantes no *Google Classroom* da turma até o último dia do *workshop*.

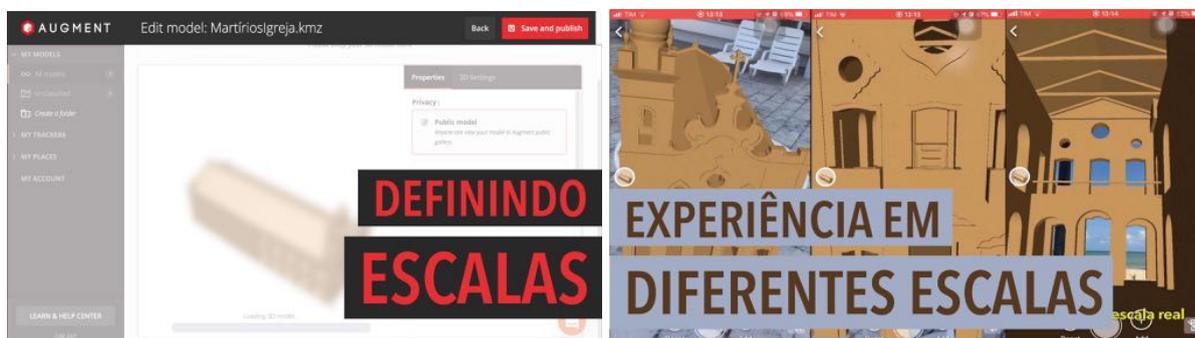
Vídeos tutoriais foram elaborados pela autora da pesquisa para reforçar o apoio aos estudantes. Foram compartilhados no mural da turma ao longo da semana: (1) uma breve demonstração do aplicativo *Augment* com base nos experimentos que estavam sendo realizados, mostrando como inserir os modelos digitais em Realidade Aumentada no ambiente real; (2) um vídeo com uma explicação básica de como definir e modificar a escala dos modelos na plataforma *Augment*; e (3) um vídeo com exemplo de diferentes experiências que é possível ter em RA com o mesmo modelo em diferentes escalas (escala reduzida simulando uma maquete, escalas para imersão no modelo e escala real).

Imagem 113 - Print da tela inicial do vídeo 1 compartilhado diretamente no *Google Classroom* da turma.



Fonte: Autora, 2021.

Imagem 114 - Thumbnails dos vídeos 2 e 3, compartilhados através de *links* do YouTube³⁸.



Fonte: Autora, 2021.

Por fim, foi compartilhado com a turma um questionário pós-teste para melhor entender o que cada estudante achou da experiência em Realidade Aumentada, também com respostas do professor da disciplina. Uma atividade também foi criada no *Google Classroom*, pelo professor Ney Dantas, para que os estudantes pudessem dar seu *feedback* da disciplina, onde muitos comentaram sobre a experiência e o uso da RA na disciplina.

RESULTADOS

Estes experimentos proporcionaram um primeiro contato com a Realidade Aumentada para a maioria dos estudantes. Apesar das dificuldades encontradas neste primeiro contato com a tecnologia e com o aplicativo utilizado, os estudantes gostaram da experiência e a definiram como "diferente" e "interessante".

Sobre os benefícios da tecnologia aplicada aos projetos de arquitetura e urbanismo e suas disciplinas, os estudantes afirmaram que a Realidade Aumentada possibilita uma melhor visualização do projeto e noção do espaço, pois permite integrar o modelo digital ao ambiente real, possibilitando experimentar composições projetuais no espaço urbano, trabalhando com diferentes escalas dentro do terreno e com a visão da cidade. Foi citado que isto pode auxiliar nos estudos das fachadas, de visadas e do entendimento do projeto como um todo.

Ainda mencionaram que, como na RA é possível trabalhar com escalas e contextos reais, experienciando no local de intervenção, é possível receber diferentes estímulos do ambiente

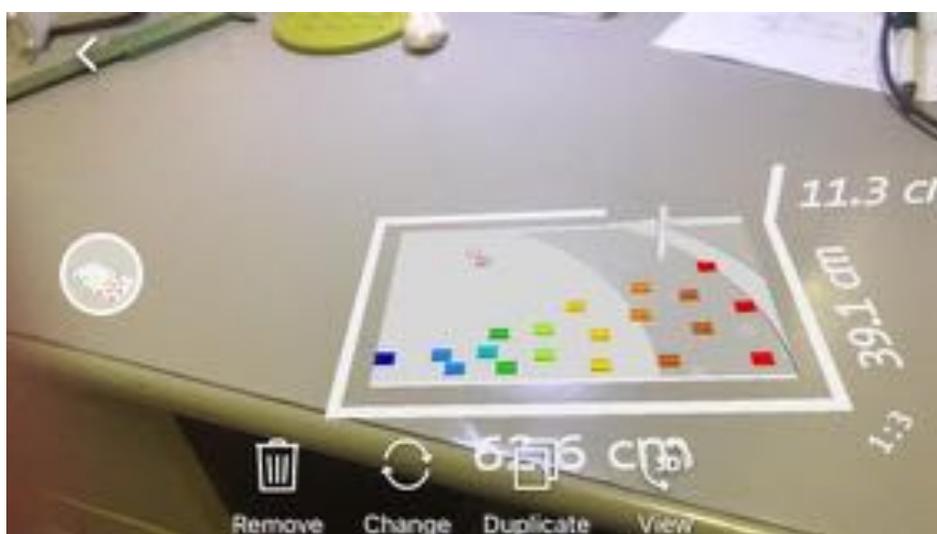
³⁸ Disponíveis em: <<https://youtu.be/fuxXSNiouOg>> e <<https://youtu.be/JKO3yUwlcBk>>.

real. O que é diferente de estar sentado na frente de uma tela de computador trabalhando focado no modelo fora do contexto real, como a inserção do modelo no *Google Earth* por exemplo.

Fazendo uma comparação entre essa nova tecnologia e as já utilizadas, um dos estudantes apontou que essa ferramenta concilia a praticidade da maquete virtual à possibilidade de colocá-la em qualquer lugar. A exemplo disso, em um momento de assessoramento, poderia-se levar e manipular a maquete, através do *smartphone*, sem a necessidade de levar um computador para o local. Ou seja, aliar a praticidade do virtual com a possibilidade de levar e inserir o modelo em qualquer lugar.

O professor também realizou o primeiro experimento, fazendo o *download* de um dos modelos desenvolvido na semana anterior pelos estudantes, posicionando-o em cima da sua mesa de trabalho, onde tirou um *print* para mostrar aos estudantes sua experiência.

Imagem 115 - Registro do experimento 1 realizado pelo professor da disciplina.



Fonte: Professor Ney Dantas, 2021.

Ao descobrir que poderia se mover em volta do modelo virtual inserido no seu ambiente real, o professor apontou que a RA possibilita uma relação com o modelo diferente da tela do computador, que ao invés do usuário ficar preso ao mouse para interagir com o modelo, ele pode se mover pelo ambiente de forma mais natural e possibilita experimentar novas possibilidades.

Para melhor entender as primeiras impressões e dificuldades encontradas pelos estudantes, foi estruturado um formulário e compartilhado no mural da turma após o primeiro experimento. Dez estudantes responderam a este *Google Forms*. Seguem os resultados.

Imagens 116 a 118 - Resultados do formulário pós-experimento 1 de Oficina I.



Fonte: *Google Forms*, 2021. Editado pela autora.

Tabela 2 - Resultados do formulário pós-experimento 1 de Oficina I.

Conte um pouco como foi a sua experiência.
<i>Não tinha nenhum modelo pronto, fiz o download de um, fiz o upload para o site, errei na escala, alu, brei na hora que vi no chão, não descobri que poderia caminhar em volta.</i>
<i>Apesar das dificuldades encontradas anteriormente posso dizer que me surpreendi bastante com o que vi, pude andar um pouco por dentro da minha edificação e me colocar na posição de usuário daquele lugar, achei isso incrível. Acabei tendo mais noção de espaço, o que vai me ajudar muito nos próximos passos do desenvolvimento do meu projeto.</i>
<i>É legal ver de perto o que você tá propondo como volumetria em projeto, acho a experiência super válida, porém o aplicativo em si ele não é tão prático, exige muita paciência do usuário devido as inúmeras tentativas para fazer com que a imagem seja produzida no meio real.</i>
<i>converter e inserir foi tranquilo, me enrolei um pouco com escolha da escala, mas deu certo no final</i>
<i>Foi muito instigante. Essa ferramenta realmente trás novas perspectivas para a concepção arquitetônica</i>

<i>No começo foi um pouco difícil mas a medida que fui tentando descobrir como o site funciona foi ficando mais fácil.</i>
<i>Foi bem interessante, porém tive dificuldade com o arquivo então precisei ajustar e depois descobrir qual tipo de arquivo funcionava melhor. Entretanto achei bem funcional e gostei bastante das possibilidades que temos com o uso da RA.</i>
<i>Foi uma experiência muito interativa e válida para entender melhor as composições feitas</i>
<i>tive dificuldade no começo pra ajustar a escala e posicionar a maquete no local que eu queria, e também tinha perdido algumas texturas no arquivo que eu tinha importado, porém consegui resolver todos os problemas e no final de tudo ficou bem interessante</i>
<i>foi bem interessante, gostei bastante de ter essa experiencia de conseguir ver o projeto de uma forma mais real e consegui visualizar melhor a proposta</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editado pela autora.

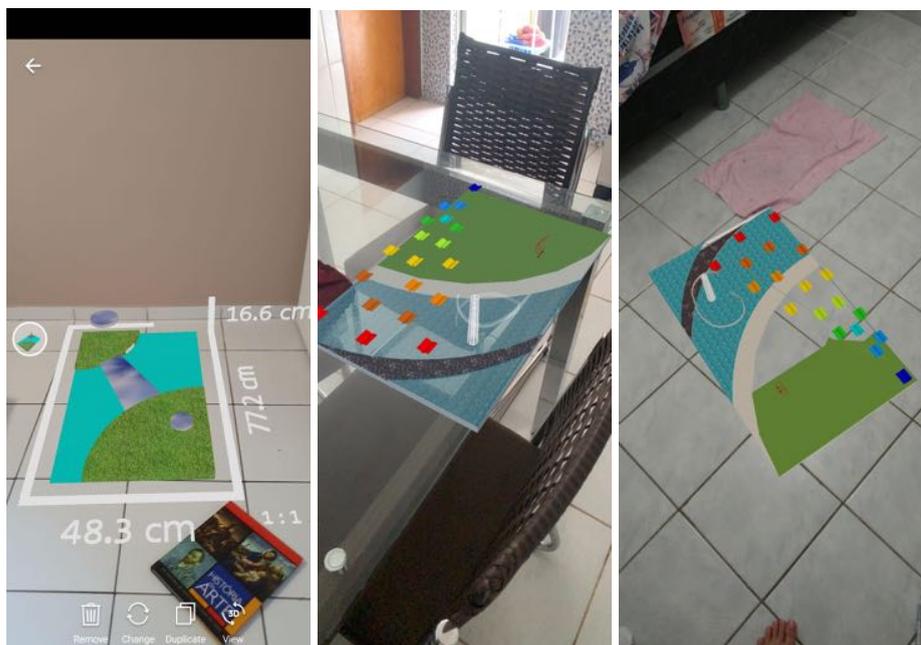
Tabela 3 - Resultados do formulário pós-experimento 1 de Oficina I.

Outras impressões e apontamentos.
<i>Grandes possibilidades quando dominar mais a ferramenta.</i>
<i>Pretendo com toda certeza continuar explorando essa ferramenta de realidade aumentada no curso, tenho certeza que ela irá me agregar muito daqui para frente.</i>
<i>fiquei um pouco sem saber como resolver esses bugs que apareceram mas fora isso não tive problema</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editado pela autora.

Todos os estudantes gostaram deste primeiro experimento com a RA e não acharam este primeiro contato difícil. Várias foram as dificuldades iniciais apontadas pelos estudantes por respostas abertas no formulário, como o ajuste de escalas; problemas com texturas e elementos; posicionamento do modelo no ambiente (por questões de escala, de reconhecimento da superfície ou iluminação); incompatibilidade de dispositivos com a tecnologia e dificuldades no uso inicial da tecnologia pela falta de um tutorial. Em relação a este último ponto, a ideia inicial foi de que o passo a passo e sua demonstração em aula eram suficientes para deixar o uso mais livre e intuitivo pelos estudantes. Tutoriais foram criados e compartilhados com a turma ao longo da semana para um melhor entendimento do aplicativo.

Imagens 119 a 121 - Alguns registros do experimento 1 realizado pelos estudantes de Oficina I.



Fonte: Estudantes de Oficina I, 2021.

O segundo experimento em RA foi apresentado já na segunda aula da terceira semana do *workshop*. Com a mesma base do primeiro experimento, o foco foi trabalhar com os projetos desenvolvidos pelos estudantes na disciplina de Projeto da Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo.

A maioria dos estudantes compartilharam a sua experiência a partir de registros fotográficos e em vídeos. Alguns estudantes tiveram dificuldades em visualizar seus modelos de início por diversos motivos, como questões de escala ou arquivo muito pesado, o que em sua maioria foi contornado. Um estudante não conseguiu fazer uso da Realidade Aumentada por incompatibilidade do aplicativo com o seu dispositivo, apresentando o seu modelo pelo *web AR* (mesmo com a incompatibilidade do seu celular, o estudante utilizou a plataforma *Augment* no computador).

Segue abaixo capturas de telas dos vídeos produzidos pelos estudantes com o uso do aplicativo *Augment*. Um vídeo reunindo os vídeos produzidos pelos estudantes encontra-se disponível no link <<https://youtu.be/cTIYG2btEZI>>.

Imagens 122 a 132 - Alguns registros do experimento 2 realizado pelos estudantes de Oficina I.



Fonte: Estudantes de Oficina I, 2021.

Durante as apresentações dos projetos nas aulas síncronas, os estudantes comentavam sobre este segundo experimento com a Realidade Aumentada, apontando suas dificuldades e problemas encontrados com a tecnologia.

A maioria dos estudantes achou esta segunda experiência mais fácil, pois já tinham tido o primeiro contato com a tecnologia e o aplicativo, conseguindo então contornar algumas dificuldades iniciais. Os estudantes gostaram da experiência e, mesmo aqueles que não conseguiram usar o app por falta de compatibilidade com o seu dispositivo, comentaram que gostaram de ver a experiência que os demais estudantes compartilharam em aula.

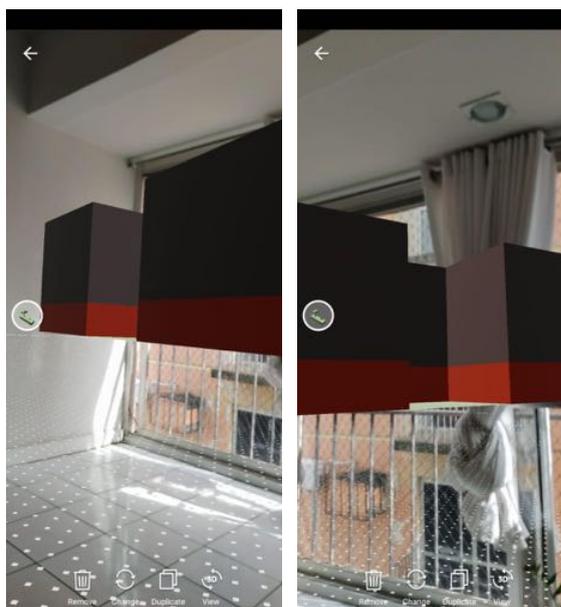
Na terceira aula desta semana, o professor Ney fez uma brincadeira com os estudantes para que eles resumissem como é que tem sido a experiência com a RA em uma palavra. As palavras foram: inovadora (4), conhecimento, divertido, interessante, experimental, novidade, possibilidades e complicado. O professor finalizou a brincadeira resumindo a sua experiência em “desafio de aprendizado”.

Os estudantes exploraram seus volumes arquitetônicos de diferentes formas, tanto externamente quanto de forma imersiva, entrando nos modelos, e em diferentes escalas, inclusive escalas próximas do real, tendo a sensação de estar vivenciando algo que ainda não tinha sido construído.

Sobre percepções dos estudantes com o uso da tecnologia, foi comentado durante as aulas percepção da volumetria que precisava ajustar e que não se havia percebido com o modelo ainda no *SketchUp*; percepção de detalhes e elementos que haviam sido esquecidos na modelagem como corrimão, fechamentos e pilares; percepção de questões de proporção; percepção do modelo como de fosse uma maquete física; ajudou a relacionar bem o volume com a planta do projeto; percepção do espaço; melhor percepção da fachada ao visualizar o volume em maior escala; que o app ajudou a visualizar melhor o projeto.

Em relação aos problemas encontrados, além da dificuldade com o ajuste de escalas apontada desde o primeiro experimento, também foram levantadas questões relacionadas à leitura da superfície de inserção do modelo digital no ambiente real, ocasionando um modelo "flutuante" (ver imagens abaixo); à falta de espaço para visualização da maquete em tamanho real, fazendo com que vários estudantes tivessem que adaptar o modelo ao ambiente ou os experienciassem de forma escalonada; à dificuldades com uso de texturas que não apareciam ou deixavam o modelo pesado, travando.

Imagens 133 e 134 - Modelo "flutuante" durante a experiência de um dos estudantes.



Fonte: Estudante de Oficina I, 2021.

Os modelos "flutuantes" podem ocorrer por problemas relacionados ao rastreamento do ambiente real pelo app em RA para a detecção da superfície à se inserir o modelo digital. Segundo Azuma (1995), este erro pode ocorrer devido à distância do observador em relação ao registro durante o rastreamento do ambiente ou por ruídos no rastreamento, como pontos incandescentes de luz. Isso faz com que o modelo "flutue", não estando alinhado adequadamente em relação ao ambiente real.

Um estudante teve dificuldades em visualizar o seu modelo em escala real em frente a sua casa, devido a sua rua ser muito movimentada. Outro estudante apontou dificuldades de visualização do seu modelo como um todo em RA por ele ser muito horizontal, desta forma acabou fazendo vários registros fotográficos para mostrar a sua experiência por partes.

Para mais do que foi levantado durante as aulas e o compartilhamento das experiências dos estudantes, no último dia de aula, foi compartilhado um formulário pós-experimento para entender melhor como foi a experiência da turma com a Realidade Aumentada na disciplina de Oficina 1, o que acharam da tecnologia e quais as dificuldades que tiveram. Para este formulário obteve-se 14 respostas, incluindo respostas do professor da disciplina. Resultado a seguir.

Imagens 135 a 141 - Respostas do formulário pós-experimentos.

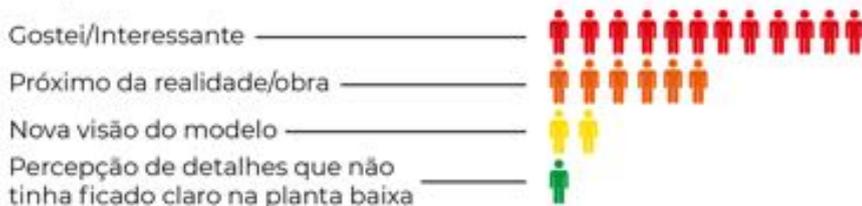
Dificuldades com a tecnologia RA/app

14 respostas



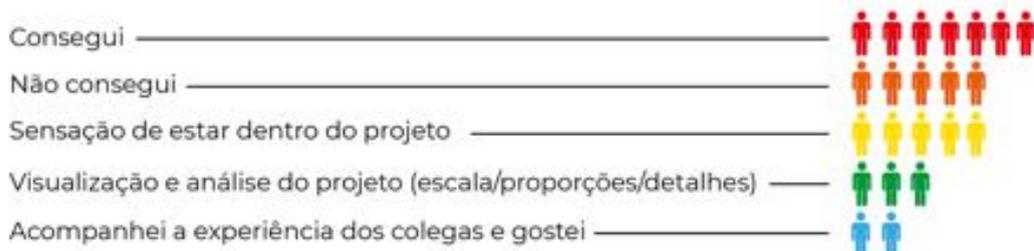
Sensação de contato com o volume arquitetônico em RA

14 respostas abertas



Experiência em "entrar" no modelo em RA

14 respostas abertas



Percebeu algo que não havia percebido antes

14 respostas abertas

- Necessidade de trabalhar mais o volume
- Possibilidade de prototipação virtual e visão do contexto urbano
- Percepção de elementos/detalhes/cores
- Confirmação do volume estar do jeito imaginado
- Formas e composição
- Do espaço/volume/dimensões/proporção
- Inserção do projeto no ambiente real
- Outras perspectivas
- Geração de novas ideias para o projeto

RA adequada para discutir volumetria



Usaria a RA por conta própria nos seus projetos



Gostariam de aprender mais sobre RA

100%

Fonte: *Google Forms*, 2021. Editado pela autora.

Tabela 4 - Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.

Fazendo uma comparação da RA com outras ferramentas, como maquetes físicas e modelos virtuais (SketchUp/Revit), quais são as principais relações e diferenças?

acho que uma complementa a outra, todos os softwares tem problemas mas utilizando os dois para o auxílio do projeto é uma boa forma de aprender e evoluir

<i>A principal semelhança é realmente a forma da maquete virtual que permanece, a principal diferença, por exemplo, é justamente o que já foi falado sobre o contato que a RA permite, o grande número de possibilidades de trabalho e interações diferentes. Outro fator, é a alocação da composição para o ambiente desejado e o ajuste de escala necessário, uma coisa é ver o modelo flutuando no sketchup e outra é poder colocá-lo realmente em seu local futuro ou de origem.</i>
<i>A experiência é imersiva ao contrário das outras tecnologias</i>
<i>A RA em comparação com sketchup, nos transporta para vivenciar nosso projeto por meio de diferentes sensações, no sketchup ficamos limitados a observar o projeto por meio da tela do computador</i>
<i>É que vc pode ver em escala real, em três dimensões</i>
<i>Acho que é a diferença maior é que na realidade aumentada você consegue manipular mais aumentando ou diminuindo a escala inserindo em ambientes diferente e ela une a parte digital com a parte real trazendo uma experiência única. E na semelhança é que ela é uma forma de visualizar o projeto que nem as maquetes físicas e virtuais, e todas tem suas vantagens e desvantagens.</i>
<i>Acredito que ferramentas como maquetes físicas auxiliam mais na concepção de formas. Entretanto ferramentas como sketchup e revit trazem certa praticidade no desenvolvimento de projetos, e aliadas a realidade aumentada trazem uma nova perspectiva a concepção de projetos. Muito relacionada as interações humanas com a obra.</i>
<i>Acredito que as três sejam fundamentais no processo de composição de um projeto, a diferença é que cada uma promove vistas em diferentes perspectivas</i>
<i>as visualizações</i>
<i>as 3 ferramentas são importantes, cada uma apresentam vantagens e desvantagens quando comaparada.</i>
<i>acredito que um serve de complemento para o outro, pois devido ao sketchup e ao revit, podemos elaborar o projeto e com a RA podemos vivenciar e adequar melhor esse projeto.</i>
<i>As maquetes físicas são interessantes pelo fato de você conseguir sentir as texturas dos materiais. Já a digital permite uma série de possibilidades tanto em questão de textura como poder ter varias versões de um mesmo projeto para discutir um detalhe, por exemplo. A RA permite visualizar de forma mais concreta a maquete digital e sendo uma grande aliada da maquete física.</i>
<i>A maquete física é muito importante e faz parte de uma etapa muito importante no processo projetual. Poder sensibilizar os diferentes materiis com o tato é uma experiência única. Utilizaria a realidade virtual pra mostrar ao cliente de uma forma mais prática o projeto, tendo a possibilidade dele mesmo imergir dentro do construído.</i>
<i>Para as maquetes físicas acho que a maior diferença é a falta da textura e para as maquetes eletrônicas a principal diferença é sensação do projeto existir no mundo real.</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editado pela autora.

Tabela 5 - Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.

Em que outros momentos/etapas você acredita que a RA pode auxiliar no projeto urbano e arquitetônico? Quais e por quê?
<i>em todos, para poupar o tempo de fazer uma maquete física e tirar dúvidas de volumetria</i>
<i>Acredito que pode ser inserido em todas etapas, desde o inicio. Essa é uma tecnologia que auxilia MUITO a visualização dos projetos e ter ela presente, desde a confecção dos primeiros volumes até o projeto final, seria de grande ajuda. Não só o projeto como um todo, mas também partes dele ou elementos constituintes.</i>

<i>A experiência imersiva é o grande diferencial pq permite o diálogo com o projeto em um tempo que outras ferramentas não conseguem igualar</i>
<i>Durante a etapa de projetar qualquer volume no intuito de observar escalas, cores, como a edificação conversa com o entorno, como adequá-la aos espaços, etc</i>
<i>Principalmente, na concepção do projeto porque auxilia visualizar sua composição</i>
<i>Na parte de elaboração do projeto pra você conseguir avaliar com mais clareza as características dele e também para mostrar aos clientes, principalmente pessoas fora do ramo que são mais leigos nas questões técnicas. Por isso ter uma visão do projeto inserido na realidade é algo muito vantajoso.</i>
<i>Acredito que tanto na fase de compôs quanto no ajuste de detalhes, pois oferece uma perspectiva de experimentação dos volumes/espaços criados completamente diferentes</i>
<i>Além do processo de composição também posso citar o momento de mostrar o projeto ao cliente, já que seria uma experiência muito mais marcante para ele quando comparada aos métodos comuns.</i>
<i>acho que na criação e visualização de mobiliários e texturas</i>
<i>na implantação, por criar uma relação com o "mundo real", o RA permitiria entender com mais facilidade a forma como o volume de comunicaria com o entorno</i>
<i>Projetos voltado para a escala humana. como uma calçada , uma escadaria , um parque pois como fazemos essa vivência através do celular acredito que teremos dificuldade para elaborar algo para um carro por exemplo.</i>
<i>Na apresentação do projeto o cliente, pois a RA auxilia as pessoas de fora da área a entender melhor o projeto.</i>
<i>Na etapa de demonstração ao cliente/usuário em questão. Ele passa a ter uma visão de dentro da própria edificação.</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editado pela autora.

Tabela 6 - Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.

Quais benefícios você pode ter com o uso da RA nos seus projetos e nas disciplinas do curso?
<i>o auxílio de uma ferramenta pouco explorado ainda pelos estudantes e professores que da a clareza e “prevê” como o projeto ficaria quando concretizado</i>
<i>Benefícios na visualização, na dinâmica, interação, percepções de novas coisas não identificadas antes e estudo. Seria um ótimo ponto trazer isso para outras disciplinas, como conforto e tectônica: observar as estruturas de perto, conseguir entrar nelas, estudo dinâmico de cartas solares etc.</i>
<i>É mais uma ferramenta de visualidade e concepção sistêmica para ser usada em contextos inaccessíveis</i>
<i>Pude sentir um momento de superação com relação ao uso da tecnologia, pois tive muitas dificuldades com a ferramenta e no final, acabei aprendendo muitas coisas com e ainda pude aplicá-la em outras disciplinas</i>
<i>Acredito que auxilia no dimensionamento dos projetos, na escolha de posicionamento de elementos</i>
<i>Poder tanto experienciar mais o projeto quanto tornar ele mais palpável fazendo com que as pessoas também possam entender com mais facilidade o que está sendo proposto.</i>
<i>Uma visão muito mais aproximada e humana da concepção arquitetônica</i>
<i>Poder ter mais domínio do seu projeto, identificar problemas com mais facilidade.</i>

<i>Durante o período remoto ela seria ótima se fosse aplicada em larga escala, pois momentaneamente para a apresentação da proposta ela substituiria a maquete física e qualquer pessoa em qualquer localidade poderia ter a experiência de uma maquete criada em outra região bem na sua casa</i>
<i>uma nova forma de entender e criar</i>
<i>nos meus projetos posso perceber problemas e pontos positivos através da RA e conseqüentemente melhorar a elaboração, buscando um melhor desempenho na faculdade.</i>
<i>Melhorar a visualização e desenvolver um projeto mais adequado com o espaço.</i>
<i>Facilitar o entendimento e construção da volumetria.</i>
<i>O estudo do espaço interno, estudo volumétrico</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editado pela autora.

Tabela 7 - Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.

Você considera que a RA auxiliou nessa disciplina de composição (Oficina 1), considerando o formato das aulas online? Por quê?
<i>sim!! achei muito interessante a inovação com essa ferramenta não explorada ainda por mim e por outros estudantes também, me deu um “gás” a mais pois estava desmotivada com o formato remoto, mas aprender sobre essa ferramenta que achei muito legal ajudou e tornou fácil prestar atenção nas aulas</i>
<i>Tenho muitas saudades das práticas presenciais de Oficina. Queria ter visto uma dinâmica diferente, que o resultado dela pudesse impactar mais pessoas além dos que estavam presentes na cadeira.</i>
<i>Ela deu aos estudantes uma oportunidade de imersão projetual</i>
<i>Sim, sobretudo na parte de avaliação dos projetos desenvolvidos nas disciplinas de projeto to.</i>
<i>Sim. Ajudou muito na visualização e desenvolvimento da volumetria, principalmente pelo fato de que no formato online fica difícil produzir uma maquete física.</i>
<i>Sim, me fez pensar em diversos meios de me adaptar ao uso da tecnologia, já que sentia grande dificuldade, tanto pela qualidade dos aparelhos quanto pela minha falta de prática</i>
<i>Auxiliou bastante pois deixou a disciplina mais dinâmica e acrescentou bastante no aprendizado da composição dos volumes projetual e também pudemos ter acesso aos trabalhos de outras pessoas de forma física mesmo não estando juntos presencialmente numa sala de aula.</i>
<i>Sim. Agregou bastante o processo de análise da composição arquitetônica. Enriquecendo a experiência não só de quem executou o projeto mas também de quem assistiu.</i>
<i>Sim, foi muito importante nesse formato ter algo inovador presente nas aulas e acho que a RA trouxe justamente isso: uma experiência nova e que nos ajudou bastante.</i>
<i>Sim, ajudou na visualização</i>
<i>sim, ja que não fizemos muito uso de maquetes físicas, o RA aproximou um pouco mais do físico, do mundo real, mesmo que não fosse possível tocar e sentir as texturas como na maquete física</i>
<i>auxiliou muito, porque a disciplina tem um intuito de trabalhar o seu eu criativo com diferentes formatos e composições e a RA trás também essa experiência que agrega nessa parte criativa da pessoa e também na questão das composições arquitetônicas.</i>
<i>Com certeza. Foi muito adequado usar essa ferramenta para aulas no formato online devido a</i>

impossibilidade de ver as maquetes físicas ela possibilitou mais que isso. Possibilitou entramos nas nossas maquetes

Sim, porque foi um primeiro contato com a tecnologia.

Fonte: *Google Forms*, 2021. Editado pela autora.

Tabela 8 - Respostas do formulário pós-experimentos de Oficina I.

Outras observações e considerações sobre a experiência.
<i>Como ferramenta de visualidade ela se coloca muito bem entre a modelagem 3D e a maquete física</i>
<i>Não sabia que era possível utilizar a realidade aumentada dessa forma, achei muito inovador e espero levar essa experiência para outras cadeiras e períodos da faculdade.</i>
<i>Foi uma experiência única poder aprender mais à respeito da Realidade Aumentada e o uso dessa ferramenta não se limita apenas às aulas de oficina, mas durante toda a trajetória acadêmica</i>
<i>eu gostei bastante tanto da RA como da Disciplina. minha única observação é sobre o aplicativo no celular.(espero que melhore a questão das falhas para usarmos de diferentes texturas). não sei se é algo apenas do aplicativo ou do sketchup também. obrigado professores</i>

Fonte: *Google Forms*, 2021. Editado pela autora.

Os resultados do formulário reforçam o que foi apontado pelos estudantes durante as aulas da última semana do *workshop*, como as dificuldades encontradas, o que acharam da experiência e algumas percepções que tiveram com o uso da RA que não haviam tido antes.

Toda a turma avalia a Realidade Aumentada adequada para discutir volumetria, mesmo que em parte, e apenas um estudante apontou que não tem interesse em usar a tecnologia por conta própria em seus projetos. Contudo, todos gostariam de aprender mais sobre a tecnologia.

Ao fazer uma comparação entre a RA com outras ferramentas que trabalham com modelos 3D (físicos e digitais), os estudantes apontaram que as ferramentas se complementam, pois cada uma tem suas vantagens e desvantagens.

Os estudantes acreditam que a Realidade Aumentada pode auxiliar o projeto urbano e arquitetônico em todas as suas etapas, desde o início, na fase de concepção, até a fase final de apresentação do projeto. Além de auxiliar na etapa de concepção volumétrica, a RA permite um diálogo mais imersivo com o projeto em diversas etapas, permitindo a observação de escalas e de sua adequação ao entorno, podendo avaliar com mais clareza o projeto como um todo ou suas partes.

Acredita-se também que a tecnologia traz vantagens na etapa de apresentação do projeto ao cliente, pois permite uma visão do projeto mais próximo do real, não necessitando de uma visão mais técnica. A RA possibilita tornar o projeto mais "palpável", possibilitando um entendimento de outras pessoas sobre o que está sendo proposto com mais facilidade.

Considerou-se a RA como mais uma ferramenta de visualidade e concepção que traz benefícios em questões de interação, dinamicidade, percepção e estudo do modelo; e de prever o projeto antes de sua concretização dentro de uma escala mais humana. Esta tecnologia pode auxiliar no entendimento dos projetos, na sua adequação ao espaço, no seu dimensionamento, no posicionamento dos elementos, na identificação de problemas e no estudo do espaço interno.

A turma achou que a tecnologia auxiliou a disciplina de composição (Oficina 1) neste momento de aulas online, trazendo diferentes tipos de visualização e interação com os modelos e deixando a disciplina mais dinâmica. A RA possibilitou o acesso aos trabalhos de outros estudantes próximo ao presencial, permitindo visualizar e experienciar as maquetes digitais em suas casas.

Apesar das dificuldades encontradas ao longo dos experimentos, os estudantes acharam a experiência positiva. Entrar em contato com as maquetes digitais em escalas diferentes e próximas do real levou uma nova visão do modelo aos estudantes permitindo a outras formas de se perceber e analisar o projeto. Foram percebidas questões compositivas, de proporções, escalas e detalhes do volume, além de percepções do espaço e possibilidades de inserção do projeto no ambiente real.

DISCUSSÕES E APONTAMENTOS

Essa experiência foi importante do ponto de vista pedagógico, proporcionando uma oportunidade de apresentar novas ferramentas para os estudantes de arquitetura e urbanismo. Entende-se que a Realidade Aumentada é uma ferramenta de visualidade e que pode ser usada em diferentes escalas e contextos. A tecnologia permite novas formas de manipulação e interação com o modelo digital, através de diferentes perspectivas, possibilitando diferentes experiências espaciais que possivelmente podem auxiliar no desenvolvimento projetual.

Como visto anteriormente nos Resultados da experiência, os estudantes que participaram da experiência levantaram várias possibilidades de aplicação da Realidade Aumentada à visualização e interação de modelos digitais tridimensionais arquitetônicos. Foram apontadas potencialidades em torno do uso da tecnologia em diversas etapas projetuais e em diferentes disciplinas do CAU.

Estudantes apontaram que a RA poderia ser aplicada em disciplinas relacionadas à outros assuntos, como conforto e tectônica, e que poderia ter sido aplicada em maior escala neste momento de ensino remoto, visto a sua capacidade de criar uma experiência próxima à uma maquete física ao permitir que as maquetes digitais fossem visualizadas presencialmente no ambiente dos demais estudantes e professores.

Como os estudantes confirmaram sua vontade de aprender mais sobre a tecnologia e que a mesma auxiliou a disciplina de Oficina 1 e poderia trazer benefícios à outras disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo, cabe a sugestão de criação de uma disciplina eletiva de informática aplicada para promover o estudo da Realidade Aumentada como instrumento mediador da projeção em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo. Desta forma, assim como outras tecnologias já inseridas no currículo do curso como *SketchUp* e CAD, a RA poderia ser utilizada de forma multidisciplinar em combinação com outras ferramentas.

Vale apontar algumas observações realizadas em aula pelo professor Ney Dantas como a de que os estudantes ficam muito apegados à planta e ao programa arquitetônico e que esses elementos não podem ser ditadores da arquitetura, pois o que interessa na arquitetura é o espaço. O professor afirmou que o projeto é circular, onde no processo ajusta-se o volume e depois volta para a planta, ajusta-se a planta e depois volta para volume e assim por diante.

A RA pode ser inserida como uma ferramenta a mais para auxiliar nesse ciclo projetual. Já temos várias ferramentas inseridas nesse processo projetual arquitetônico, sejam manuais ou digitais, como *croquis*, CAD, modelagem física, modelagem digital para o desenvolvimento de plantas baixas, cortes, fachadas, perspectivas e maquetes, a RA pode ser inserida nesse processo para o desenvolvimento do produto arquitetônico.

Como uma ferramenta de visualidade a RA pode ser colocada entre a modelagem digital 3D e a maquete física, pois ela combina o digital e o real ao levar e inserir o modelo digital no

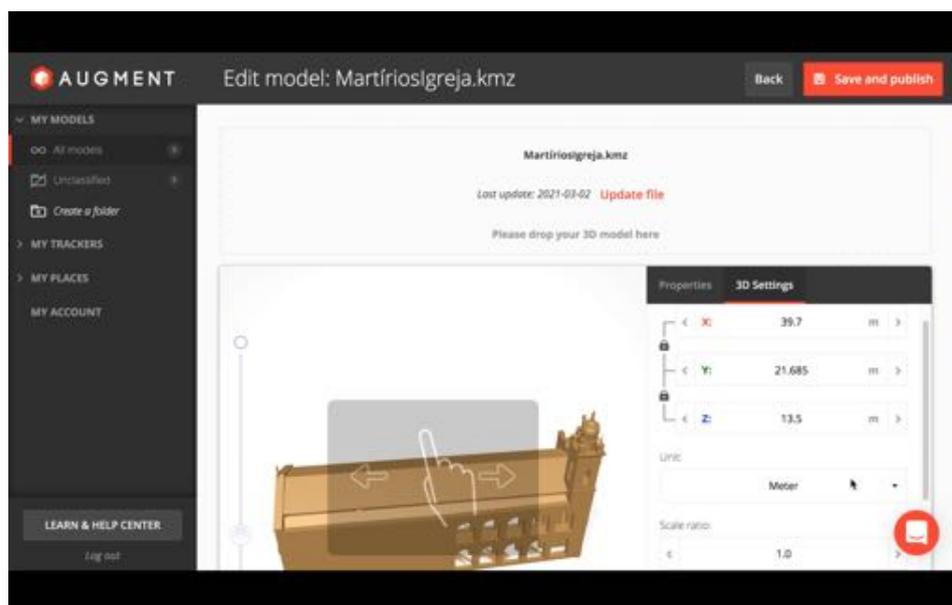
ambiente real, permitindo trabalhar com diferentes escalas e incluindo o parâmetro humano e o contexto arquitetônico.

Cabe ainda apontar que as experiências foram feitas de forma remota, com os estudantes em suas casas, em diferentes ambientes e com diferentes dispositivos e sistemas tecnológicos; e sem o acompanhamento presencial dos professores podendo entender melhor os problemas com o uso da tecnologia e como melhor orientar os estudantes em casos específicos. Isto posto, se faz adequado fazer alguns comentários sobre dificuldades levantadas pelos estudantes ao longo da experiência.

As dificuldades em entrar na maquete por falta de espaço amplo o suficiente, por não conseguir visualizar o modelo em tamanho real, poderia ter sido resolvida a partir da definição de uma escala maior, onde os estudantes pudessem ao menos "entrar" nos modelos com a cabeça, como se fosse uma caixa. A experiência seria diferente do real, mas já seria possível uma imersão no modelo para ter uma noção do espaço interno, como foi comentado em aula quando estudantes apontaram essa dificuldade. Um vídeo demonstrando essas diferentes interações com os modelos em diferentes escalas foi compartilhado no *Google Classroom* da turma.

Como apontado nos resultados, a definição de escalas, que foi a maior dificuldade encontrada pelos estudantes, acabava dificultando a visualização dos seus modelos digitais no ambiente. Os estudantes tiveram dificuldades em modificar as escalas dos seus modelos para visualizá-los em RA, desta forma, o modelo era inserido no app *Augment* em escala real e os estudantes não conseguiam visualizar seus modelos por falta de espaço no ambiente. Alguns estudantes também não souberam dizer que escala definiram no app e qual a altura que seus modelos ficaram dentro da escala definida se fossem modelos reais. É possível que este problema das escalas não seja um problema específico com o aplicativo e sim de saber trabalhar com conversão de escalas. Um vídeo tutorial sobre a definição de escalas foi compartilhado com os estudantes no mural da disciplina. Segue abaixo um frame do vídeo.

Imagem 142 - Frame do vídeo tutorial criado pela autora e compartilhado com os estudantes.



Fonte: Autora, 2021.

Neste frame do vídeo é possível ver opções de configurações do modelo 3D como dimensões (eixos x,y,z), unidades (mm, cm, m) e escala. É possível modificar a escala do modelo configurando todas essas alternativas.

Já em relação a problemas com o app como *bugs* (falhas) com as texturas e travas por ter modelos muito pesados, poderiam estar relacionados às capacidades tecnológicas dos dispositivos utilizados pelos estudantes. Alguns dispositivos podem não ter um sistema que aguente um tanto de informação gráfica quando roda o aplicativo em RA.

Para o caso dos modelos muito pesados, com muitos detalhes, como os dispositivos tecnológicos que estão sendo utilizados são pessoais e em sua maioria não são muito avançados, se carregar demais os modelos, pode-se perder um pouco da visualização porque o app pode ficar travando ou fechando. Sendo assim, pode-se tentar experimentar trabalhar com modelos mais leves, modelos de estudos ao invés de modelos finais. Neste ponto, o professor Ney Dantas acrescentou que pode-se trabalhar com a forma pura, como uma foto preto e branco e que aos poucos vai se acrescentando um pouco da textura, cor, movimento, não é necessário carregar demais os modelos. Desta forma é possível entender até onde cada dispositivo aguenta certas quantidades de informação.

Em relação às dificuldades que os estudantes estavam tendo quando exportavam os arquivos e estes ficavam carregados de informação pela quantidade de elementos e/ou texturas, dificultando a visualização das maquetes digitais em RA, o professor responsável pela disciplina levantou a ideia de se ter um plugin no *SketchUp* por exemplo que gerasse esses modelos em arquivos mais leves e simplificados para serem levados à plataforma de RA e que lá houvesse a possibilidade de aplicar as texturas no modelo, assim o arquivo não viria com o peso de um programa de modelagem. Alguns programas já têm esses *plugins*, a exemplo do *Augin*, app descoberto mais adiante na pesquisa que foi utilizado para experiências de estágio à docência (ver em Anexos, seção 9.4).

Pegando esse gancho de trabalhar com volumes mais leves, facilitando a interação com o modelo digital em Realidade Aumentada, uma ideia seria, trabalhar mais no estágio inicial da composição arquitetônica, concentrando-se nas questões volumétricas nos modelos digitais, criando modelos mais simples, mais puros, apenas com aberturas, sem colocar elementos como janelas, portas, mesas, cadeiras, etc., desenvolver modelos de estudo e não modelos finais. Focar no volume, não no detalhamento, pois quanto mais elementos são inseridos no modelo, mais pesado fica o arquivo.

Um exemplo seria trabalhar a volumetria como Oscar Niemeyer, a exemplo do auditório e da oca do parque Ibirapuera que eram volumes simples (imagens abaixo). Trabalhar mais as questões compositivas de adição, subtração, multiplicação e divisão vistas na disciplina.

Imagens 143 a 146 - Obras do arquiteto Oscar Niemeyer no Parque Ibirapuera.



Fonte: *Google Images*. Acessado em junho de 2022.

A RA pode ser interessante para esse momento inicial da concepção volumétrica, considerando também que os estudantes não têm tecnologias de ponta em suas mãos. A ideia é facilitar o acesso dos estudantes à tecnologia e que todos possam fazer uso através dos seus dispositivos tecnológicos pessoais.

Em relação ao acesso dos estudantes à tecnologia, nem todos os dispositivos tecnológicos pessoais tem um sistema capaz de processar certas tecnologias como a Realidade Aumentada. Visto que esta experiência foi realizada durante o ensino remoto, não foi possível disponibilizar a todos os estudantes um dispositivo que suportasse a tecnologia para que todos pudessem ter a experiência completa de entrar em contato com o seu modelo digital em Realidade Aumentada.

Em momento de ensino remoto a Realidade Aumentada poderia ter sido aplicada de forma mais ampla, auxiliando inclusive disciplinas como projeto, ao possibilitar a visualização dos modelos digitais arquitetônicos em qualquer lugar. Neste contexto, disciplinas de urbanismo poderiam se utilizar dessa ferramenta na visualização dos artefatos arquitetônicos no contexto urbano. Este é mais um ponto que poderia ter sido aproveitado caso a tecnologia já fizesse parte da grade curricular do Curso de Arquitetura e Urbanismo.

5.2 MAQUETE II

Experiência 2 - Maquetes arquitetônicas + Realidade Aumentada.

Período: 2020.1

Disciplina (Eletiva 2o período): Maquetes II (30h)

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Professores responsáveis: Pascal Machado e Mirela Duarte.

Disciplina instrumental, parte dos componentes eletivos, segundo o Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPE (2010).

INTRODUÇÃO

Realizada no primeiro semestre de 2021, em ensino remoto, a disciplina Maquetes II, eletiva alocada no segundo período da graduação em Arquitetura e Urbanismo, teve como objetivo a

construção de maquetes de concepção arquitetônica como meio de simulação, apreensão de técnicas construtivas e a associação de técnicas de modelagem de forma interdisciplinar com a disciplina de Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo do mesmo período³⁹.

A disciplina aconteceu no formato de um *workshop*, diariamente, no período da tarde, dividida em dois módulos. No primeiro módulo, realizado durante a segunda semana de março, foram elaboradas maquetes de estudo das propostas desenvolvidas pelos estudantes na disciplina de Projeto a partir de lições do livro “Roteiro para construir no Nordeste” de Armando de Holanda; e no segundo módulo, na primeira semana de abril, além do detalhamento da proposta da maquete já desenvolvida, foi realizado um experimento com a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) a fim de explorar a interação das modelagens física e digital.

Para a etapa do experimento em Realidade Aumentada, a ideia fechada com os professores da disciplina foi da utilização da tecnologia para combinar o físico com o digital de forma que fossem associadas a modelagem física da maquete com a modelagem digital do seu entorno projetual. Como a disciplina Maquetes II trata da escala do projeto arquitetônico, a RA poderia trazer um pouco da relação com o entorno. Assim, além das maquetes desenvolvidas pelos estudantes, seria necessário o uso de computadores, *smartphones*, programas de modelagem digital e as plataformas digitais com a tecnologia de Realidade Aumentada.

Um dos programas de modelagem mais utilizado pelos estudantes tem sido o *SketchUp*, por ser um programa já aprendido no primeiro ano do curso de arquitetura. Desta forma, nesta experiência, o *SketchUp* foi o programa de modelagem referência. Entretanto, outros programas de modelagem como o *Revit*, *Blender* ou *Rhinoceros* também poderiam ser utilizados.

Sobre as plataformas a serem utilizadas para criar a experiência em RA, foi utilizada a combinação *Vuforia* + *Unity*. O *Vuforia Engine* é uma plataforma que oferece recursos tecnológicos em RA e o *Unity* é uma plataforma de criação e gerenciamento que permite criar experiências 3D imersivas para o mundo real em diversas escalas para a área de Arquitetura, Engenharia, Construção, entre outras.

³⁹ Para estudantes de períodos distintos, a metodologia de Maquetes 2 aplicou-se à disciplina de projeto equivalente ao seu período.

O recurso do *Vuforia* utilizado neste experimento foi o *3D Object Scanner* que permite escanear um modelo físico tridimensional para poder acrescentar nele informações digitais em tempo real, que neste caso permitiu o escaneamento e reconhecimento das maquetes físicas desenvolvidas pelos estudantes. Já o *Unity* foi utilizado para associar o escaneamento da maquete física feito pelo recurso *Vuforia* com a modelagem digital desenvolvida no *SketchUp*, possibilitando o experimento proposto em RA.

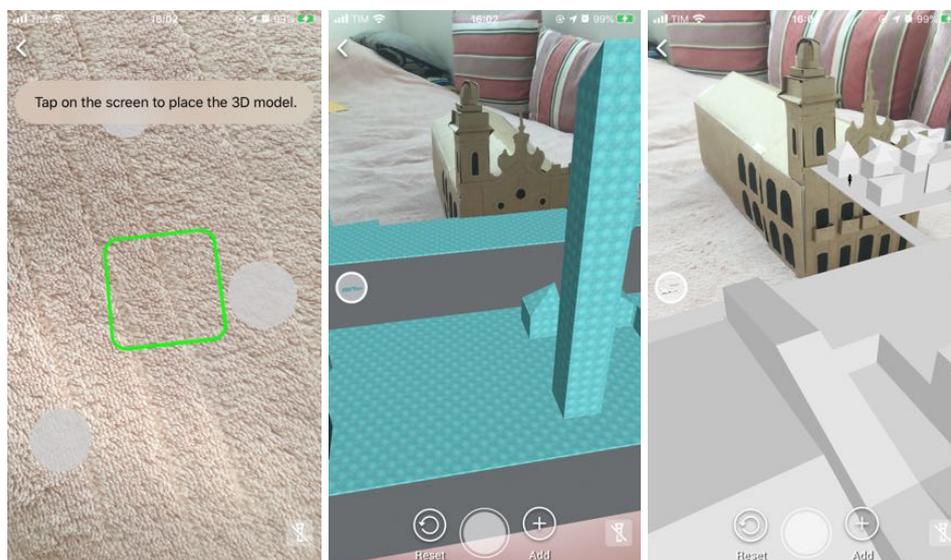
Imagem 147 - Ilustração da relação das plataformas na experiência.



Fonte: Autora, 2021.

Vale apontar que, inicialmente, o programa a ser utilizado nesse experimento seria o *Augment*, mesma plataforma utilizada na experiência anterior realizada na disciplina de Oficina aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo I. Contudo, dentro da proposta de combinar a maquete física com o entorno digital, foram feitos testes com o *Augment* e a experiência não funcionou em tempo real. Como este app faz o escaneamento de superfícies e não de objetos 3D no ambiente real, a maquete física não era reconhecida e, desta forma, os elementos digitais não eram atrelados diretamente à maquete, precisando ser inseridos manualmente, e ficavam se sobrepondo à mesma. Imagens referentes aos testes com o *Augment* a seguir.

Imagens 148 a 150 - Reconhecimento da superfície; sobreposição do objeto digital ao objeto real no app Augment.



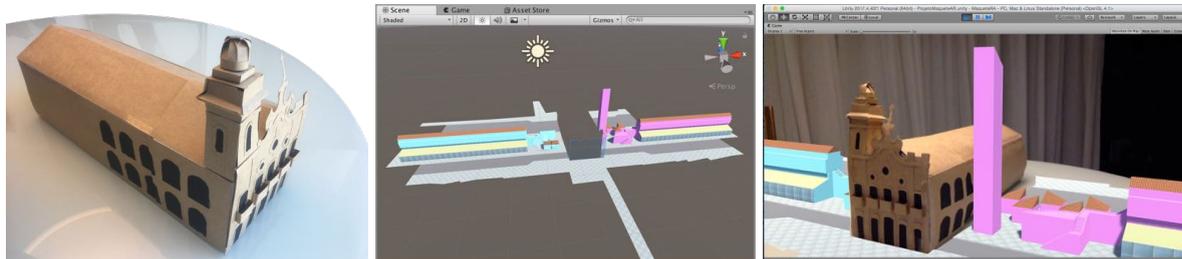
Fonte: Autora, 2021.

Na primeira imagem é mostrado como o aplicativo faz a identificação de uma superfície no ambiente real para a inserção do elemento digital (escaneamento 2D). Nas segunda e terceira imagens é mostrado testes da combinação de uma maquete física com um recorte do seu entorno digital, no primeiro não foi feito um recorte no modelo digital de onde a maquete seria encaixada, o que foi feito no segundo. Em ambos os testes, ao movimentar-se pelo ambiente real, a camada digital se sobrepunha à camada física, desconsiderando completamente o elemento tridimensional físico. O aplicativo reconhece apenas o plano de inserção do modelo, desconsiderando demais elementos no ambiente.

Testes também foram realizados com outros aplicativos como o *AR-Media*, que funcionou para o reconhecimento de objetos 2D, como plantas baixas, mas não para o reconhecimento de objetos físicos 3D.

A solução encontrada para este experimento (*Vuforia+Unity*) foi uma sugestão do professor João Marcelo Teixeira, Doutor em Ciências da Computação pela UFPE e parte do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Design da mesma universidade, dentro da mesma linha de pesquisa desta pesquisa (Design de Artefatos Digitais). Cabe ainda, ressaltar que a experiência foi um desafio para a mestrandia, pois a mesma não conhecia previamente essas plataformas, realizando testes e montando o experimento em apenas um mês.

Imagens 151 a 153 - Maquete; Projeto no Unity; Resultado do experimento a ser aplicado na disciplina de Maquete.

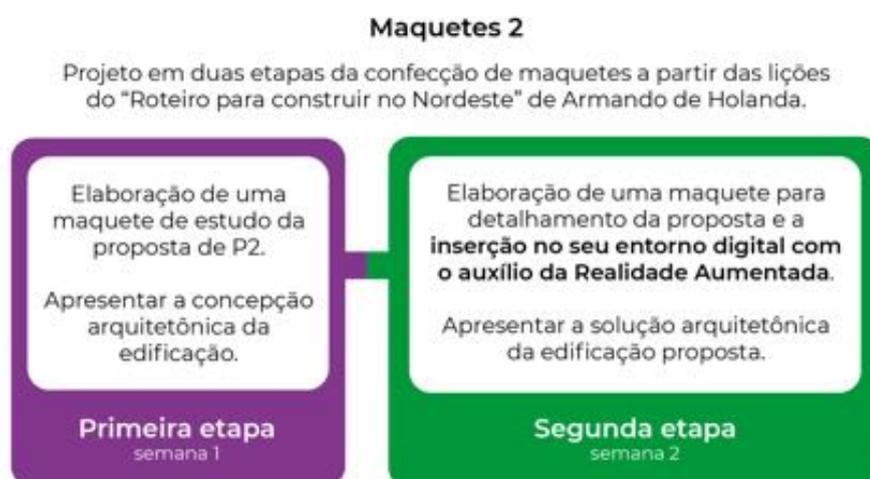


Fonte: Autora, 2021.

METODOLOGIA

Antes de dar início à disciplina, foi realizada uma reunião com os professores responsáveis, Pascal Machado e Mirela Duarte, para entender as possibilidades e definir como encaixar a Realidade Aumentada na metodologia da disciplina e aproveitar esse momento de aulas online para explorar ferramentas digitais.

Imagem 154 - Programa da disciplina de Maquete II.



Fonte: Autora, 2021.

Ferramentas digitais têm sido utilizadas para apoiar as aulas de produção manual neste momento de ensino remoto, lembrando que os professores e colegas de turma vêm as maquetes físicas a partir do computador, por registros fotográficos ou vídeos. A realidade é diferente das aulas presenciais e este é um momento de experimentação e adaptação.

A disciplina deu início com uma apresentação do seu conteúdo e metodologia, com uma conversa com os estudantes sobre os materiais necessários e sobre a experimentação com a tecnologia RA, sendo finalizada com a apresentação dos estudantes dos projetos que estavam sendo desenvolvidos na disciplina de P2 (Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo II) para que os professores e a mestranda pudessem melhor entender os contextos e conceitos.

No que diz respeito a essa breve conversa inicial sobre a RA, foi apontado para os estudantes que a RA pode ser aplicada como mais uma tecnologia de visualização de modelos digitais desenvolvidos nos programas de modelagem como o *SketchUp* e *Revit*; que ela permite levar o modelo digital da tela fixa do computador para o *smartphone*, para experienciar como se você tivesse uma maquete no ambiente, mas de uma forma digital. O professor Pascal Machado acrescentou que se vê o objeto fabricado num programa dentro de uma situação real, como as máscaras que são aplicadas no fundo da chamada de vídeo do *Google Meet*, combinando uma imagem fabricada com uma imagem real em tempo real, isso é Realidade Aumentada.

Ao longo da primeira semana os estudantes iam desenvolvendo suas maquetes com base nas lições do livro de Armando de Holanda no primeiro momento em aula assíncrona e num segundo momento todos se reuniam em aula síncrona para a apresentação de suas soluções e orientação dos professores. Os pontos das lições eram discutidos em cima do que era apresentado pelos estudantes. Como o formato das aulas seguia como um *workshop*, a produção diária era muito importante.

Imagem 155 - Organização da primeira semana da disciplina de Maquete II.



Fonte: Autora, 2021.

Nas aulas presenciais de Maquete II, o sistema adotado era dar tempo para os estudantes produzirem em sala e depois abrir um momento de apresentação e discussão sobre a maquete, para que os estudantes não precisassem levar trabalho para casa. Eram produzidas maquetes rápidas, estudos. As aulas tinham como base produção e assessoramentos. A ideia era adaptar as aulas online a esse sistema já utilizado.

Como é uma disciplina prática, os estudantes iam produzindo e os professores acompanhando e orientando. A apresentação das soluções das maquetes ao longo da semana era livre, como os estudantes achassem melhor, abrindo a câmera para mostrar em tempo real ou mostrando através de registros.

Finalizada a primeira etapa da disciplina, antes do início da segunda, foi realizada mais uma reunião com os professores da disciplina para definir com mais detalhes como seria a inserção da nova tecnologia durante a segunda semana. Segue a organização definida para a segunda semana.

Imagem 156 - Organização da segunda semana da disciplina de Maquete II.



Fonte: Autora, 2021.

Durante a primeira aula da segunda semana, os professores pediram para que os estudantes mostrassem as suas maquetes físicas e questionaram como estava o desenvolvimento das maquetes digitais, já que estas também eram necessárias para a realização do experimento em RA. Inicialmente, o experimento estava previsto para o penúltimo dia da semana, mas como seria utilizada uma nova tecnologia e novos programas, desconhecidos pelos estudantes, e

esse módulo seria de apenas uma semana para aprender e realizar o experimento, decidiu-se trazer a experiência em RA para quarta-feira, pois se algum estudante tivesse dificuldades, tanto com a tecnologia como com a execução, poderia ser resolvido até a quinta-feira para então começar as apresentações e fazer os devidos ajustes.

A ideia nesta semana, além da produção de maquetes mais elaboradas, era de possibilitar aos estudantes explorar mais uma ferramenta digital combinada com as maquetes que, diferente de uma fotomontagem digital, possibilita uma renderização e interação em vários ângulos e em tempo real, além de mostrar possibilidades de ferramentas em arquitetura a partir de uma metodologia de combinação do digital com o físico.

Para realizar o experimento com a Realidade Aumentada, era necessário ter os programas instalados no computador e no *smartphone*, ter as maquetes físicas desenvolvidas para fazer o seu escaneamento e ter o elemento digital definido que será atrelado à maquete. Para isso, foi criada uma atividade assíncrona no dia 01 de abril, no *Google Classroom* da turma, com os passos a serem seguidos para que os estudantes chegassem na primeira aula desta segunda etapa já com os programas instalados e para dar tempo de tirar possíveis dúvidas que surgissem sobre as instalações antes da aula. O texto que foi compartilhado com a turma encontra-se no Anexo 9.3.

Iniciada a segunda etapa da disciplina, na primeira aula, foi feita uma apresentação sobre a tecnologia Realidade Aumentada, apontando conceitos e possíveis aplicações no campo da Arquitetura, Urbanismo e Construção, e foi apresentado e demonstrado aos estudantes o experimento proposto dessa ferramenta aplicada à maquetes.

Em suma, com a maquete física desenvolvida e o aplicativo Android **VuforiaObjectScanner.apk** instalado no *smartphone*, faz-se o escaneamento tridimensional da maquete, criando assim um marcador físico (registro) para vincular os elementos digitais do seu entorno urbano modelados no *SketchUp*. Após o escaneamento da maquete e desenvolvimento do modelo digital, o projeto em Realidade Aumentada, que combina o real com o digital, é desenvolvido no computador, no *Unity*.

Ao longo desta semana, os estudantes iam desenvolvendo suas maquetes física e digital, e tirando dúvidas sobre as tecnologias utilizadas no experimento, para que no final da semana

pudessem realizar o experimento e apresentar. Um vídeo tutorial com todos os passos do experimento proposto foi produzido e compartilhado pela mestrandia (ver imagem abaixo) e foram registradas algumas observações sobre as tecnologias utilizadas, ambos no mural da turma.

Imagem 157 - Thumbnail do vídeo compartilhado através de *link* do YouTube⁴⁰.



Fonte: Autora, 2021.

RESULTADOS

As maquetes desenvolvidas ao longo da disciplina alcançaram bons resultados. A metodologia aplicada na segunda etapa, de forma experimental, foi uma boa oportunidade de apresentar e testar a Realidade Aumentada com os estudantes. Contudo, como foram utilizadas plataformas não conhecidas previamente pelos estudantes e ocorreu de forma remota e em apenas uma semana, o experimento passou por algumas dificuldades de execução, resultando na finalização do exercício por apenas um estudante. Como alternativa sugerida pelos professores da disciplina para a combinação do real com o digital, os demais estudantes fizeram fotomontagens com registros da maquete física e imagens dos elementos digitais.

A experiência serviu para detectar problemas, principalmente de aplicar uma nova tecnologia e novas ferramentas durante aulas remotas, dificultando um melhor acompanhamento dos professores. Todavia, os estudantes deram um *feedback* positivo sobre a experiência.

⁴⁰ Disponível em: <<https://youtu.be/9mqzqGOYHwg>>.

Muitas variáveis envolvidas ainda estão em análise. O processo de escaneamento da maquete na casa dos estudantes pode ter desconsiderado alguns parâmetros necessários para o reconhecimento do objeto físico em RA, como uma iluminação equilibrada e difusa, sem pontos de luz ou sombras. Elementos de sombra indicados por Armando de Holanda, apesar de ricos arquitetonicamente, possivelmente foram desfavoráveis para a experiência em RA, assim como aberturas e falta de contraste/textura nas maquetes desenvolvidas. Cabe considerar também incompatibilidades tecnológicas dos sistemas operacionais diversos.

Inicialmente foi proposto que cada estudante baixasse uma versão do *Unity* compatível com o seu sistema operacional. Devido às dificuldades de execução do experimento, foi indicado que os estudantes baixassem a versão igual à utilizada pela autora da experiência (2017.4.40). Contudo, esta indicação não resolveu o problema.

Na segunda aula dois estudantes comunicaram que não conseguiriam participar na experiência com a Realidade Aumentada, pois seus computadores não suportavam a renderização em RA. Além disso, um desses estudantes comentou que não tinha o *SketchUp* instalado no seu computador.

Apesar dos professores da disciplina apontarem que o experimento com a RA não seria obrigatório, indicaram que esta seria uma boa oportunidade de aprender e trabalhar com a tecnologia que já vem sendo explorada no campo da arquitetura em diversas universidades, podendo levá-la a outras disciplinas e para a vida profissional. A maioria dos estudantes se mostraram interessados e tentaram realizar o experimento mesmo diante das dificuldades encontradas.

Como foram encontradas várias dificuldades por parte dos estudantes para realizar essa experiência, a mestrandia se disponibilizou além sala de aula, a partir de uma sala criada no *Google Meet*, para que os estudantes pudessem se reunir para tirar dúvidas e tentar solucionar os problemas encontrados. O estudante que conseguiu finalizar a experiência foi o único que entrou nesta sala do *Google Meet* e, junto com a mestrandia, fez vários testes e conseguiu contornar as dificuldades.

Por fim, cabe mencionar que 5 dos estudantes que participaram dessa experiência também participaram da experiência de RA na disciplina de Oficina de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo I ministrada no mesmo semestre pelo professor Ney Dantas. O único estudante que conseguiu finalizar o experimento foi um desses estudantes. O resultado do experimento realizado pelo estudante foi apresentado em aula, em tempo real.

Imagem 158 - Resultado do experimento realizado pelo estudante.



Fonte: Estudante de Maquete II, 2021.

DISCUSSÕES E APONTAMENTOS

Essa experiência foi importante do ponto de vista pedagógico, proporcionando uma oportunidade de testar novas metodologias e apresentar novas ferramentas para os estudantes de arquitetura e urbanismo. A ideia de explorar a combinação de maquetes físicas e digitais, mostra que este diálogo é possível a partir de uma metodologia que combine o real e o digital de forma interativa.

Sobre as dificuldades de execução do experimento por parte dos estudantes, há de se considerar a apresentação de uma nova tecnologia e metodologia no momento de ensino remoto emergencial. Como já mencionado, os estudantes não tinham conhecimento prévio das

plataformas digitais utilizadas no experimento e o conhecimento que tinham da Realidade Aumentada era a nível de usuário. Desta forma, torna-se compreensível que os estudantes não tenham um entendimento concreto sobre limitações e fragilidades da tecnologia, como questões de ruído de iluminação nas várias etapas do experimento e execução do escaneamento das maquetes físicas.

Além disso, como também foi apontado anteriormente, a autora do experimento adquiriu conhecimento sobre as plataformas digitais, testou e montou o experimento em apenas um mês. Como o projeto desenvolvido para o experimento funcionou, o mesmo acabou sendo levado para a sala de aula online para passar para os estudantes.

Entende-se que a aplicação foi realizada de forma experimental e que o tempo foi curto para executar e lidar com os problemas que apareceram no caminho. Possivelmente, se a experiência pudesse ser aplicada de forma presencial, com um melhor entendimento das dificuldades, melhor apoio aos estudantes e maior tempo para estudo e desenvolvimento, os resultados poderiam ter sido mais satisfatórios.

Neste contexto, sugere-se a criação de um workshop além sala de aula, para não comprometer o tempo e metodologia das disciplinas existentes, ou de uma disciplina voltada para o ensino da Realidade Aumentada e das plataformas utilizadas para focar no desenvolvimento de projetos arquitetônicos com o uso do *Unity + Vuforia*.

Como apontado no Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPE, o curso almeja e possibilita a inserção de tecnologias emergentes na grade curricular. Disciplinas eletivas de Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo abrem possibilidade para o ensino da Realidade Aumentada.

Dentro do contexto arquitetônico, essas plataformas possibilitam variadas experiências em RA. Além da integração de elementos digitais na maquete física, é possível desenvolver projetos onde o modelo digital seja atrelado à planificações, como plantas baixas, cortes e fachadas; e projetos que posicionem os modelos digitais arquitetônicos por geolocalização.

5.3 GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL

Experiência 3 - Criação e teste do aplicativo GGT-RA.

Período: 2021.1

Disciplina (Obrigatória 1o período): Geometria Gráfica Tridimensional (60h)

Curso: ABI - Engenharias

Coordenadora e Professora: Mariana Gusmão.

Disciplina ofertada pelo Departamento de Expressão Gráfica.

INTRODUÇÃO

A disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional (GGT) é um componente obrigatório do ciclo básico dos cursos de Engenharia da UFPE. Nesta disciplina, estudantes ingressantes aprendem sobre a representação das formas tridimensionais mais usadas nos principais sistemas de representação gráfica, com o objetivo de desenvolver a capacidade de visualização espacial e a habilidade de expressão, operação e de interpretação gráfica⁴¹.

A disciplina aborda três tipos de Projeções Cilíndricas bastante utilizadas em disciplinas usualmente conhecidas como “desenho técnico”, são elas: Cavaleira, Isometria e Sistema Mongeano. Além disso, a disciplina trata de temas como Vistas Auxiliares, Verdadeira Grandeza e o estudo da Seção Plana nos sólidos básicos.

Conforme apontado no capítulo 3, seção 3.2, Geometria Gráfica Tridimensional está entre as disciplinas do curso de Engenharias com mais reprovação nos semestres de 2016 a 2020. O índice de reprovação por falta (45,2%), possivelmente por desistência dos estudantes, é o mais alto quando comparado às demais disciplinas no mesmo período (ver Imagem 74, p. 66).

Visto que o índice de aprovação é de 36,8%, o baixo desempenho dos estudantes nesta disciplina pode ter suas origens em dificuldades com o conteúdo ou até mesmo por a subestimarem em detrimento das outras disciplinas do período, por ser uma disciplina "mais fácil" ou de menos importância. Esse julgamento pode vir desde os níveis fundamental e médio, onde as matérias de Geometria e Desenho Geométrico costumam ser desvalorizadas.

⁴¹ Ementa disponível no site do LABGRAF (<https://www.labgrafufpe.com/disciplinas/ggt>).

Além disso, a disciplina de GGT é pré-requisito para poucas disciplinas do resto do perfil curricular das Engenharias.

A dificuldade com o conteúdo de GGT pode estar relacionada à falta de habilidades espaciais por parte dos estudantes, já que, segundo pesquisas (GRAVINA, 1996; LOPES e GUSMÃO, 2014), boa parte dos estudantes ingressantes chegam à universidade com falta de base em geometria e com dificuldades de aprendizado na área relacionada à percepção visual.

Neste contexto, cabe apontar que, em 2010, a autora desta pesquisa foi monitora da disciplina de Introdução ao Desenho na Área II da UFPE, disciplina equivalente à atual Geometria Gráfica Tridimensional. Durante essa experiência, teve contato com estudantes que tinham dificuldades de visualizar as peças, representadas em Cavaleira, Isometria e Sistema Mongeano, em três dimensões. Na época, ao desenhar um cubo durante um plantão de monitoria, um estudante só conseguia visualizar uma pipa no papel.

Em consequência do que foi exposto, a mestranda entrou em contato com a professora e coordenadora da disciplina, professora Mariana Gusmão, para propor uma experiência de aplicação da Realidade Aumentada a fim de auxiliar na visualização espacial das peças trabalhadas em GGT. Para isso, foi desenvolvido pela mestranda um aplicativo exclusivo para a disciplina.

Ainda, sobre os motivos que impulsionaram essa pesquisa, a irmã da mestranda, estudante de Engenharia, foi monitora da mesma disciplina em dois períodos seguidos durante esta pesquisa (2020.2 e 2021.1), permitindo a troca de algumas ideias sobre dificuldades dos estudantes e sobre a possibilidade da Realidade Aumentada ser uma tecnologia que pudesse auxiliar e estimular os estudantes neste momento de ensino remoto.

Cabe apontar que a experiência aplicada à disciplina de GGT foi, também, motivada e, de fato possibilitada, por consequência da apreensão de novos conhecimentos de duas plataformas, *Unity* e *Vuforia Engine*, durante as pesquisas e conversas com a coordenadora da disciplina, Professora Mariana Gusmão, que abriu espaço para que o aplicativo fosse disponibilizado aos estudantes da disciplina.

DESENVOLVIMENTO

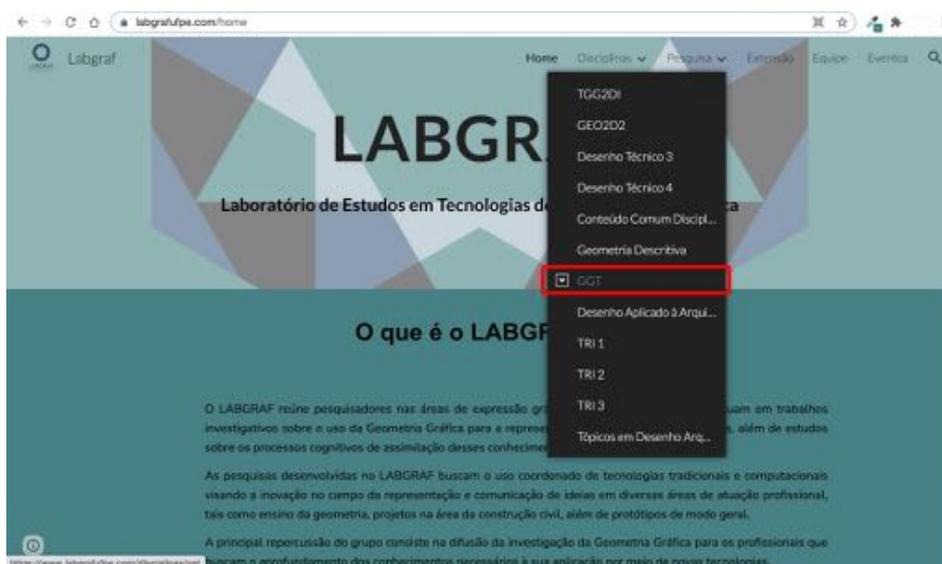
Aplicativo GGT-RA

O aplicativo GGT-RA foi desenvolvido pela mestrandia com o objetivo de que o estudante de GGT pudesse visualizar em Realidade Aumentada modelos tridimensionais de representações encontradas no *e-book* da disciplina. O *e-book*, assim como provas anteriores e modelos 3D na extensão .STL, encontram-se disponíveis no site do LABGRAF⁴² (Laboratório de Estudos em Tecnologias de Representação Gráfica) para dar auxílio aos estudantes.

Como baixar e instalar o app?

O aplicativo encontra-se disponível no site do LABGRAF, acessando a aba superior das disciplinas e selecionando a disciplina de GGT. Na página específica da disciplina, foi criada uma área sobre Realidade Aumentada⁴³, onde é possível encontrar o *link* para fazer o *download* do aplicativo e dos marcadores de cada peça nas representações Cavaleira, Isometria e Mongeano, além de encontrar uma breve descrição do aplicativo e dos procedimentos para *download* e um vídeo tutorial de como baixar e utilizar o app. Seguem a seguir imagens de referência.

Imagem 159 - Site do LABGRAF > disciplinas > GGT.



Fonte: <<https://www.labgrafufpe.com/>>. Acesso em junho de 2022.

⁴² <<https://www.labgrafufpe.com/disciplinas/ggt>>.

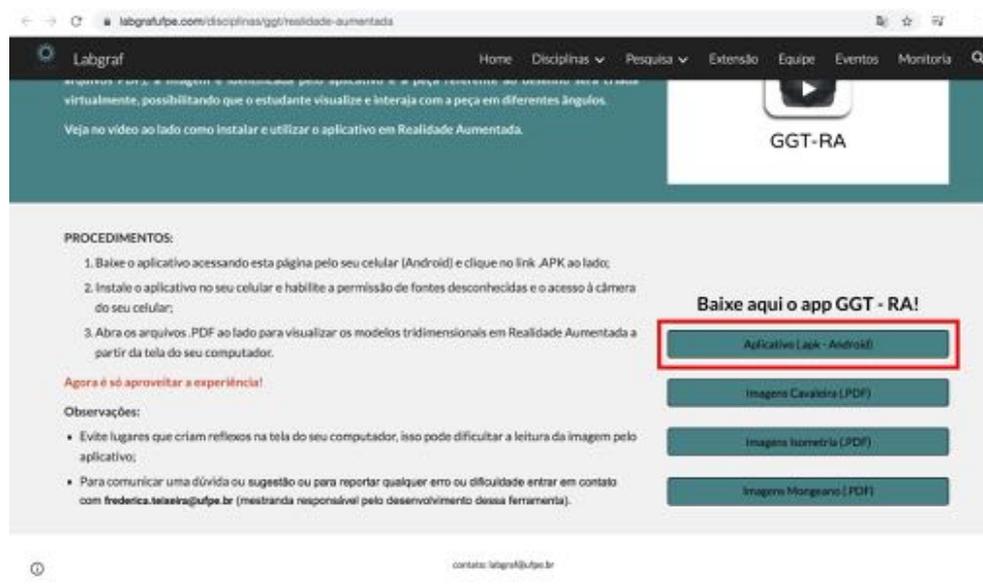
⁴³ Implementada pela Coordenadora da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional, Profª. Mariana Gusmão.

Imagem 160 - Site da disciplina de GGT > Realidade Aumentada.



Fonte: <<https://www.labgrafufpe.com/disciplinas/ggt>>. Acesso em junho de 2022.

Imagem 161 - Site de Realidade Aumentada da disciplina de GGT > *link para download* do app.



Fonte: <<https://www.labgrafufpe.com/disciplinas/ggt/realidade-aumentada>>. Acesso em junho de 2022.

Para fazer o download do aplicativo (.apk), atualmente disponível apenas para sistema *Android*, recomenda-se acessar o site de Realidade Aumentada do LABGRAF através do *smartphone* e clicar no link em destaque na imagem acima (**Aplicativo .apk - Android**). Caso, nesta etapa, o acesso ao site e o *download* seja feito no computador, será necessário transferir o arquivo **.apk** para o *smartphone* para, então, fazer a sua instalação.

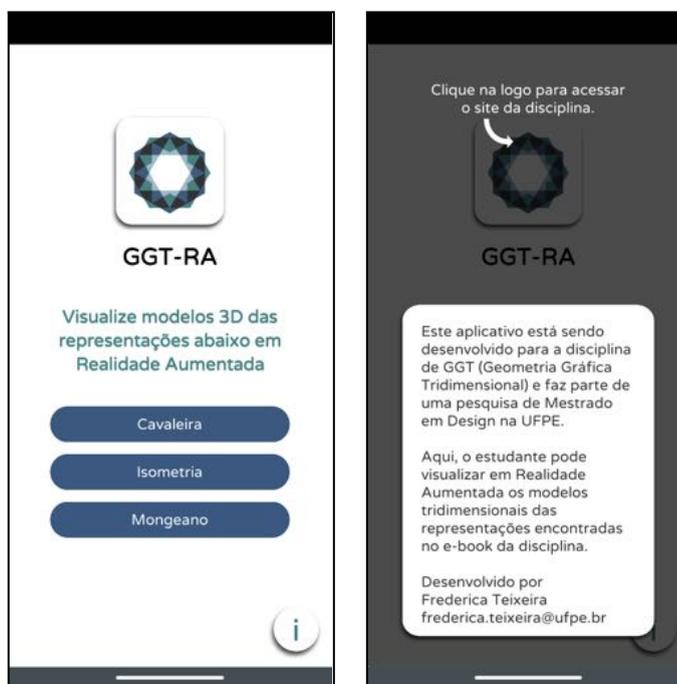
Durante a instalação do aplicativo, como o app é de uma fonte desconhecida pelo seu dispositivo, se faz necessário ir nas configurações do seu *smartphone* e permitir a instalação de aplicativos dessa fonte para que a instalação seja concluída.

Ao abrir o aplicativo pela primeira vez, será necessário permitir que o app tenha acesso à câmera do seu celular, pois é através da câmera que o aplicativo fará a leitura dos marcadores (representações gráficas) para mostrar os modelos 3D digitais referentes em Realidade Aumentada.

Como funciona o app?

Na primeira tela do aplicativo encontram-se três botões azuis na área central da tela para acessar cada tipo de representação (Cavaleira, Isometria e Mongeano); um botão na parte inferior direita que abre uma breve informação sobre o aplicativo; e a logo na parte central superior que é clicável e direciona o usuário ao site do LABGRAF da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional (imagens das telas abaixo).

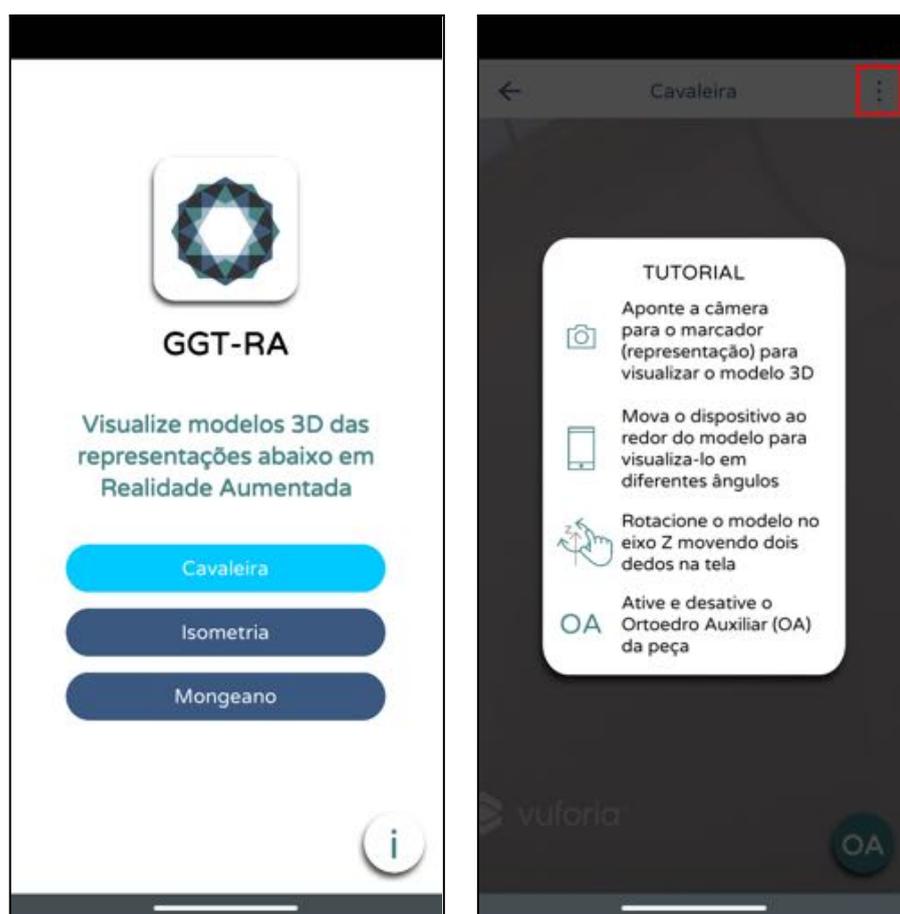
Imagens 162 e 163 - Tela inicial do app; tela com informações sobre o app.



Fonte: Autora, 2021.

Para visualizar os modelos 3D digitais associados às representações Cavaleira, Isometria e Mongeano em Realidade Aumentada, basta clicar em um dos botões azuis no centro da tela inicial. Na tela seguinte, de uma das representações escolhida, existe um botão no canto direito superior (⋮) que dá acesso a um tutorial de como utilizar o aplicativo nesta etapa.

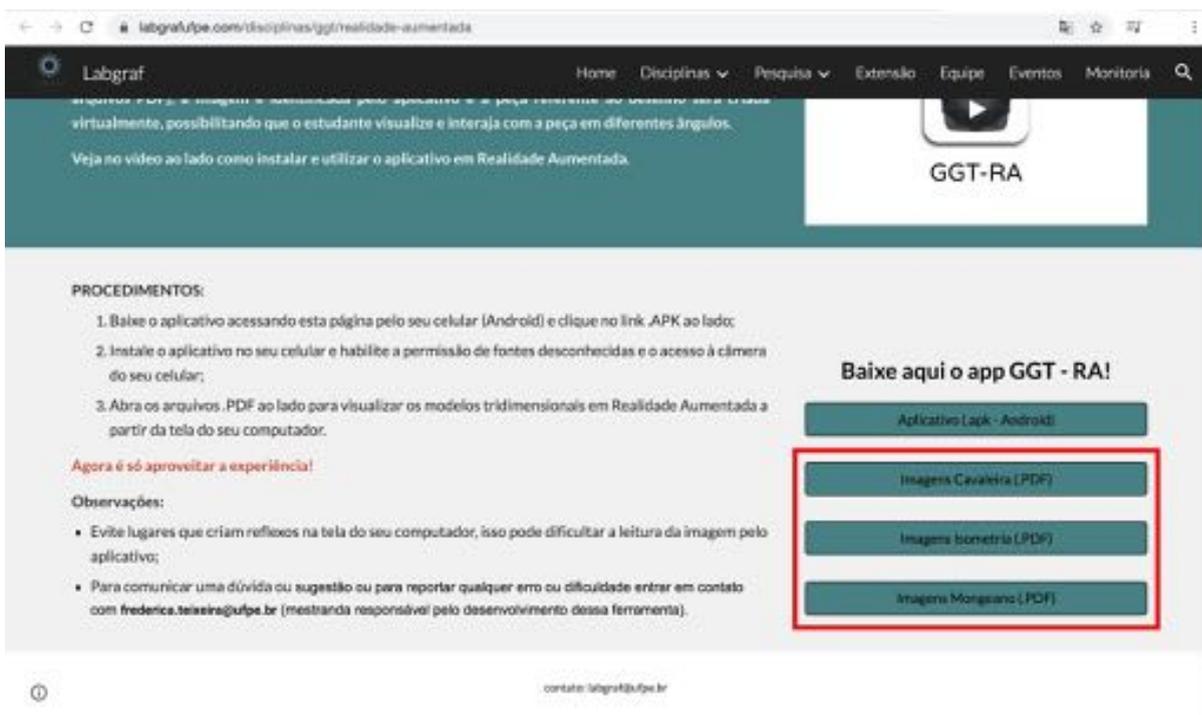
Imagens 164 e 165 - Escolha de uma das representações; tutorial de como utilizar o app.



Fonte: Autora, 2021.

Para visualizar o modelo 3D digital é preciso apontar a câmera do *smartphone* para o marcador (representação) referente. Estes marcadores encontram-se disponíveis no site do LABGRAF, na parte de Realidade Aumentada. Logo abaixo do *link* do arquivo **Aplicativo.apk - Android** estão arquivos **.PDF** que tem várias imagens (marcadores) de peças das devidas representações.

Imagem 166 - Arquivos PDF dos marcadores referentes a cada tipo de representação.

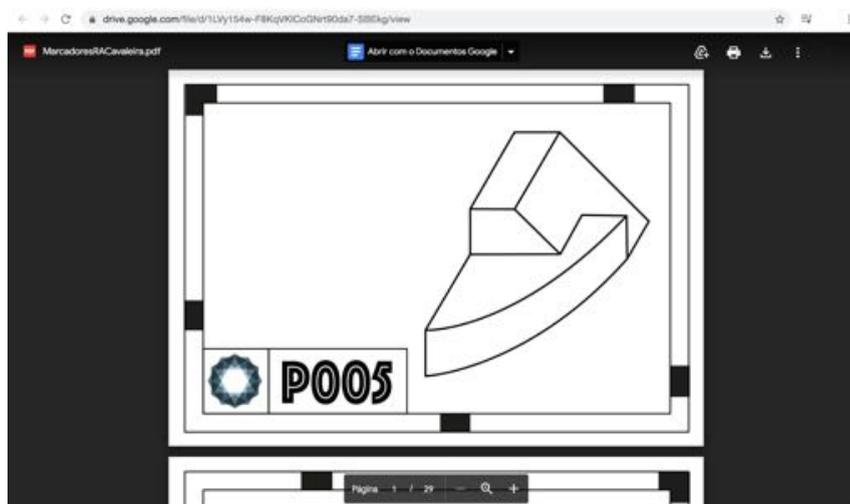


Fonte: <<https://www.labgrafufpe.com/disciplinas/ggt/realidade-aumentada>>. Acesso em junho de 2002.

O aplicativo foi desenvolvido de forma que os marcadores possam ser acessados digitalmente, através da tela do computador, dispensando a necessidade de imprimir as imagens disponibilizadas nos arquivos .PDF da imagem acima. Ou seja, é só acessar o site de Realidade Aumentada do LABGRAF pelo computador e abrir um desses arquivos .PDF.

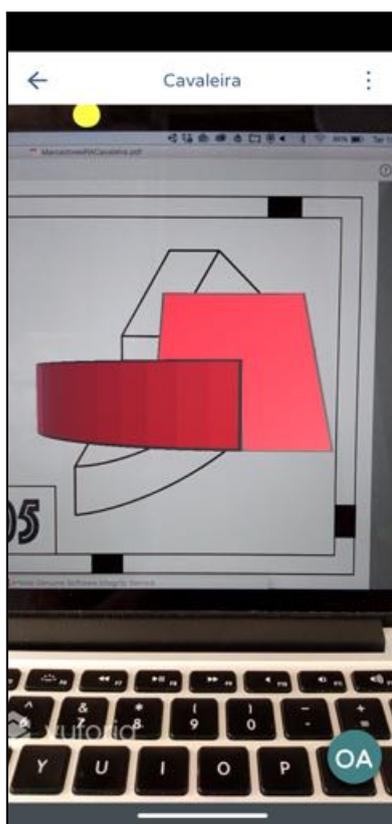
Escolhida a representação no aplicativo e com o arquivo .PDF referente aberto na tela do computador, é só apontar a câmera do *smartphone* para a imagem na tela do computador (marcador/representação). A imagem é identificada pelo aplicativo e a peça 3D é renderizada em tempo real, em Realidade Aumentada, permitindo que o estudante visualize e interaja em ângulos diversos com a peça, movimentando o *smartphone* em torno da mesma e manipulando-a (rotação no eixo z) na tela do app movendo dois dedos na tela. O marcador deve estar enquadrado pela câmera para que a peça 3D seja visualizada, pois é através do marcador que o aplicativo reconhece que modelo digital deve gerar.

Imagem 167 - Arquivo .PDF aberto na tela do computador.



Fonte: <<https://www.labgrafufpe.com/disciplinas/ggt/realidade-aumentada>>. Acesso em junho de 2002.

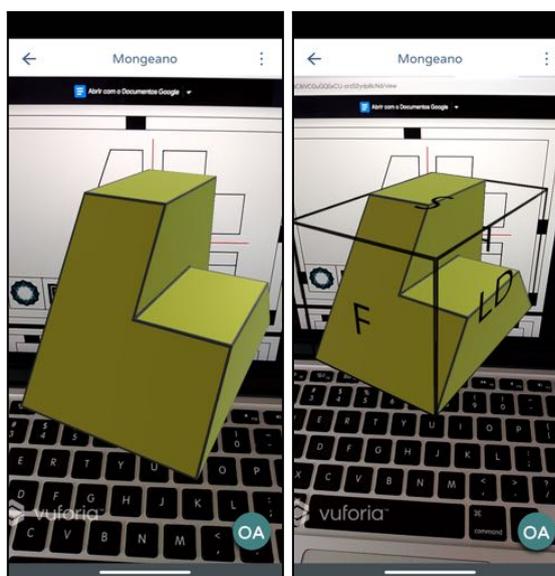
Imagem 168 - Aplicativo aberto no smartphone com a câmera apontada para o marcador aberto na tela do computador.



Fonte: Autora, 2021.

Um recurso criado para auxiliar o estudante na visualização das peças e na sua representação, foi de um botão que possibilita o aparecimento do Ortoedro Auxiliar (OA), ou Ortoedro de Referência, de cada peça. Este recurso pode ser ativado/desativado no botão verde com as iniciais **OA** no canto inferior direito da tela do aplicativo.

Imagens 169 e 170 - Ortoedro Auxiliar desativado e ativado.



Fonte: Autora, 2021.

Todas as telas das diferentes representações (Cavaleira, Isometria e Mongeano) funcionam da mesma forma e contam com os mesmos recursos. Contudo, cada representação possui os seus marcadores específicos disponibilizados no site como apontado anteriormente.

Um vídeo tutorial foi desenvolvido pela mestrandia mostrando como instalar e utilizar o aplicativo em RA. Este vídeo está disponível aos estudantes no site de Realidade Aumentada do LABGRAF (ver imagem abaixo).

Imagem 171 - Tutorial em vídeo⁴⁴ desenvolvido pela mestrandia.



Fonte: Autora, 2021.

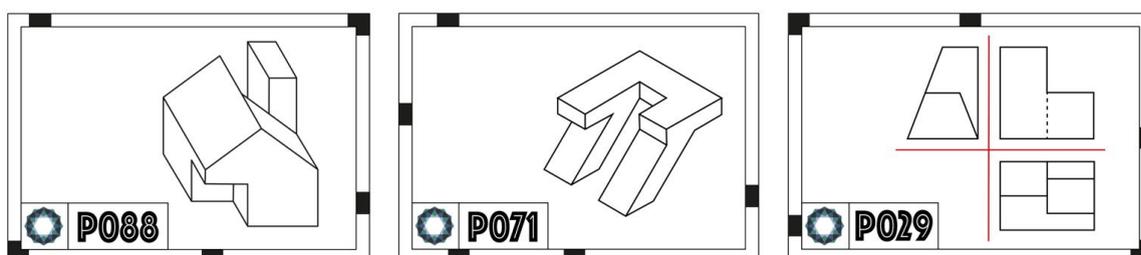
⁴⁴ Disponível em: <<https://www.labgrafufpe.com/disciplinas/ggt/realidade-aumentada>>. Acesso em junho de 2022.

Como o app foi desenvolvido?

O desenvolvimento do aplicativo só foi possível devido ao estudo das plataformas utilizadas no experimento realizado anteriormente na disciplina de Maquete II, *Unity + Vuforia Engine*, plataformas até então desconhecidas pela mestranda responsável pelos experimentos. Ao estudar e entender alguns recursos disponíveis pelas plataformas, a mestranda visualizou a possibilidade de desenvolvimento do app.

Inicialmente, a ideia do aplicativo era a criação de um catálogo das peças disponibilizadas aos estudantes através dos exercícios do *e-book* da disciplina para serem visualizadas em Realidade Aumentada. Após testes iniciais e algumas conversas com o orientador do mestrado, com a coordenadora da disciplina e com uma monitora da disciplina, entendeu-se que melhor seria que as peças (modelos 3D digitais) estivessem associadas diretamente às representações estudadas na disciplina (Cavaleira, Isometria e Sistema Mongeano). Desta forma, foram criadas imagens dessas representações que serviriam como marcadores (*Image Targets*) para a renderização e visualização das peças.

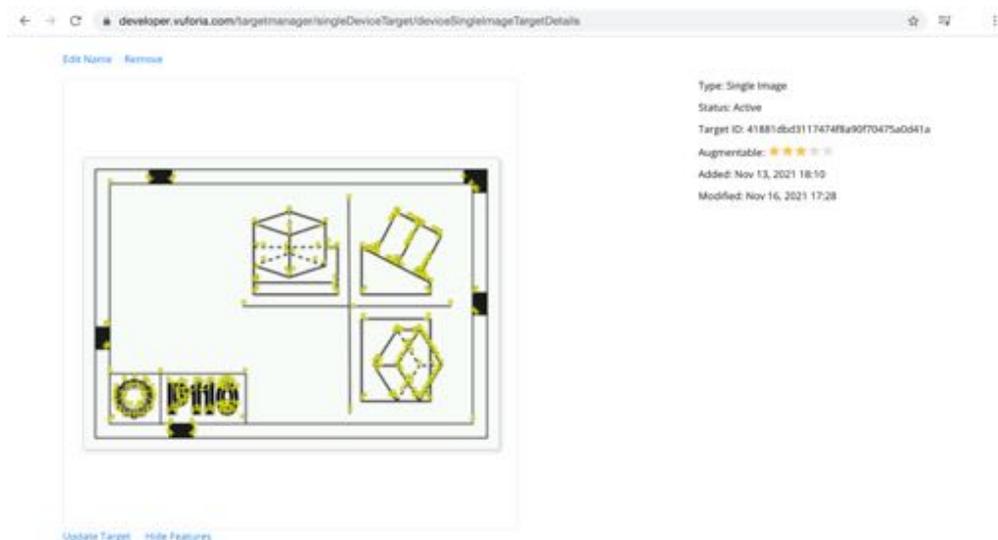
Imagens 172 a 174 - Exemplo de marcador criado pela autora (Cavaleira, Isometria e Mongeano).



Fonte: Autora, 2021.

Para chegar nesses marcadores, foram feitos alguns estudos e testes com o objetivo de encontrar um modelo o qual os marcadores fossem reconhecidos com mais precisão pela tecnologia utilizada. Foi percebido então que quanto mais pontos fossem identificados pelo aplicativo, melhor seria a resposta em mostrar o modelo 3D digital certo associado ao marcador. No site do *Vuforia* é possível visualizar a quantidade de pontos identificados e a qualidade da imagem a ser rastreada pelo sistema de Realidade Aumentada.

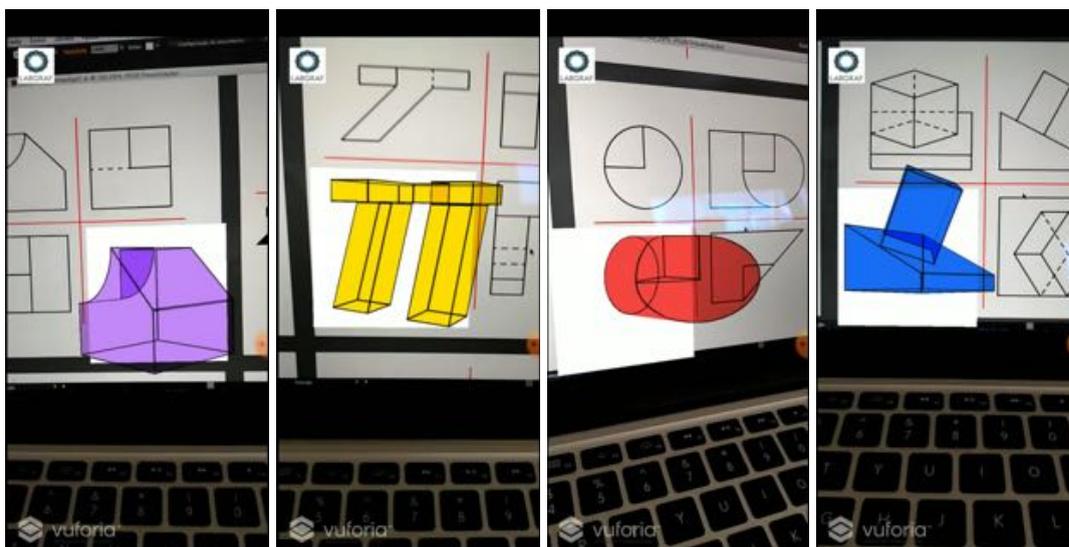
Imagem 175 - Rastreamento dos pontos da imagem e verificação da qualidade para reconhecimento em RA no site Vuforia.



Fonte: Vuforia Engine⁴⁵.

Também foram realizados estudos e testes relacionados às texturas dos modelos digitais que seriam renderizados em Realidade Aumentada para tentar gerar peças que fossem mais fácil de serem visualizadas e entendidas pelos estudantes. Testes de uso de cores e transparência foram realizados. Opções de transparência foram descartadas devido à sobreposição da peça na imagem alvo e às suas próprias arestas, ocasionando uma certa confusão visual pela quantidade de informação.

Imagens 176 a 179 - Exemplo de modelos digitais transparentes descartados.

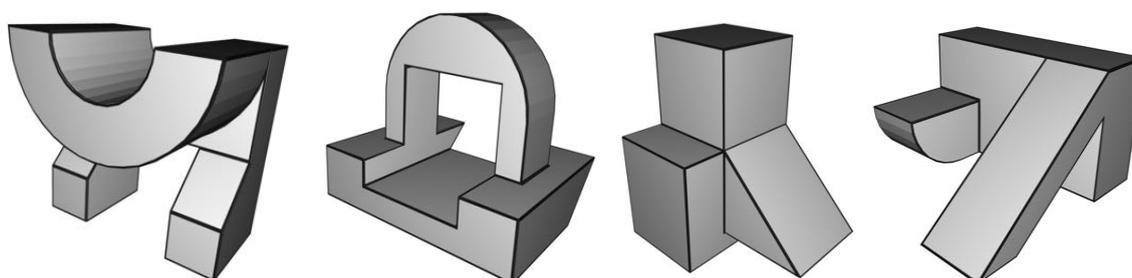


Fonte: Autora, 2021.

⁴⁵ Disponível em: <<https://developer.vuforia.com/>>. Acesso em novembro de 2021.

Os modelos 3D do *e-book*, disponíveis no site LABGRAF, foram baixados e levados para o *Blender*⁴⁶, programa de computador de código aberto para modelagem, texturização, renderização, animação, composição e edição de vídeo. No *Blender* foram criadas texturas que dessem destaque às arestas dos modelos 3D, com o intuito de facilitar a sua visualização e criar referência às linhas dos sistemas de representação em questão. Os modelos 3D baixados do site foram exportados com texturas na extensão **.dae** para serem levados ao programa onde foi desenvolvido o app, onde posteriormente receberam cores variadas.

Imagens 180 a 183 - Exemplo de peças do LABGRAF com texturas desenvolvidas pela autora.



Fonte: LABGRAF, 2021. Editada pela autora.

Cabe apontar que o *Blender* foi apreendido pela mestrandia durante a participação em algumas aulas da disciplina de Geometria Aplicada às Tecnologias 2, eletiva do curso de Licenciatura em Expressão Gráfica, ministrada pelo professor e orientador desta pesquisa Pedro Aléssio.

O aplicativo GGT-RA foi desenvolvido a partir das plataformas *Unity* + *Vuforia Engine*. O *Unity* é uma plataforma que permite criar experiências 3D imersivas para o mundo real em diversas escalas. Já o *Vuforia Engine* é uma plataforma que oferece recursos tecnológicos que proporcionam experiências em Realidade Aumentada.

O *Unity* foi utilizado para a criação do aplicativo e o *Vuforia* permitiu associar representações ensinadas na disciplina de GGT (Cavaleira, Isometria e Sistema Mongeano) com seus respectivos modelos tridimensionais representados em RA.

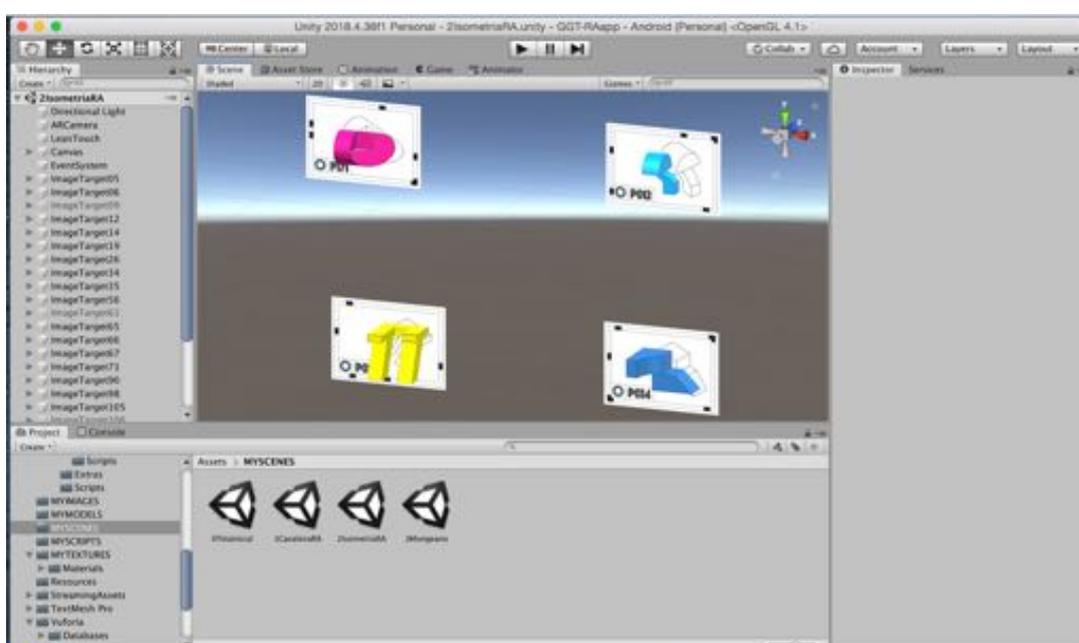
O recurso *Vuforia* utilizado neste experimento foi o *Image Target* que permite levar imagens para a base de dados da plataforma, para que estas sejam reconhecidas através do

⁴⁶ <<https://www.blender.org>>.

rastreamento da câmera do *smartphone* e, a partir disso, são mostrados os modelos digitais que foram atrelados a elas no *Unity*.

No projeto, dentro do *Unity*, todos os modelos 3D digitais são associados às suas representações, tanto em Cavaleira, quanto em Isometria e Mongeano. Essa associação no projeto digital é levada para o real quando o app instalado no *smartphone* faz a leitura das imagens na tela do computador, através da câmera, e mostra o modelo 3D digital equivalente à representação em Realidade Aumentada na tela do *smartphone*.

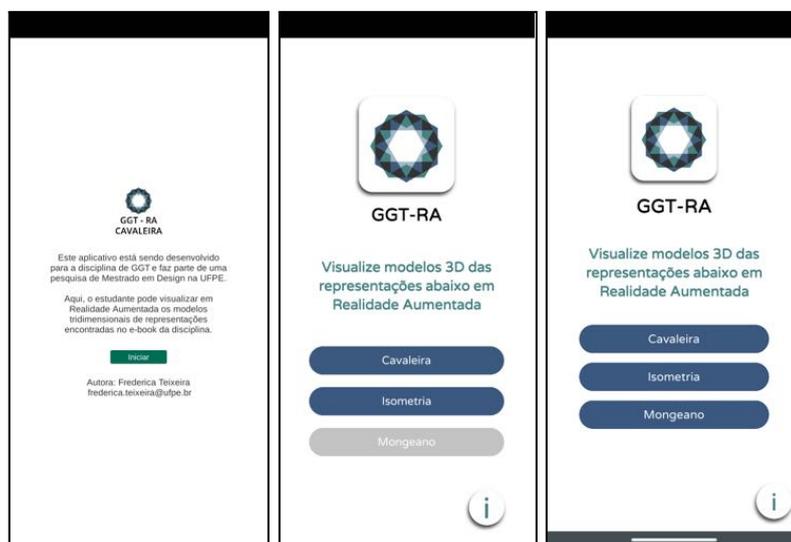
Imagem 184 - Associação das peças digitais com seus marcadores (*Image Target*) no *Unity*.



Fonte: Autora, 2021.

O aplicativo foi sendo desenvolvido ao longo do semestre e as versões mais atuais iam substituindo as anteriores disponibilizadas no site. A primeira versão disponibilizada tinha apenas representações Cavaleira; na segunda foi inserida Isometria; e a versão final contava também com o Sistema Mongeano, a visualização do Ortoedro Auxiliar das peças e o recurso de girar a peça com dois dedos na tela. O design do app também foi sendo atualizado, assim como o vídeo tutorial compartilhado no site do LABGRAF.

Imagens 185 a 187 - Evolução da tela inicial do aplicativo das primeira, segunda e terceira versões disponibilizadas.

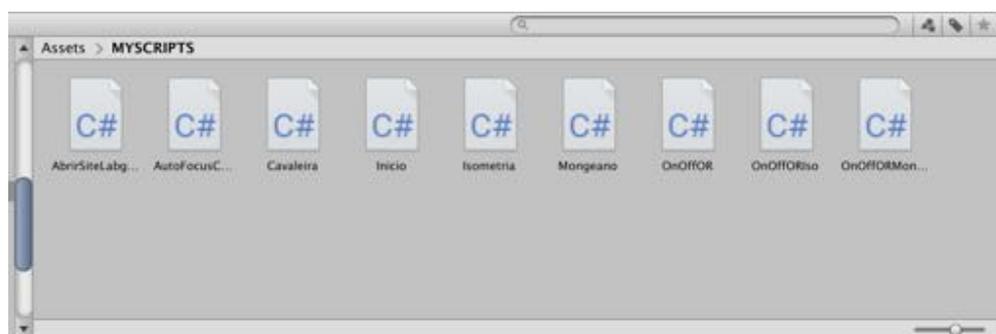


Fonte: Autora, 2021.

Algumas linhas de código foram utilizadas no aplicativo. A necessidade de alguns recursos no app fez com que a mestranda pesquisasse, testasse e ajustasse alguns códigos de acordo com a necessidade do que se queria aplicar. Recursos e códigos foram encontrados na internet, onde foi possível ter acesso a várias discussões e vídeos tutoriais.

Diversos *Scripts* foram utilizados no aplicativo: um para abrir o site do LABGRAF quando clicasse no botão da logo; quatro para mudança de telas ao apertar botões específicos; três para ativar e desativar o Ortoedro Auxiliar (OA) ao clicar no botão; e, finalmente, um para ajustar o foco da câmera que estava dificultando o rastreamento dos marcadores. *Scripts* utilizados disponíveis no GitHub⁴⁷.

Imagem 188 - Pasta dos scripts utilizados no projeto do app.



Fonte: Unity.

⁴⁷ Disponível em: < <https://github.com/drkdias/ScriptsGGTRA> >.

Também foi utilizado o recurso *Lean Touch* no aplicativo para que o modelo digital pudesse ser manipulado na tela do *smartphone* pelo usuário. Inicialmente, o modelo ficava estático na tela, sendo necessário o usuário mover o *smartphone* no ambiente para visualizar diferentes ângulos do modelo 3D. Com o *Lean Touch*, aplicado na última versão do app GGT-RA, o usuário pode utilizar o recurso de tocar na tela com dois dedos e, em movimento circular, rotacionar o modelo na tela, no eixo vertical.

As imagens/marcadores foram desenvolvidas de forma a serem visualizadas na tela do computador, sem a necessidade de impressão já que nem todo estudante tem impressora disponível em casa e o experimento foi realizado durante a pandemia. Desta forma, os marcadores foram pensados a serem visualizados em posição vertical, na tela do computador, diferente de se fossem impressos, que seriam posicionados horizontalmente em alguma mesa, por exemplo.

O aplicativo em Realidade Aumentada possibilitou que os estudantes vissem os modelos 3D "fora" da tela do computador, para que eles pudessem interagir com estes em suas casas nesse momento remoto. O aplicativo foi desenvolvido na versão Unity 2018.4.36, versão mais atual que a utilizada na experiência de Maquete II, pois o recurso *Lean Touch* só estava disponível a partir dessa versão, a qual ainda era suportada pelo sistema operacional do computador pessoal da mestranda.

RESULTADOS

Como a mestranda não teve oportunidade de estar em contato direto com os estudantes da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional, um formulário foi estruturado na tentativa de entender se o aplicativo desenvolvido funcionou como uma ferramenta auxiliar à disciplina e se ajudou os estudantes na visualização das peças utilizadas. Também foram desenvolvidos e aplicados formulários para levantamento da opinião dos professores e monitores da disciplina sobre o aplicativo.

Resultados do formulário aplicado aos estudantes da disciplina

O formulário dos estudantes obteve 70 respostas. A maioria das respostas (88,4%) foram de estudantes do curso ABI - Engenharia, seguidos de respostas de estudantes de Engenharia

Cartográfica e de Produção (5,8% cada). Destes estudantes, 90% estavam cursando o primeiro período e 10% o segundo. Em sua maioria, os estudantes tomaram conhecimento do app GGT-RA através dos professores (82,6%), seguido do site do LABGRAF (14,5%) e de monitores (2,9%).

Sobre dificuldades encontradas com o uso do aplicativo, 60,9% dos estudantes relataram que não tiveram nenhum problema, os demais tiveram problemas com a manipulação das peças na tela do smartphone (15,9%); com a visualização das peças em RA (8,9%); com a instalação do app (5,8%); não puderam baixar o app por não ser disponível para iOS (2,8%); tiveram que usar o smartphone Android de outra pessoa (1,4%); o app não funcionou no seu dispositivo (1,4%); e (2,9%) responderam que não haviam utilizado o app.

Quanto ao aplicativo ter auxiliado no entendimento das peças, em uma escala de 1 (não ajudou) a 5 (ajudou bastante), 47,7% dos estudantes assinalaram 5; 35,4% assinalaram 4; 13,8% assinalaram 3; nenhum assinalou 2; e 3,1% assinalou 1. Sobre o recurso de ativar o Ortoedro Auxiliar (OA), 96,7% dos estudantes afirmaram que facilitou a visualização espacial do objeto e a sua representação. Alguns estudantes afirmaram que gostariam de visualizar outras peças específicas no app, assim como peças de exercícios anteriores e todas as peças do *e-book*.

Tabela 9 - Respostas do formulário divulgado para os estudantes de GGT.

Que outros recursos você acha que o aplicativo poderia ter para melhor auxiliar na disciplina de GGT?
<i>Talvez utilizar as medidas do software em centímetros. Não que eu tenha encontrado algum problema do tipo, mas eu já tive essa pane ao desenhar os objetos 3D, onde o software ele falha com medidas precisas em pequenas dimensões. Isso fica claro ao modelar uma engrenagem com o módulo muito baixo(0.3).</i>
<i>Mudar a cor das faces facilitaria para identificar qual pertencem a Frontal, Lateral Direita e assim por diante</i>
<i>Tive dificuldade ao movimentar a peça, ela não dava 360 em todos os eixos</i>
<i>o app poderia ter um campo para digitar o número da peça. Por muitas vezes ele não consegue realizar a leitura da peça pelo ebook. Outra opção ainda melhor seria distribuir um catálogo de QR Codes (um para cada peça) para ser usado como marcador, e o app mostraria a peça sobre o QR Code (poderíamos imprimir também). A maior dificuldade que tive foi conseguir realizar a leitura pelo ebook.</i>

<i>Acho que assim já está ótimo!</i>
<i>Está completo</i>

Fonte: *Google Forms*, 2021. Editada pela autora.

Tabela 10 - Respostas do formulário divulgado para os estudantes de GGT.

Espaço para comentários, sugestões e/ou dúvidas.
<i>Meu nome é Xxxx Xxxx, eu fui o responsável por fornecer os arquivos 3D das provas anteriores para a professora Mariana. Acredito que as provas anteriores eram cruciais para os alunos entenderem o nível das avaliações, e a falta dos STL talvez tenha prejudicado. Mas a ideia em si é excepcional, eu acredito no ensino de algumas cadeiras através de softwares de modelagens, como geometria analítica, que facilitariam muito os alunos entenderem com o que eles estão lidando e a visualizar melhor o processo de criação de uma quádrlica.</i>
<i>Aplicativo muito bom e muito prático quando queremos ver uma peça em 3D de forma rápida</i>
<i>Um app que pudéssemos ter as medidas das peças de exercício de fixação</i>
<i>Um app que pudéssemos medir o tamanho das figuras.</i>
<i>Seria bom disponibilizar também para iOS</i>
<i>parabéns pelo app, ele é imensamente útil para a visualização das peças e para realizar as rotações. Se puder distribuir um arquivo PDF com os QR Codes para uso como marcadores, seria ainda mais bacana porque há certa dificuldade de leitura pelo app das peças usando o ebook.</i>
<i>Não pude afirmar nada sobre o app, pois não faço uso. Minha sugestão é que ele seja disponível pra mais de um sistema operacional, como iOS por exemplo. Iria ampliar a gama de estudantes que usariam o app.</i>
<i>em certos ângulos achei difícil ter noção de profundidade pelo fato da peça ser toda de uma única cor,acredito que dando tons diferentes de acordo com a profundidade ajudaria bastante.</i>
<i>Eu não consegui utilizar o app, demorou muito para baixar e quando consegui não funcionou no meu celular.</i>

Fonte: *Google Forms*, 2021. Editada pela autora.

A quantidade de respostas do formulário aplicado aos estudantes foi baixa quando comparada a quantidade de estudantes que estão cursando a disciplina (em torno de 21% considerando

apenas a quantidade de estudantes ingressantes no semestre)⁴⁸. Não se sabe até que ponto esse resultado foi devido à falta de conhecimento dos estudantes sobre a existência do app ou do formulário, se foi devido à baixa procura e utilização do app ou se foi pela falta de interesse em responder o formulário.

Resultados do formulário aplicado aos monitores da disciplina

Dos 12 monitores que responderam ao formulário, 4 eram do curso ABI-Engenharias; 3 de Engenharia de Energia; 2 de Engenharia Mecânica; 1 de Engenharia Elétrica; 1 de Engenharia Civil; e 1 de Licenciatura em Expressão Gráfica. Desses, 7 estavam cursando o terceiro período, 4 estavam cursando o segundo e 1 cursando o quinto.

Sobre dificuldades com a utilização do aplicativo, 66,7% dos monitores apontaram que não tiveram dificuldades; 1 relatou que teve dificuldades na visualização das peças apenas na primeira vez que testou o app; 1 relatou que teve problemas com a instalação; 1 teve problemas na visualização das peças; 1 teve dificuldade na manipulação das peças na tela do smartphone; e 1 relatou que o app forneceu duas peças juntas.

Quanto à questão do app auxiliar no entendimento das peças, de 1 (não ajuda) a 5 (ajuda bastante), 58,3% dos monitores responderam 5 e 41,7% responderam 4. Já sobre o recurso de ativar o Ortoedro Auxiliar (OA), todos os monitores acreditam que ele facilita a visualização espacial do objeto e a sua representação.

Sobre outras peças que poderiam ser adicionadas no app para serem visualizadas em RA, os monitores indicaram as encontradas em provas anteriores, porque tendem a ser mais complexas, e todas as peças do *e-book*. Quanto a outros recursos que poderiam ser acrescentados para melhor auxiliar na disciplina de GGT, monitores indicaram "aplicação de furos"; tamanho das arestas; e opção de selecionar linhas de construção.

⁴⁸ De acordo com o Edital de Matrícula SISU UFPE 2022, são ofertadas no primeiro semestre do ano letivo 330 vagas para o curso ABI-Engenharias. Há de se considerar que a quantidade de estudantes por semestre é ainda maior, já que o índice de reprovação é alto na disciplina de GGT.

Tabela 11 - Respostas do formulário divulgado para os monitores de GGT.

Espaço para comentários, sugestões e/ou dúvidas.
<i>Maior divulgação, os alunos não utilizam muito o app.</i>
<i>Excelente app, venho recebendo um feedback bastante positivo dos estudantes das turmas que acompanho como monitora, eles pontual para os demais alunos que o app facilita muito na visualização e entendimento e recomendam entre si</i>
<i>O aplicativo é muito bom e facilita muito a visualização e entendimento da peça.</i>
<i>Adicionar um local visualização de furos cilíndricos</i>
<i>Acho o aplicativo muito bom pra o que se destina, a ideia agora é divulgar mais sobre ele, pois, apesar de comunicarmos, acredito que ainda existem alunos que não conhecem ou não sabem utilizar essa ferramenta.</i>
<i>Não sei se é normal, só que para manipular a peça preciso estar com os dois dedos na tela, só acho meio estranho, mas consigo girar ela direito.</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editada pela autora.

Com a exceção de um monitor do semestre, os demais monitores responderam ao formulário.

Resultados do formulário aplicado aos professores da disciplina

Sobre dificuldades com a utilização do app, 50% dos professores relataram que não tiveram dificuldades; 1 relatou que teve dificuldades com a instalação do app; outro que teve dificuldades com a manipulação das peças na tela do smartphone; e outro que não pôde utilizar o app por não ser compatível com o seu smartphone.

Quanto à questão do app auxiliar no entendimento das peças, de 1 (não ajuda) a 5 (ajuda bastante), 40% dos professores responderam 5 e 60% responderam 4. Já sobre o recurso de ativar o Ortoedro Auxiliar (OA), todos os professores acreditam que ele facilita a visualização espacial do objeto e a sua representação.

Sobre outras peças que poderiam ser adicionadas no app para serem visualizadas em RA, professores indicaram as encontradas em provas anteriores e todas as peças do *e-book*. Quanto

a outros recursos que poderiam ser acrescentados para melhor auxiliar na disciplina de GGT, professores indicaram "fazer furos"; visualizar o eixo de coordenadas quando ativa o ortoedro de referência; orbitar a peça e mostrar seção através de planos gerenciáveis.

Tabela 12 - Respostas do formulário divulgado para os professores de GGT.

Espaço para comentários, sugestões e/ou dúvidas.
<i>Seria interessante ter o aplicativo para Iphone também.</i>
<i>Parabéns pela iniciativa, esse aplicativo trás grandes contribuições para o desenvolvimento dos alunos na visualização espacial. Espero que você tenha sucesso na escrita da dissertação!</i>
<i>Devido ao meu celular ser um pouco antigo, não consegui fazer muito uso porque ficava travando. Desse modo, não consegui fazer uma avaliação mais adequada do aplicativo.</i>
<i>Muito massa o app, tenho pena, pq não utilizei em sala de aula como deveria.</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editada pela autora.

Todos os professores da disciplina responderam o formulário.

Nenhum professor apontou conhecer algum aplicativo com objetivo parecido com o GGT-RA. Um dos monitores apontou o app Sólidos RA, que é um aplicativo de geometria em Realidade Aumentada que utiliza QR Codes e traz recursos de visualização como planificação, criação, modelagem, geoplano e de visualização de vários objetos 3D.

DISCUSSÕES E APONTAMENTOS

Apesar da maioria dos estudantes, monitores e professores apontarem que não tiveram nenhuma dificuldade com a utilização do aplicativo e terem julgado o mesmo como uma ferramenta auxiliar no entendimento das peças da disciplina, cabe mencionar algumas dificuldades encontradas e sugestões indicadas nos formulários.

Alguns problemas foram recorrentes nos resultados levantados, como problemas com a manipulação das peças na tela do *smartphone*, problemas com a visualização das peças em RA e a não utilização do aplicativo devido à incompatibilidade do *smartphone*. Em relação a este último, é preciso considerar que, apesar da maioria dos *smartphones* atuais suportarem a

RA, nem todo estudante tem disponível um dispositivo que consiga rodar a tecnologia. Ainda, é preciso mencionar que essa versão inicial do aplicativo foi desenvolvida apenas para o sistema *Android* e que a ideia é de posteriormente ampliar a disponibilidade para o sistema *iOS*.

No que diz respeito a problemas com a manipulação das peças na tela, o recurso *Lean Touch* foi utilizado de forma que esta ação necessita de dois dedos tocando a tela em movimento de rotação, como descrito no tutorial disponível no próprio aplicativo. Há de se rever este ponto e testar outras possibilidades de movimento mais intuitivo. Ainda, a rotação das peças só foi definida em relação ao eixo *Z* na tentativa de não perder o controle ao girar a peça e para que fosse estimulado também a movimentação do usuário em torno da peça, além da sua manipulação na tela.

Quanto ao problema de visualização das peças em RA, se faz necessário entender melhor o que pode estar ocasionando, se é por alguma questão relativa à leitura dos marcadores (qualidade ou enquadramento), se é por questões de iluminação no ambiente ou reflexão na tela do computador. Este segundo ponto foi mencionado no campo de observações no site do aplicativo. Cabe ainda considerar que a utilização do aplicativo foi realizada de forma experimental e intuitiva pelos usuários, com apenas um breve tutorial em texto e em vídeo, não havendo qualquer explicação mais aprofundada tanto do aplicativo quanto da tecnologia e suas limitações.

Cabe apontar que, aparentemente, alguns estudantes tentaram visualizar as peças do aplicativo pelo *e-book* da disciplina, como um deles mencionou. Apesar do passo a passo do uso do aplicativo estar disponível no site de GGT, na aba de RA, e na demonstração do vídeo tutorial. Esta questão pode ter acarretado na dificuldade em visualizar as peças, como foi apontado por 8,9% dos estudantes.

Sobre acrescentar peças de atividades e provas anteriores, seria possível mais adiante. Inicialmente o aplicativo foi desenvolvido com foco no *e-book* da disciplina com o objetivo de auxiliar os estudantes na visualização das peças disponíveis. Em relação a este ponto, nesta versão do aplicativo não estavam presentes todas as peças do *e-book*, pois no momento do desenvolvimento foram utilizados apenas os modelos 3D disponíveis no site LABGRAF.

Quanto a disponibilizar todas as peças do *e-book* em RA, uma sugestão futura seria integrar o aplicativo ao *e-book* da disciplina, colocando marcadores ao longo do conteúdo para permitir a visualização das peças em RA enquanto os estudantes estudam, integrando as mídias disponíveis.

Houveram comentários também em relação a colocar cada face relacionada a um plano em uma cor diferente. Sobre este aspecto, foi pensado e aplicado no app o Ortoedro Auxiliar que, quando ativado, mostra quais são as faces frontais, lateral direita, lateral esquerda, posterior, inferior e superior de acordo com a representação gráfica mostrada no marcador.

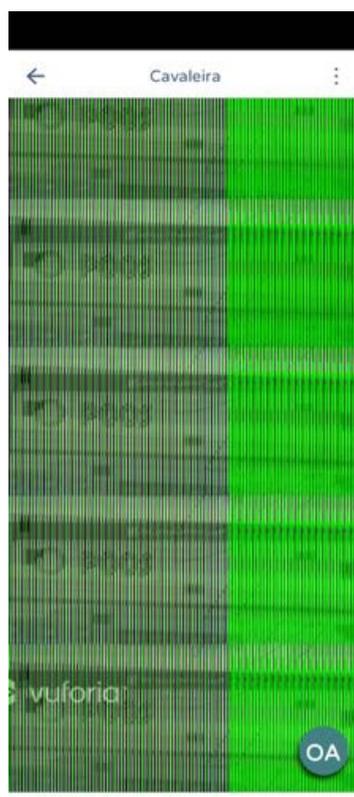
Professores e monitores indicaram que recursos como a aplicação de furos, visualizar o eixo de coordenadas quando ativa o ortoedro de referência, orbitar a peça e mostrar seção através de planos gerenciáveis. Recursos como estes podem ser estudados e implementados futuramente para disponibilizar uma melhor ferramenta aos estudantes e à disciplina de GGT.

Outro ponto importante seria trabalhar na divulgação do aplicativo. Como foi apontado por monitores da disciplina, os estudantes não utilizaram muito o aplicativo por falta de divulgação. Entendemos que se o aplicativo pudesse ser adaptado para ser utilizado em sala de aula, a adesão seria maior.

Ainda, sobre problemas com o aplicativo, nos testes aplicados pela mestranda, foi encontrado um bug em um dos *smartphones* testados (Motorola G9play). Ao acessar a câmera do smartphone no app para visualizar as peças em RA, apareciam várias listras verdes na tela e duplicação de imagem, impossibilitando a visualização das peças em RA. Um estudante enviou um email⁴⁹ para a mestranda relatando o mesmo problema e solicitando auxílio para resolver. O email foi respondido para saber de maiores detalhes sobre o erro e o sistema operacional do estudante, porém não houve resposta. Ver abaixo tela com o problema.

⁴⁹ Email recebido 20 de fevereiro de 2022.

Imagem 189 - Erro detectado no app GGT-RA.



Fonte: Autora, 2021.

Cabe apontar alguns comentários de estudantes que chegaram a partir de uma monitora da disciplina. Um estudante perguntou se seria possível levar peças desenvolvidas pelos próprios estudantes durante atividade da disciplina para serem visualizadas em Realidade Aumentada, para que os demais componentes do grupo melhor pudessem entender a peça, o que aponta outras possibilidades de aplicação da RA, como a criação de um catálogo de peças em RA desenvolvida pelos estudantes nas demais atividades da disciplina. Entende-se que a Realidade Aumentada pode ser uma ferramenta de auxílio à disciplina de forma a ser inserida dentro de sua metodologia.

Outro estudante comentou sobre ter problemas de visualização das peças ainda na primeira versão, pois não era possível manipulá-la na tela do app. Este comentário serviu de inspiração para a mestrandia inserir o recurso *Lean Touch* nas versões posteriores do app.

Por fim, é sugerido um melhor estudo do aplicativo junto aos docentes e discentes, com o objetivo de gerar uma ferramenta mais apropriada para a disciplina de Geometria Gráfica

Tridimensional. Cabe refletir ainda sobre as possibilidades de se adaptar a ferramenta e possibilitar que ela seja aplicada também na sala de aula.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa partiu da hipótese da viabilidade da utilização da Realidade Aumentada como ferramenta de ensino no Curso de Arquitetura e Urbanismo, além do seu uso no apoio à disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional.

Um dos primeiros incentivos a acreditar nessa viabilidade, foi o fato dos professores se mostrarem interessados e disponibilizarem um espaço em suas disciplinas para a aplicação e investigação da tecnologia. Diante dessa abertura, essas experiências proporcionaram uma oportunidade de testar novas metodologias e apresentar a ferramenta aos estudantes.

Como resultados das experiências realizadas (melhor detalhadas no Capítulo 5), ficou claro que a Realidade Aumentada adaptou-se bem às disciplinas, suas metodologias e ferramentas nelas já utilizadas.

Nas disciplinas do CAU, a RA possibilitou diferentes tipos de visualização dos modelos digitais desenvolvidos pelos estudantes a partir de programas de modelagem como o *SketchUp*, já conhecido e utilizado por eles. Este tipo de aplicação pode ser explorada em diversas disciplinas no curso que trabalham com a visualização de modelos e ambientes tridimensionais, em diferentes contextos, perspectivas e escalas.

Durante a experiência desenvolvida na disciplina de GGT, além do app criado pela mestranda ter possibilitado diferentes visualizações das peças trabalhadas na disciplina, ele adaptou-se bem às ferramentas que já estavam sendo utilizadas e desenvolvidas para o auxílio dos estudantes. O app foi disponibilizado no site do LABGRAF assim como outras ferramentas e conteúdos de auxílio, como o e-book da disciplina e modelos 3D.

Em relação às dificuldades, podemos destacar a incompatibilidade de dispositivos com a tecnologia e o desafio de aplicar uma tecnologia pouco conhecida pelos estudantes e quase inexplorada pelos professores. A incompatibilidade impossibilitou que alguns estudantes conseguissem realizar as experiências, acreditamos que esse problema poderia ser contornado

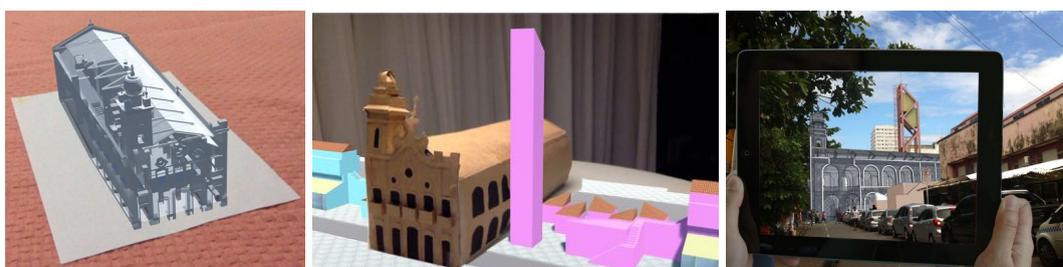
presencialmente com o compartilhamento de dispositivos de outros estudantes ou da própria universidade.

Apesar das dificuldades e desafios, os estudantes confirmaram sua vontade de aprender mais sobre a tecnologia. Visto isso, vale lembrar que, como indicado no Projeto Pedagógico do CAU-UFPE, o curso almeja e possibilita a inserção de tecnologias emergentes na grade curricular. Disciplinas eletivas de Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo abrem possibilidade para o ensino da Realidade Aumentada.

Neste contexto, cabe aqui a sugestão de criação de uma disciplina eletiva de informática aplicada com foco na própria RA e em sua aplicação, para promover o estudo da tecnologia como um instrumento mediador da projeção em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo. Desta forma, assim como outras tecnologias já inseridas no currículo do curso como modelagem 3D e CAD, a RA poderia ser utilizada de forma multidisciplinar em combinação com outras ferramentas. Assim, os estudantes teriam um maior tempo de estudo da tecnologia para entender melhor como ela funciona, quais seus potenciais e suas fragilidades.

Em disciplinas eletivas com o foco em RA e suas aplicações, seria possível explorar aplicativos como o *Augment* aplicados ao curso, assim como plataformas como *Unity + Vuforia*, que dentro do contexto arquitetônico possibilitam criar variadas experiências em RA, como a integração de elementos digitais na maquete física; desenvolvimento de projetos onde o modelo digital seja atrelado à plantas baixas, cortes e fachadas; e projetos que posicionem os modelos digitais arquitetônicos por geolocalização.

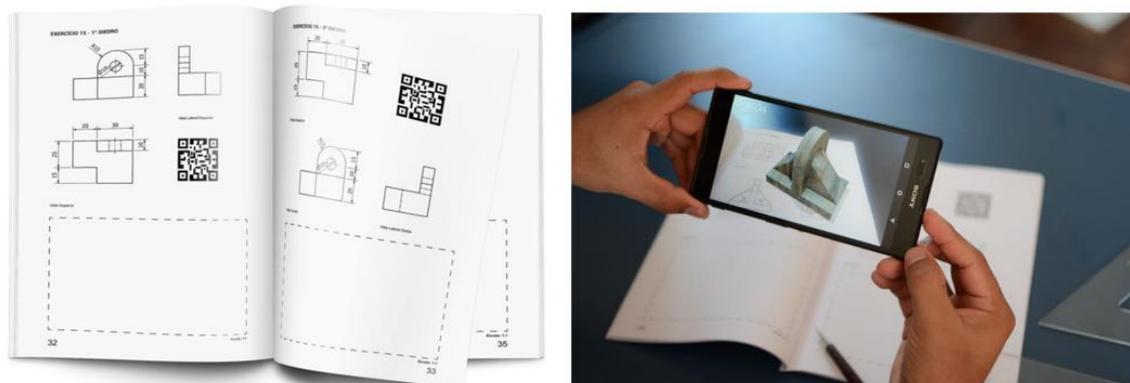
Imagens 190 a 192 - Exemplos de possíveis aplicações em RA com *Unity+Vuforia* (modelo atrelado à planta baixa; modelo atrelado à maquete física; e modelo geolocalizado).



Fonte: Autora, 2021 e 2017.

No que diz respeito ao aplicativo GGT-RA desenvolvido pela mestrandia, uma diretriz seria integrar o app ao *e-book* da disciplina, colocando marcadores ao longo do conteúdo para permitir a visualização das peças em RA enquanto os estudantes estudam, integrando as mídias disponíveis. A partir da mesma ideia, gabaritos das provas poderiam ser disponibilizados com conteúdos em RA.

Imagens 193 e 194 - Exemplo de livro com QR codes e visualização das peças em RA.



Fonte: Andrade et. al., 2017.

É sugerido um melhor estudo do aplicativo junto aos docentes e discentes, com o objetivo de gerar uma ferramenta mais apropriada para a disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional. Cabe refletir ainda sobre as possibilidades de se adaptar a ferramenta e que ela seja aplicada também em sala de aula.

Por fim, entende-se que o objetivo dessa pesquisa em levar a Realidade Aumentada aos estudantes de graduação como uma ferramenta de apoio ao ensino foi alcançado. Dentro do processo, foram levantadas oportunidades e dificuldades que servem como fundamentos nas diretrizes para os próximos passos dentro do processo de inserção da Realidade Aumentada como recurso em termos de ensino-aprendizagem arquitetônico e na disciplina de GGT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Sonia Regina Mincov de. **Uso do aplicativo de realidade aumentada GeometriAR como recurso de aprendizagem em Matemática**. 2020. 52 páginas. Trabalho de Conclusão de Especialização em Inovação e Tecnologia na Educação (INTEDUC) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

AMORIM, Luiz; PORTO CARREIRO, P.; GONÇALVES, G.; LEITE, M. J. **Projeto Pedagógico - Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPE**. Recife: junho de 2010.

ANDRADE, Laert dos Santos; GOULART, Shane Aparecida Soares; DE LA CRUZ, Paul Carlos Huari. **O USO DA REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTA DE ENSINO EM EXPRESSÃO GRÁFICA**. In: Anais GRAPHICA 2017 - XII INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN. Araçatuba-SP, 26 a 28 de outubro de 2017.

ASSIS, Jonas H. G. De; ANDRADE, Max L. V. De; BROCHARDT, Mikael M. De S. A.. **Aplicações de Realidade Aumentada no Canteiro de Obras**. In: XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, 2016, Buenos Aires. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Editora Blucher, 2016. v. 3. p. 662-667.

AVILA-GARZON, Cecilia; BACCA-ACOSTA, Jorge; KINSHUK; DUARTE, Joan; BETANCOURT, Juan. **Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research**. CONTEMPORARY EDUCATIONAL TECHNOLOGY, 2021.

AZUMA, Ronald T.. **A Survey of Augmented Reality**. In **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**. in: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.444.4990&rep=rep1&type=pdf>, 1997.

AZUMA, Ronald T.. **Predictive Tracking for Augmented Reality**. Dissertação de Doutorado. University of North Carolina at Chapel Hill - Department of Computer Science, Chapel Hill, NC, 1995.

BILLINGHURST, M.; DUENSER, A. **Augmented reality in the classroom**. Computer, 2012, v. 45, n. 7, p. 56-63.

BIMBER, Oliver; RASKAR, Ramesh. **Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds**. CRC press, 2005.

BROWN, Malcolm et al. **2020 educause horizon report teaching and learning edition**. Educause, 2020.

CUPERSCHMID, A. R. M.; RUSCHEL, R. C.; FREITAS, M. R. DE. **Tecnologias que suportam Realidade Aumentada empregadas em Arquitetura e Construção**. in:http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista/public/docs/Proarq19_TecnologiasRealidade_CuperscmidRuschelFreitas.pdf, 2012.

CHILDS, Elizabeth; MOHAMMAD, Ferzam; STEVENS, Logan; BURBELO, Hugo; AWOKE, Amanuel; REWKOWSKI, Nicholas; MANOCHA, Dinesh. **An Overview of Enhancing Distance Learning Through Augmented and Virtual Reality Technologies**. University of Maryland, 2021.

DELGADO, Juan Manuel Davila; OYEDELE, Lukumon; DEMIAN, Peter Demian; BEACH, Thomas. **A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction**. Advanced Engineering Informatics, vol. 45, 2020.

DIAO, Pei-Huang; SHIH, Naai-Jung. **Trends and Research Issues of Augmented Reality Studies in Architectural and Civil Engineering Education - A Review of Academic Journal Publications**. Appl. Sci. 2019.

DE SOUZA ALVES, George; SOARES, Adriana Benevides. **Geometria Dinâmica: um estudo de seus recursos, potencialidades e limitações através do software Tabulae**. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. 2003. p. 175-186.

DISCIPLINAS QUE MAIS REPROVAM NA UFPE: 2016 - 2020. Coordenação de informações gerais. Universidade Federal de Pernambuco.

DOS REIS, Alessandro Vieira; GONÇALVES, Berenice dos Santos. **Interfaces Tangíveis: Conceituação e Avaliação**. Estudos em Design, v. 24, n. 2, 2016.

FULGENCIO, V. A. ; LOPES, ANDIARA V. F. ; SEABRA, S. ; FERNANDES, A. J. M. . **ENSINO DA GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL PARA ALUNOS DE ENGENHARIA: UM COMPARATIVO ENTRE A ABORDAGEM ANALÓGICA E A DIGITAL**. Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, v. 1, p. 1, 2016.

GARGRISH, Shubham; MANTI, Archana; KAUR, Deepti Prit. **Augmented Reality-Based Learning Environment to Enhance Teaching-Learning Experience in Geometry Education**. 9th World Engineering Education Forum, WEEF - 2019.

GRAVINA, Maria Alice. **Geometria dinâmica: uma nova abordagem para o aprendizado da geometria**. artigo publicado nos Anais do VII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, p.1-13, Belo Horizonte, Brasil, nov 1996.

HARRIS, A. L. N. C.; SILVA, C. M. F. **A realidade aumentada a favor da aprendizagem - uma aplicação**. Em: Inovações Curriculares 2011, Experiências no Ensino Superior. Unicamp, 2011.

HoloAnatomy® Software Suite. Case Western Reserve University. Disponível em: <<https://case.edu/holoanatomy/>>. Acesso em: 26 de outubro de 2022.

HUSSON UNIVERSITY TO DEMONSTRATE NEW AUGMENTED REALITY APP FOR THEATRICAL SET DESIGNERS. HUSSON UNIVERSITY, 2019. Disponível em: <<https://www.husson.edu/news/2019/04/husson-university-to-demonstrate-new-augmented-reality-app-for-theatrical-set-designers>> . Acesso em: 25 de outubro de 2022.

KIRNER, Claudio; TORI, Romero. Fundamentos de realidade aumentada. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**, v. 1, p. 22-38, 2006.

KLJUN, Matjaž; GEROIMENKO, Vladimir; ČOPIČ PUCIHAR, Klen. **Augmented reality in education: current status and advancement of the field**. In: Augmented reality in education. Springer, Cham, 2020. p. 3-21.

LIAO, Mariana. **Aplicação da Realidade Aumentada em dispositivos móveis na educação básica e tecnológica**. 18º Congresso de Iniciação Científica – CONIC-SEMESP, 2018.

LOPES, Andriara V. F.; GUSMÃO, Mariana. Revisão do texto Institucional da UFPE - **Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em expressão Gráfica**. 2014.

LOPES, Andiará Valentina de Freitas; GUSMÃO, Mariana Buarque Ribeiro de. **Geometria Gráfica Tridimensional para Engenharia e Arquitetura**. Recife, 2020.

LOPES, Luana; VIDOTTO, Kajiana; POZZEBON, Eliane; FERENHOF, Helio. **INOVAÇÕES EDUCACIONAIS COM O USO DA REALIDADE AUMENTADA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**. EDUR, Educação em Revista, Belo Horizonte, v.35, 2019.

LUCENA, Tullio José de Souza. **Uma técnica de Realidade Aumentada sem marcadores baseada em arestas com filtro de partículas**, 2013. 44 f. Monografia (Graduação em Ciências da Computação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2013.

MACEDO, Alex de Cássio; GÓES, Anderson Roges Teixeira. **A integração da Realidade Aumentada em sala de aula: a pesquisa aplicada em colégios públicos do litoral Paranaense**. Novas Tecnologias na Educação, CINTED-UFRGS. V. 17 N° 1, julho, 2019.

MACEDO, Alex de Cassio; SILVA, João Assumpção da; BURIOL, Tiago Martinuzzi. **Usando Smartphone e Realidade Aumentada para estudar Geometria espacial**. CINTED-UFRGS. V. 14 N° 2, dezembro, 2016.

MEDEIROS, Marina Lima; PARAIZO, Rodrigo Cury. **Palácio Monroe em realidade aumentada: experiência patrimonial de um território informacional**. In: XIX Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital 2015, 2015, Florianópolis. Anais do XIX Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital, 2015. São Paulo: Editora Edgard Blücher. v. 2. p. 170-176.

MILGRAM, Paul; TAKEMURA, Haruo; UTSUMI, Akira; KISHINO, Fumio. **Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum**. SPIE Vol. 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies (1994).

Milovanovic, Julie; MOREAU, Guillaume; SIRET, Daniel; MIGUET, Francis. **Virtual and Augmented Reality in Architectural Design and Education: An Immersive Multimodal Platform to Support Architectural Pedagogy**. 17th International Conference, CAAD Futures 2017, Istanbul, Turkey.

PELLETIER, Kathe et al. **2021 EDUCAUSE Horizon Report, Teaching and Learning Edition**. Boulder, CO: EDUCAUSE, 2021.

REIS, Thiago Antonio Zarth; SILVEIRA, Sidnei Renato. **Realidade Virtual e Aumentada na Educação: um estudo de caso na disciplina de história no ensino fundamental**. Universidade Federal de Santa Maria, 2020.

SANTOS, Marc Ericson C. et al. **Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation**. IEEE Transactions on Learning Technologies, v. 7, n. 01, p. 38-56, 2014.

SCHWARTZ, M. G.; COSTA, E. Utilização de recursos tecnológicos e experimentos no processo ensino-aprendizagem envolvendo soluções. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**. Secretaria de Educação. Curitiba, v. 1, 2014.

SILVA, G. H. G.; PENTEADO, M. G.. **Geometria dinâmica na sala de aula: o desenvolvimento do futuro professor de matemática diante da imprevisibilidade**. Ciênc. Educ., Bauru, v. 19, n. 2, p. 279-292, 2013.

SILVA, Jonathan Felipe da; LIMA, Jefferson Queiroz; JUCÁ, Sandro César Silveira; MESQUITA, Adriano Bayma de; MONTEIRO, Aldayr de Oliveira. **O ensino da disciplina de projeto arquitetônico auxiliado pela realidade aumentada**. Revista educar mais. 2020 | Volume 4 | No 3 | Pág. 756 a 772.

TEICHRIEB, Veronica; ROBERTO, Rafael Alves. **CLASSIFICANDO APLICAÇÕES DE REALIDADE AUMENTADA**. Voxar Labs e CIN-UFPE, if755, aula 2. 24.09.2014. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~if755/aulas/aula_2.pdf>.

TEIXEIRA, Frederica Dias M.. **Realidade Aumentada no resgate de artefatos urbanos e arquitetônicos: Uma proposta de intervenção urbana para a Igreja dos Martírios**, 2017. 82 f. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Pernambuco, Recife- PE, 2017.

VUTA, Daniela Roxana. **Augmented reality technologies in education - a literature review**. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series V: Economic Sciences, p. 35-46, 2020.

WEERASINGHE, Maheshya; QUIGLEY, Aaron; PUCIHAR, Klen Čopič; KLJUN, Matjaž. **Educational augmented reality games**. In: Augmented reality games II. Springer, Cham, 2019. p. 3-32.

ZEVI, Bruno. **Saber ver a arquitetura**. 6.ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

ZHANG, Zhinan; YIN, Nian; CHEN, Shi; LIU, Chengliang. **Tribo-informatics: Concept, architecture, and case study**. Friction, v. 9, n. 3, p. 642-655, 2021.

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente. **PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO**. São Paulo, 2018.

APÊNDICE A - EXPERIMENTO 1 EM OFICINA I

Objetivo: Oferecer um primeiro contato com o app de Realidade Aumentada, a partir da visualização e manipulação dos modelos criados pelos estudantes na semana anterior da disciplina Oficina 1.

Que os estudantes possam experimentar o app sem nenhum treinamento prévio, apenas depois de uma explicação e demonstração básica, para verificar como os estudantes se comportam diante de uma tecnologia pouco conhecida por eles e como eles interagem com a maquete virtual.

Passo a passo do experimento:

- 1 - Criar uma conta educacional na plataforma *Augment* (site: manager.augment.com);
- 2 - Abrir o modelo 3D desenvolvido no *SketchUp* na semana anterior da disciplina e exportar o arquivo em um dos formatos aceitos pelo *Augment* (.dae, .obj, .kmz ou .zae);
- 3 - Acessar o site *Augment* (manager.augment.com) e inserir o modelo fazendo as configurações necessárias e definindo a escala;
(*) quando inserir o modelo no site, compartilhar o nome do arquivo para que o professor e demais estudantes possam experienciar o seu modelo.
- 4 - Fazer o download do app *Augment* para seu *smartphone* ou *tablet*;
- 5 - Em um ambiente com boa iluminação, abrir o app *Augment* no dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*) e acessar sua conta;
- 6 - Selecionar o modelo 3D para inseri-lo no ambiente;
- 7 - Apontar a câmera do *smartphone* ou *tablet* para uma superfície estável (não escolher superfícies translúcidas ou reflexivas) até que o app faça o reconhecimento de onde o modelo será inserido (seguir passo a passo do app);

8 - Com o modelo 3D inserido na cena, movimentar-se em torno da composição, aproximando-se e distanciando-se, experienciando a maquete virtual;

9 - Fazer registros das composições (fotos, vídeos);

10 - Registrar e compartilhar como foi a experiência e quais foram os benefícios e dificuldades encontradas.

APÊNDICE B - EXPERIMENTO 2 EM OFICINA I

Objetivo: Permitir que os estudantes visualizem e experienciem os seus projetos além da tela fixa do computador, em diferentes escalas e ambientes.

Como não é possível a construção de maquetes junto ao professor da disciplina, devido ao momento de EAD, a ideia é inserir a Realidade Aumentada como ferramenta de visualização e experimentação dos modelos 3D desenvolvidos pelos estudantes na disciplina de Projeto, de uma forma mais “palpável visualmente”. Que os estudantes possam experimentar a tecnologia e experienciar os volumes fora da tela fixa do computador, permitindo desenvolver uma relação mais próxima com a maquete virtual.

Passo a passo do experimento:

- 1 - Abrir o modelo 3D desenvolvido no *SketchUp* e exportar o arquivo em um dos formatos aceitos pelo *Augment* (*.kmz*, *.dae*, *.obj* ou *.zae*);
 - 2 - Acessar o site *Augment* (manager.augment.com) e inserir o modelo fazendo as configurações necessárias e definindo a escala;
 - 3 - Em um ambiente com boa iluminação, abrir o app *Augment* no dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*) e acessar sua conta;
 - 4 - Selecionar o modelos 3D criado para inseri-lo no ambiente;
 - 5 - Apontar a câmera do *smartphone* ou *tablet* para uma superfície estável (não escolher superfícies translúcidas ou reflexivas) até que o app faça o reconhecimento de onde o modelo será inserido (seguir passo a passo do app);
 - 6 - Com o modelo 3D inserido na cena, movimentar-se em torno da composição, aproximando-se e distanciando-se, experienciando a maquete virtual;
- (*) Nesta etapa tentar experienciar mais o espaço, caminhar em volta do modelo 3D.

7 - Se existir ambiente amplo o suficiente, como um terraço, rua, sem elementos que dificultem a visualização do modelo 3D, fazer o mesmo passo a passo anterior, definindo a escala real do projeto para visualizar e experienciar o modelo em tamanho real no ambiente;

8 - Caso não exista um ambiente amplo e sem elementos que possam dificultar a visualização do modelo em escala real, testar diferentes escalas e experienciar fora e dentro do modelo;

9 - Fazer registros das experiências (fotos, vídeos);

(*) se não for possível gravar vídeos no próprio aplicativo, pode-se gravar a tela do celular enquanto utiliza o app.

10 - Registrar e compartilhar como foi a experiência e quais foram os benefícios e dificuldades encontradas.

APÊNDICE C - PRÉ-EXPERIMENTO MAQUETE II

Para a aula da segunda-feira (05/04) preparar os seguintes passos:

1. Fazer cadastro no site do *Vuforia* (<https://developer.vuforia.com/>);
2. Fazer download do arquivo **VuforiaObjectScanner.zip** disponível no site <https://developer.vuforia.com/downloads/tool> (*link* do arquivo no final da página);
3. Do arquivo **.zip** baixado anteriormente:
 - Transferir (via cabo, *whatsapp*, *email*) o aplicativo **VuforiaObjectScanner.apk** para o seu dispositivo *Android* e fazer a instalação;
 - Imprimir o arquivo PDF (imagem necessária para o escaneamento);
4. Instalar o programa *Unity* no computador (<https://unity3d.com/pt/get-unity/download/archive>) - escolha o instalador do *Unity* de acordo com o seu sistema operacional. Para a utilização do programa, se faz necessário os seguintes passos:
 - a. Baixar o programa;
 - b. Criar uma conta no *Unity*;
 - c. Instalar o programa;
 - c. Baixar o *Unity hub* e seguir o passo a passo para criar uma licença.
 - Em algumas versões anteriores do programa, durante a instalação, se faz necessário marcar as caixas de diálogo dos seguintes itens: *Android Build Support* e *Vuforia Augmented Reality Support*.

OBS.: Caso a versão mais atual do aplicativo **Vuforia Object Scanner** não seja compatível com o seu celular, você pode baixar uma versão anterior no site https://github.com/augmentedstartups/Vuforia_AR_Course (na pasta *App files*).

APÊNDICE D - RELATÓRIO DE ESTÁGIO À DOCÊNCIA EM TEINFOAU I

Período: 2021.1

Disciplina (Eletiva 2o período): Tópicos Especiais em Informática Aplicada à Arquitetura Urbanismo e Paisagismo I (45h)

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Professor responsável: Alexandre Braz de Macedo.

Disciplina instrumental, parte dos componentes eletivos, segundo o Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPE (2010).

O relato dessa experiência segue o modelo⁵⁰ de um relatório de estágio à docência de acordo com os itens de desenvolvimento exigidos pela Pró-reitoria de Pós-graduação da UFPE.

1. PLANO DE TRABALHO PARA O ESTÁGIO

Experimentar a tecnologia Realidade Aumentada (RA) na disciplina, levando em consideração que a mesma trabalha com Informática aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, onde o foco é o estudo de recursos computacionais para a geração de formas e espaços arquitetônicos.

Os objetivos iniciais do estágio à docência foram de apresentar a Realidade Aumentada ao estudante e disponibilizar mais um recurso computacional para auxiliar na geração, visualização e interação com seus modelos digitais tridimensionais arquitetônicos; possibilitar que o estudante entrasse em contato com o seu modelo digital no ambiente real em sua volta, em diferentes escalas e contextos, através da tela do seu *smartphone*; fazer uso da Realidade Aumentada para auxiliar na tomada de decisões da geração de formas e espaços arquitetônicos; e ao fim, receber um *feedback* dos estudantes e do professor da experiência e da inserção da tecnologia na disciplina.

⁵⁰ disponível no site <https://www.ufpe.br/propg/estagio>

2. RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO PLANO DE TRABALHO

Foi realizado um acompanhamento de todas as aulas pela estagiária à docência, com exceção de uma por problemas de conexão no dia. Ao longo da disciplina a pós-graduanda apresentou conceitos e aplicações da tecnologia Realidade Aumentada no campo da Arquitetura e Urbanismo, como também compartilhou a tela do *smartphone*, em tempo real, com a turma para mostrar como funcionava um aplicativo que leva modelos digitais tridimensionais arquitetônicos desenvolvidos em programas de modelagem para poder visualizar e interagir através da RA.

A visualização e interação com os modelos digitais em RA foi demonstrada em diferentes escalas, tanto em escala reduzida de maquete, quanto em escala real, apresentando uma experiência imersiva aos estudantes.

Questionários extra-classe foram aplicados pela pós-graduanda para entender os níveis de conhecimento dos estudantes com ferramentas tecnológicas, como programas de modelagem e dispositivos móveis (*smartphones*), para auxiliar na escolha de um melhor programa em Realidade Aumentada a ser disponibilizado a todos; e entender o interesse dos estudantes em testar a tecnologia.

O primeiro questionário foi aplicado para entender a relação dos estudantes com as ferramentas tecnológicas que estavam sendo utilizadas na disciplina. Todos os estudantes estavam fazendo uso do programa de modelagem *SketchUp* para desenvolver as atividades da disciplina; 60% dos estudantes utilizavam *Android* e 40% o *iOS*; 70% dos estudantes nunca tinha utilizado o *smartphone* para visualizar modelos digitais; e 60% afirmaram ter tido algum contato com a tecnologia Realidade Aumentada.

Como o programa a ser utilizado na experiência em RA, o *AUGIN*, tem *plugins* disponíveis para versões específicas de alguns programas, foi levantado quais as versões que os estudantes estavam utilizando. 20% estavam utilizando a versão 2017, 30% estavam utilizando a versão 2018, 30% estavam utilizando a versão 2019 e 20% estavam utilizando a versão 2021 do *SketchUp*. O *AUGIN* disponibiliza o plugin para os *SketchUp* 2017 ao 2022. Dessa forma, seria mais fácil que os estudantes levassem o seu modelo do *SketchUp* ao *AUGIN* com o uso do *plugin*.

No que diz respeito a alguns estudantes terem tido um contato prévio com a tecnologia, foram comentadas algumas experiências:

Tabela 13 - Respostas do primeiro questionário divulgado para os estudantes de TEINFOAU I.

Conte um pouco sobre a sua experiência com a RA
<i>Minha única experiência com realidade aumentada é/foi criação de filtros para instagram (com modelagem 3D ou não)</i>
<i>Pokémon e a ferramenta do aplicativo Planner5D</i>
<i>em filtros do instagram e snapchat</i>
<i>Em um evento de arquitetura foi mostrado uma decoração de sala de estar por meio de óculos virtuais</i>
<i>Já realizei modelagens/renderizações em 3D, utilizando para apresentação à um cliente com o auxílio de óculos de realidade aumentada</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editada pela autora.

Um segundo questionário foi aplicado para analisar a utilização da RA pelos estudantes aplicada à visualização de modelos tridimensionais, a partir dos dispositivos móveis (*smartphones*). Apenas um estudantes respondeu a este questionário. Este estudante apontou que fez uso do aplicativo *AUGIN*, que não teve nenhuma dificuldade com o mesmo e que o seu modelo 3D foi levado ao aplicativo através do *Upload* no site do Augin, não pela utilização do *plugin*.

Sobre a experiência de interagir com seu modelo 3D em Realidade Aumentada, o estudante comentou: “*Achei bem interessante, costumo mais fazer renderizações panorâmicas 360 e transformar num passeio virtual, gosto bastante dessa experiência*”. E em relação a como ele acha que a Realidade Aumentada poderia ser mais explorada no curso de Arquitetura e Urbanismo, sua resposta foi: “*Acho que a primeira vez que ouvi algum professor falar sobre realidade aumentada foi nessa disciplina. Tenho contato desde o primeiro período porque gosto muito de descobrir coisas e experimentar, mas nunca vi nenhum professor comentar ou abordar sobre. Acho que muita coisas sobre softwares eles deixam a mercê, as vezes nem querem que usamos, e termina que temos que buscar por nós mesmos.*”

Apesar do feedback deste estudante neste segundo questionário, o mesmo não realizou o experimento como atividade da disciplina.

3. LISTA DE INOVAÇÕES

Em momentos distintos, a pós-graduanda demonstrou dois aplicativos que possibilitam levar modelos digitais tridimensionais arquitetônicos desenvolvidos em programas de modelagem para poder visualizar e interagir através da tecnologia Realidade Aumentada. O primeiro aplicativo, o *Augment*, foi descartado para a experiência, por não ser gratuito e possibilitar um uso educacional teste de apenas 14 dias. As aulas aconteceram três vezes na semana, (segunda, terça e quinta) durante dois meses.

O segundo aplicativo apresentado, o *AUGIN*, foi o aplicativo escolhido para ser utilizado na experiência por ser um aplicativo gratuito, por dialogar com diferentes sistemas operacionais, como *smartphones Android* e *iOS*, e ter opção de levar o modelo digital de programas de modelagem diversos diretamente para o aplicativo através de *plugins*.

Também foram desenvolvidos, apresentados em aula e disponibilizados no *Google Classroom* tutoriais, em texto e em vídeo, para auxiliar os estudantes na execução da experiência. Tutorial em texto no anexo 9.4.3 e tutorial em vídeo disponível em: <<https://youtu.be/k5ryNxcbauY>>.

4. RELATÓRIO CRÍTICO SOBRE OS MÉTODOS DIDÁTICOS OBSERVADOS NAS AULAS ACOMPANHADAS OU UTILIZADOS NAS AULAS MINISTRADAS

O método didático utilizado nas aulas pelo professor responsável foi de ensino ativo, onde os estudantes eram motivados a participar a partir de questionamentos direcionados, convites de compartilhar suas experiências de modelagem e composição, abrindo discussões sobre opções de avaliação e colaborando com a disciplina.

O professor abriu espaço na sua disciplina para a apresentação e experimentação da Realidade Aumentada ao longo das aulas e encorajou os estudantes a aproveitarem oportunidades para

que pudessem conhecer novas tecnologias. Contudo, como não fazia parte do plano da disciplina, a experiência não seria obrigatória, mas uma alternativa para os estudantes.

A prática da disciplina teve como foco o desenvolvimento de modelos digitais. Os modelos deviam ser desenvolvidos a partir das micro-atividades apresentadas nas aulas síncronas e por fim gerar um portfólio com o que foi desenvolvido ao longo da disciplina. Como a Realidade Aumentada era um recurso digital novo na disciplina, o professor deixou em aberto aos estudantes o seu uso experimental, deixando claro que a modelagem e a Realidade Aumentada podem se complementar. Os estudantes estavam livres para usar a nova tecnologia em quantos experimentos quisessem.

O plano de aula foi dividido em 3 momentos: (1) composição (experimentar formas); (2) estrutura; e (3) contexto ambiental (vedações e aberturas compatíveis com o clima). As micro-atividades foram desenvolvidas a partir desses 3 pilares que se complementam. Além da parte digital, o professor trouxe atividades de desenho, afirmando que o digital e o analógico se complementam. Inclusive, o próprio professor fazia uso de rascunhos digitais para ministrar aulas.

A disciplina não era um curso de atualização de *SketchUp* ou com foco em qualquer outro programa de modelagem. O espaço era para fazer experimentos de modelagem utilizando recursos digitais e o estudante estava livre para utilizar qualquer *software*, pois o foco da disciplina era o resultado, independente do programa utilizado. Como atividade final da disciplina foi solicitado um portfólio com as micro-atividades desenvolvidas ao longo das aulas.

O método didático utilizado pela pós-graduanda foi expositivo, com base em recursos visuais (slides, apresentação em tempo real de aplicativos no *smartphone*, tutorial em vídeo), além de tutorial em texto e questionários para melhor entender o perfil e interesse dos estudantes.

5. SUGESTÕES E APRIMORAMENTOS À DISCIPLINA

Tentar dividir melhor os momentos teóricos e práticos da disciplina. Se a disciplina tem maior parte de carga horária prática (30h/aula prática e 15h/aula teórica), que os estudantes possam utilizar o tempo da disciplina para desenvolver melhor suas atividades. Que no final de cada

aula prática os estudantes possam entregar ao professor uma amostra do que foi aprendido e que isso faça parte da avaliação final do desenvolvimento de cada estudante na disciplina.

Por exemplo, se cada aula tem 3 horas no total, na primeira hora poderia acontecer o encontro síncrono, onde o professor apresenta os conceitos e passa a atividade do dia e durante as outras 2 horas/aula os estudantes iriam desenvolver suas micro-atividades, entregando no fim deste tempo o resultado da atividade da aula prática.

Possivelmente essa questão de divisão de momentos práticos e teóricos foi dificultada por esse momento de ensino remoto.

6. ATIVIDADES NO ESTÁGIO EM DOCÊNCIA RELACIONADAS À PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO

O estágio à docência esteve diretamente relacionado com pesquisa de mestrado da pós-graduanda. A disciplina trouxe um espaço experimental onde foi possível apresentar aos estudantes uma pesquisa de mestrado, conceitos e experiências com a Realidade Aumentada.

Um dos objetivos dessa pesquisa de mestrado é apresentar e disponibilizar a Realidade Aumentada aos estudantes de Arquitetura e Urbanismo para que eles possam ter em mãos mais um recurso computacional que auxilie na geração, visualização e interação com seus modelos digitais tridimensionais arquitetônicos. Que possibilite ao estudante entrar em contato com o seu modelo digital no ambiente real em sua volta, em diferentes escalas e contextos, através da tela do seu *smartphone*. Que os estudantes possam testar uma tecnologia que possa vir a auxiliar no desenvolvimento de seus projetos.

Desta forma, as atividades desenvolvidas pela mestranda, como apresentação de conceitos e demonstração de aplicativos em Realidade Aumentada, além do desenvolvimento de tutorias e questionários, estavam diretamente relacionados à sua pesquisa.

7. RELATÓRIO CRÍTICO FINAL SOBRE O ESTÁGIO

O estágio à docência contribuiu para a pesquisa de mestrado, levantou oportunidades e dificuldades de aplicação da tecnologia e do ensino da informática de forma remota.

Questionários auxiliaram no levantamento, assim como momentos de trocas e discussões em sala de aula com os estudantes e pós aula com o professor responsável pela disciplina.

Sobre a experiência com dez (10) estudantes da disciplina, dos quais metade eram do segundo período e metade do sexto, apenas um do segundo período tentou realizar a atividade em Realidade Aumentada (RA), sem sucesso por dificuldades tecnológicas. Segundo o estudante, o seu *smartphone* não conseguiu rodar o recurso de RA dentro do aplicativo *AUGIN*.

A escolha dos demais estudantes de não realizar a experiência em Realidade Aumentada na disciplina levantou questionamentos em torno de rejeição e dificuldades com tecnologias novas pelos estudantes e das dificuldades deste momento do ensino remoto, tanto com questões de distanciamento social, como o desestímulo dos estudantes nesse momento de um ano de aulas remotas e de dificuldades tecnológicas por cada estudante ter um dispositivo diferente do outro, acarretando em diferenças de uso. O ensino remoto também dificulta mostrar com mais calma um assunto novo e tirar com mais calma dúvidas de cada estudante. Além disso, nem todo estudante se sente à vontade para compartilhar suas dificuldades em aulas online.

Por fim, vale apontar que o professor responsável pela disciplina estava sempre orientando a pós-graduanda no que tange questões didáticas e fazendo relações com a sua pesquisa de mestrado.

APÊNDICE E - RELATÓRIO DE ESTÁGIO À DOCÊNCIA EM INFOAU

III

Período: 2021.1

Disciplina (Obrigatória 5o período): Informática Aplicada à Arquitetura Urbanismo e Paisagismo III (15h)

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Professor responsável: Alexandre Braz de Macedo.

Disciplina instrumental, parte dos componentes obrigatórios, segundo o Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPE (2010).

O relato dessa experiência segue o modelo⁵¹ de um relatório de estágio à docência de acordo com os itens de desenvolvimento exigidos pela Pró-reitoria de Pós-graduação da UFPE.

1. PLANO DE TRABALHO PARA O ESTÁGIO

Experimentar a tecnologia Realidade Aumentada (RA) na disciplina, levando em consideração que a mesma trabalha com Informática aplicada à arquitetura, urbanismo e paisagismo, onde o objetivo é o estudo da modelagem computacional de superfícies para a geração de formas e espaços arquitetônicos.

Os objetivos iniciais do estágio à docência foram de apresentar a Realidade Aumentada ao estudante e disponibilizar mais um recurso computacional para auxiliar na geração, visualização e interação com seus modelos digitais tridimensionais arquitetônicos; possibilitar que o estudante entrasse em contato com o seu modelo digital no ambiente real em sua volta, em diferentes escalas e contextos, através da tela do seu *smartphone*; fazer uso da Realidade Aumentada para auxiliar na tomada de decisões da geração de formas e espaços arquitetônicos; e ao fim, receber um *feedback* dos estudantes e do professor da experiência e da inserção da tecnologia na disciplina.

2. RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO PLANO DE TRABALHO

⁵¹ disponível no site <<https://www.ufpe.br/propg/estagio>>.

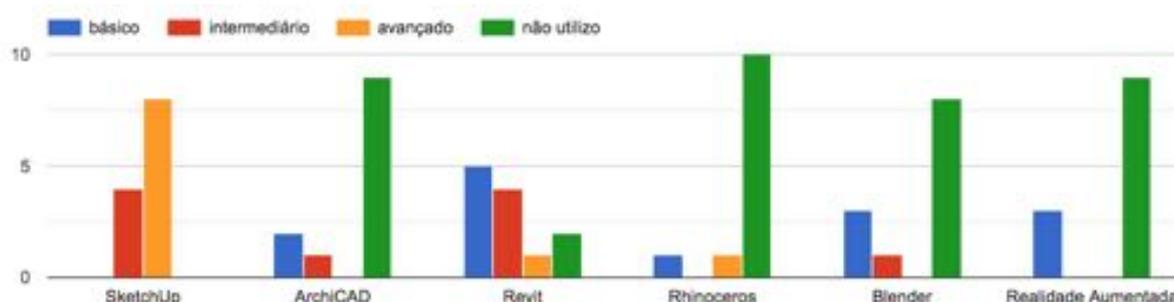
Foi realizado um acompanhamento de todas as aulas pela estagiária à docência. A pós-graduanda apresentou conceitos e aplicações da tecnologia no campo da arquitetura e urbanismo, como também compartilhou a tela do *smartphone*, em tempo real, com a turma para mostrar como funcionava um aplicativo que leva modelos digitais tridimensionais arquitetônicos desenvolvidos em programas de modelagem para poder visualizar e interagir através da tecnologia Realidade Aumentada.

A visualização e interação com os modelos digitais em RA foi demonstrada em diferentes escalas, tanto em escala reduzida de maquete, quanto em escala real, apresentando uma experiência imersiva aos estudantes.

Um questionário extra-classe foi aplicado pela pós-graduanda para conhecer a relação dos estudantes de Arquitetura e Urbanismo com modelagem digital e a tecnologia de Realidade Aumentada; e entender o interesse dos estudantes em testar a tecnologia. Apenas 12 estudantes dos 37 matriculados responderam ao questionário, dentre esses 9 estavam cursando o quinto período, 2 o quarto e 1 o oitavo.

Sobre o nível de conhecimento dos estudantes sobre as diferentes tecnologias:

Imagem 195 - Nível de conhecimento dos estudantes de INFOAU das seguintes tecnologias.



Fonte: Google Forms, 2021.

Para fazer as modelagens digitais, 9 estavam usando o *SketchUp*, 2 o *Revit* e 1 o *ArchiCAD*. Apenas 1 estudante não poderia fazer uso do *plugin* do *AUGIN* para levar o seu modelo digital diretamente para o programa de RA, os demais tinham disponível para a versão do seu programa de modelagem. Desses estudantes, 9 estudantes utilizam *Android* e 3 o sistema *iOS*.

Apenas 3 estudantes tiveram um contato prévio com a RA. Um já havia utilizado o BIMx, outro utilizou a RA em uma apresentação de projeto estrutural para um cliente e o terceiro viu uma apresentação de um projeto de Realidade Aumentada na disciplina de INFOAU 1.

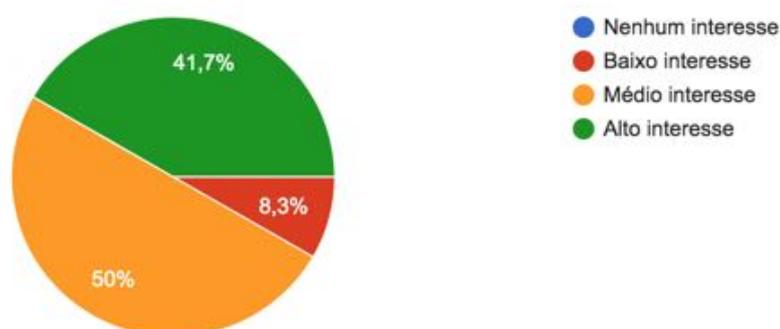
Tabela 14 - Respostas do questionário divulgado para os estudantes de INFOAU I.

Como você acha que a Realidade Aumentada pode ser utilizada como ferramenta digital aplicada à arquitetura e urbanismo?
<i>Ajudando a melhor compreender o projeto, tanto os clientes quanto os projetistas.</i>
<i>Para interação/imersão e visão previa de projetos in loco.</i>
<i>Principalmente para ter a sensação do projeto concluído antes mesmo de ter começado a ser construído.</i>
<i>Acho muito importante por abrir novas possibilidades na visualização de um projeto, tanto para nós como estudantes termos uma área de projeto e podemos simular o nosso projeto nele, por exemplo, e ajudar na nossa visão espacial, quanto futuramente para a apresentação de um projeto para clientes</i>
<i>noção da inserção urbana</i>
<i>Para mostrar os projetos inseridos na realidade atual</i>

Fonte: Google Forms, 2021. Editada pela autora.

E sobre o nível de interesse dos estudantes em poder interagir, a partir do *smartphone*, com o seu próprio modelo digital em um ambiente real e em diferentes escalas, 5 tem alto interesse, 6 médio e 1 baixo interesse.

Imagem 196 - Interesse dos estudantes de INFOAU em interagir com o seu próprio modelo digital em um ambiente real e em diferentes escalas, a partir do seu *smartphone*.



Fonte: Google Forms, 2021.

3. LISTA DE INOVAÇÕES

A pós-graduanda demonstrou em tempo real, por compartilhamento da tela do celular, um aplicativo que possibilita levar modelos digitais tridimensionais arquitetônicos desenvolvidos em programas de modelagem para poder visualizar e interagir através da tecnologia Realidade Aumentada. O aplicativo *AUGIN* foi escolhido para a experiência por ser um aplicativo gratuito, por dialogar com diferentes sistemas computacionais, como *smartphones Android* e *iOS*, e ter opção de levar o modelo digital de programas de modelagem diversos diretamente para o aplicativo através de *plugins*.

Também foram desenvolvidos, apresentados em aula e disponibilizados no *Google Classroom* tutoriais, em texto e em vídeo, para auxiliar os estudantes na execução da experiência. Tutorial em texto no anexo 9.4.3 e tutorial em vídeo disponível em: <<https://youtu.be/k5ryNxcbauY>>.

4. RELATÓRIO CRÍTICO SOBRE OS MÉTODOS DIDÁTICOS OBSERVADOS NAS AULAS ACOMPANHADAS OU UTILIZADOS NAS AULAS MINISTRADAS

O método didático utilizado nas aulas pelo professor responsável foi de ensino ativo, onde os estudantes eram motivados a participar a partir de questionamentos direcionados e *feedbacks*.

O professor abriu espaço na sua disciplina para a apresentação da pesquisa de mestrado desenvolvida pela estagiária à docência, apontando que os experimentos feitos entre arquitetura e computação poderiam contribuir para novas áreas de estudo e que o tempo da disciplina poderia ser aproveitado para reforçar algumas áreas e descobrir novas. As aulas aconteceram uma vez na semana, durante seis sábados.

A pós-graduanda compartilhou a sua pesquisa com a turma, fazendo uma apresentação sobre a tecnologia investigada, Realidade Aumentada, e experimentos que tem desenvolvido no campo da Arquitetura e Urbanismo, a partir da visualização e interação de modelos digitais tridimensionais arquitetônicos.

O professor então levantou a possibilidade para experimentar a Realidade Aumentada na disciplina, contanto que os estudantes estivessem dispostos. O experimento não seria

obrigatório, mas seria relevante na disciplina, pois poderia complementar a experiência de modelagem. Inicialmente apenas 5 estudantes mostraram interesse, aumentando para 15 estudantes ao longo das aulas.

A prática da disciplina teve como objetivo o desenvolvimento de modelos digitais para o estudo de superfícies. O foco não estava no *software* de modelagem a ser utilizado, mas em micro-atividades que foram exercícios simples e rápidos, onde os estudantes podiam gerar um pequeno espaço arquitetônico que tivesse aspectos comuns a todos os modelos, como piso, volume e coberta, sempre atentos à condicionantes de insolação e ventilação.

O plano de aula foi dividido para a apresentação de possibilidades de geração de superfícies, como cilíndricas, cônicas e esféricas, das quais os estudantes poderiam escolher uma para desenvolver como atividade da disciplina.

Como atividade final da disciplina o estudante poderia escolher entre duas alternativas:

Alternativa 01

Elaborar um vídeo de uma experiência em Realidade Aumentada, tomando como base o tutorial que a pós-graduanda compartilhou no *Google Classroom* da turma. O estudante poderia integrar o experimento de Realidade Aumentada a qualquer uma das atividades de modelagem da disciplina ou aproveitar o modelo digital arquitetônico de um projeto desenvolvido anteriormente.

Alternativa 02

Elaborar um estudo de uma modelagem de um espaço arquitetônico (piso, parede e teto) onde se perceba o uso de superfícies cilíndricas, cônicas ou esféricas. O estudante deveria levar em consideração lógica estrutural e respeitar condicionantes obrigatórios de insolação e ventilação para a cidade do Recife - nordeste brasileiro.

O método didático utilizado pela pós-graduanda foi expositivo, com base em recursos visuais (*slides*, apresentação em tempo real de aplicativos no *smartphone*, tutorial em vídeo), além de tutorial em texto e questionários para melhor entender o perfil e interesse dos estudantes.

5. ATIVIDADES NO ESTÁGIO EM DOCÊNCIA RELACIONADAS À PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO

O estágio à docência esteve diretamente relacionado com pesquisa de mestrado da pós-graduanda. A disciplina trouxe um espaço experimental onde foi possível apresentar aos estudantes uma pesquisa de mestrado, conceitos e experiências com a Realidade Aumentada.

Um dos objetivos dessa pesquisa de mestrado é apresentar e disponibilizar a Realidade Aumentada aos estudantes de arquitetura e urbanismo para que eles possam ter em mãos mais um recurso computacional que auxilie na geração, visualização e interação com seus modelos digitais tridimensionais arquitetônicos. Que possibilite ao estudante entrar em contato com o seu modelo digital no ambiente real em sua volta, em diferentes escalas e contextos, através da tela do seu *smartphone*. Que os estudantes possam testar uma tecnologia que possa vir a auxiliar no desenvolvimento de seus projetos.

Desta forma, as atividades desenvolvidas pela mestranda, como apresentação de conceitos e demonstração de aplicativos em Realidade Aumentada, além do desenvolvimento de tutorias e questionários, estavam diretamente relacionados à sua pesquisa.

6. RELATÓRIO CRÍTICO FINAL SOBRE O ESTÁGIO

O estágio à docência contribuiu para a pesquisa de mestrado, levantou oportunidades e dificuldades de aplicação da tecnologia e do ensino da informática de forma remota. Questionários auxiliaram no levantamento, assim como momentos de trocas e discussões em sala de aula com os estudantes e pós aula com o professor responsável pela disciplina.

Dos 37 estudantes matriculados na disciplina, 12 escolheram a atividade com Realidade Aumentada e realizaram a experiência com o aplicativo apresentado em sala de aula. O resultado da atividade gerou vídeos e *feedbacks* importantes para a pesquisa de mestrado. Tiveram vídeos mais simples, com o uso de poucos recursos disponíveis pelo aplicativo; vídeos onde os estudantes experienciam seus modelos de forma escalonada (externa e internamente); e vídeos que registraram experiências imersivas, com os estudantes caminhando pelo espaço em sua volta e “entrando” em seus modelos digitais. Dois estudantes

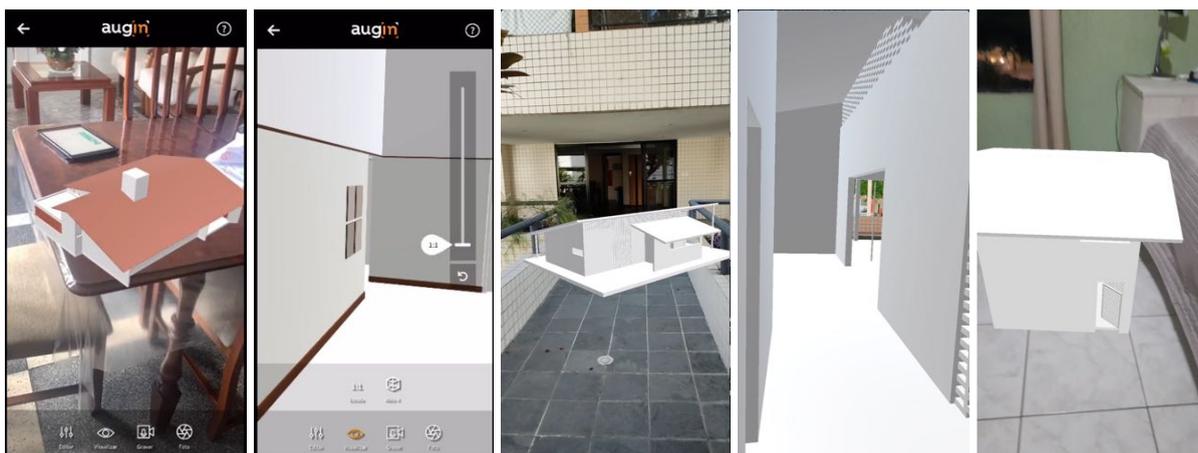
registraram dificuldades no uso do aplicativo, contudo conseguiram contornar e utilizaram a Realidade Aumentada.

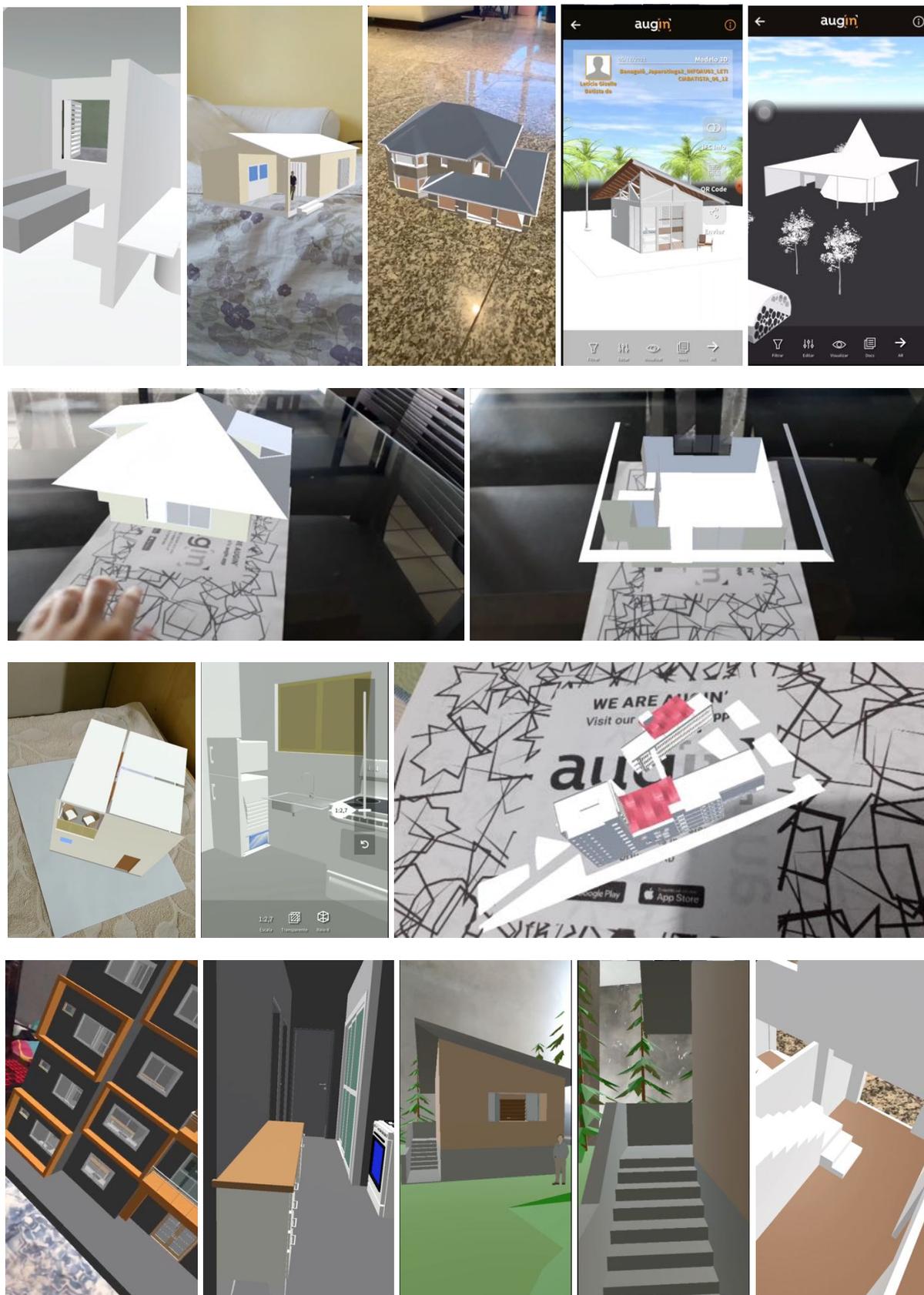
Um estudante utilizou um aplicativo em RA diferente do indicado pela autora e realizou uma experiência diferente, visualizando um modelo 3D apenas na escala de maquete, sem os mesmos recursos disponíveis pelo outro aplicativo. Dos doze estudantes que utilizaram o *AUGIN*, dez conseguiram experimentar a Realidade Aumentada; e dois não conseguiram fazer uso da RA por incompatibilidade dos seus dispositivos, contudo exploraram o aplicativo de outras formas.

Os demais estudantes que não fizeram uso do *AUGIN* apresentaram no final da disciplina seus modelos digitais desenvolvidos no *SketchUp*, tanto no formato do arquivo do próprio programa, como em imagens de registro criando um portfólio em PDF, como em vídeo em Realidade Virtual.

Segue abaixo capturas de telas dos vídeos produzidos pelos estudantes com o uso do aplicativo *AUGIN*. Dois vídeos reunindo os vídeos produzidos pelos estudantes encontram-se disponíveis nos links <<https://youtu.be/uf3czaJtRuM>> e <<https://youtu.be/x0mSGD9teFc>>.

Imagens 197 a 216 - Captura de tela de vídeos produzidos por estudantes de INFOAU III com o app *AUGIN*.





Fonte: Estudantes de INFOAU III, 2021.

Dois estudantes só conseguiram utilizar o aplicativo para visualizar seus modelos digitais a partir da impressão do marcador *AUGIN*, com isso, acabaram tendo restrições à manipulação do seu modelo digital, como escalonamento e maior campo de visão do modelo, pois precisavam ter o marcador enquadrado. Em consequência disso, estes estudantes não conseguiram "entrar" nos seus modelos digitais. Estes casos provavelmente se deram em decorrência do sistema operacional dos seus dispositivos móveis, que tinham limitações em rodar a tecnologia.

Mesmo encontrando algumas dificuldades ao longo da experiência, os estudantes que escolheram utilizar a tecnologia se mostraram satisfeitos.

Entende-se que uma disciplina de 15 horas pode ser breve para gerar uma boa experiência com a turma de uma tecnologia nova. Além disso, o ensino remoto pode trazer dificuldades, tanto com questões de distanciamento social, como o desestímulo dos estudantes nesse momento de um ano de aulas remotas e por dificuldades tecnológicas por cada estudante ter um dispositivo diferente do outro, acarretando em diferenças de uso. O ensino remoto também dificulta mostrar com mais tranquilidade um assunto novo e tirar com mais tranquilidade as dúvidas de cada estudante. Além disso, nem todo estudante se sente à vontade para compartilhar suas dificuldades em aulas online.

Em relação à introdução de uma nova tecnologia como a Realidade Aumentada, possivelmente seria melhor aproveitada se houvessem disciplinas eletivas com foco na própria tecnologia e em sua aplicação.

Por fim, vale apontar que o professor responsável pela disciplina estava sempre orientando a pós-graduanda no que tange questões didáticas e fazendo relações com a sua pesquisa de mestrado.

APÊNDICE F - TUTORIAL APP AUGIN



Tutorial - plataforma de Realidade Aumentada

1 - Baixe o Augin no seu smartphone

O Augin é um aplicativo gratuito e está disponível para ambos os sistemas *Android* e *iOS*.



2 - Instale o app e crie a sua conta

Para fazer o *upload* de seus modelos 3D e visualiza-los em Realidade Aumentada é preciso criar uma conta Augin.

A conta Augin pode ser criada no próprio app ou no site <https://my.augin.app/>.

3 - Leve o seu projeto para o Augin

Para levar o seu modelo 3D do programa de modelagem para dentro do Augin, você pode acessar a sua conta Augin no site ou usar um *plugin*.

3.1 - Para levar o seu modelo 3D para o Augin através do site, acesse a sua conta em <https://my.augin.app/>.

No menu lateral, clique em **criar** → **upload de projeto** → dê um nome para o seu projeto e escolha seu modelo 3D (**choose file**) exportado do seu programa de modelagem em um dos formatos aceitos pelo Augin (.IFC ou .FBX). Veja imagem abaixo.

Imagem 217 - Captura de tela do site AUGIN.



Fonte: Autora, 2021.

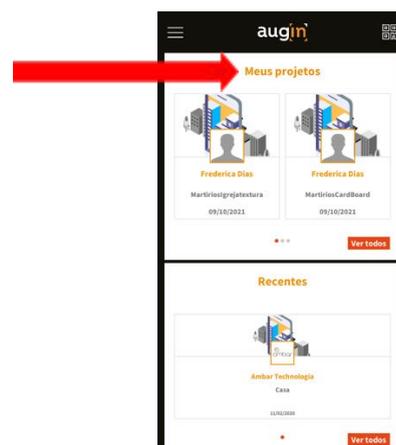
* Caso o seu programa de modelagem não exporte arquivos nas extensões aceitas pelo Augin (.IFC ou .FBX), você pode converter o seu arquivo para uma das extensões aceitas em um conversor online ou em outro aplicativo de sua escolha.

Exemplo: você pode exportar o modelo no SketchUp na extensão .DAE e fazer a conversão para a extensão .FBX no site: <https://anyconv.com/pt/conversor-de-dae-para-fbx/>.

3.2 - Outra forma de levar o seu modelo 3D para o Augin é baixando e instalando um *plugin* gratuito no seu computador. Atualmente, existem *plugins* para algumas versões do SketchUp, Revit e ArchiCAD. Baixe acessando o site <https://augin.app/plugins/>.

4 - Visualize os seus modelos 3D no Augin

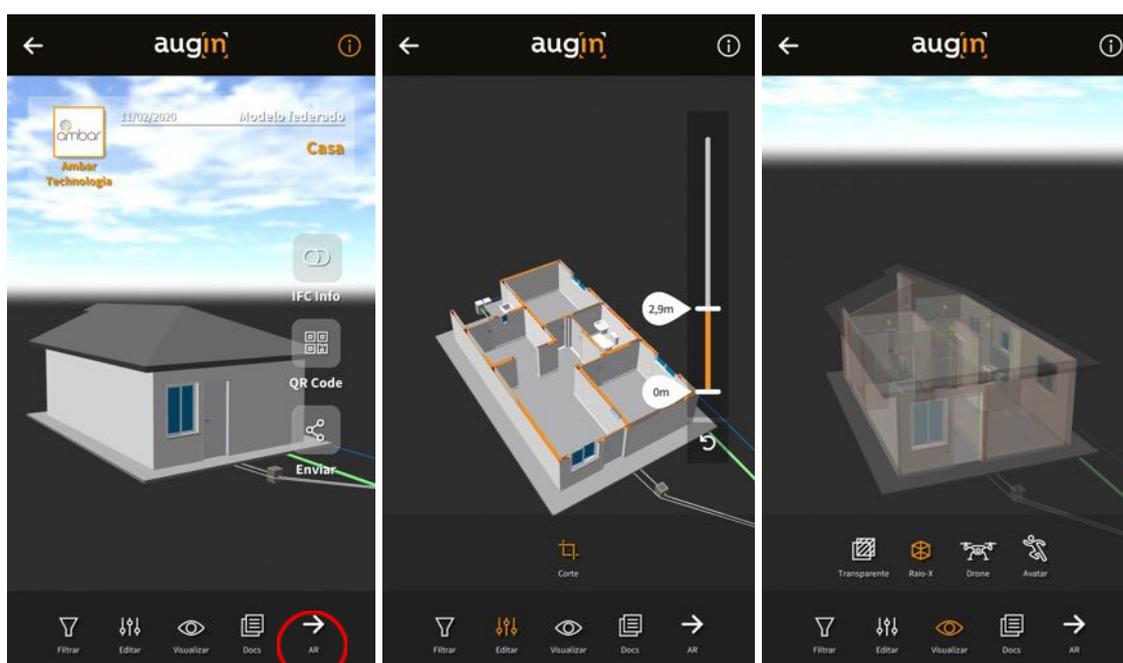
Agora é só acessar a sua conta no app Augin em seu smartphone e visualizar os seus modelos 3D! Abra a sua pasta (**Meus Projetos**) e clique no modelo que você quer visualizar.



Explore os recursos disponíveis!

O app Augin tem vários recursos disponíveis como compartilhamento por QRcode; visualização de corte horizontal; visão de raio x; e Realidade Aumentada (opção → **AR** no canto direito do menu inferior).

Imagens 218 a 220 - Capturas de tela do app AUGIN.



Fonte: Autora, 2021.

Realidade Aumentada

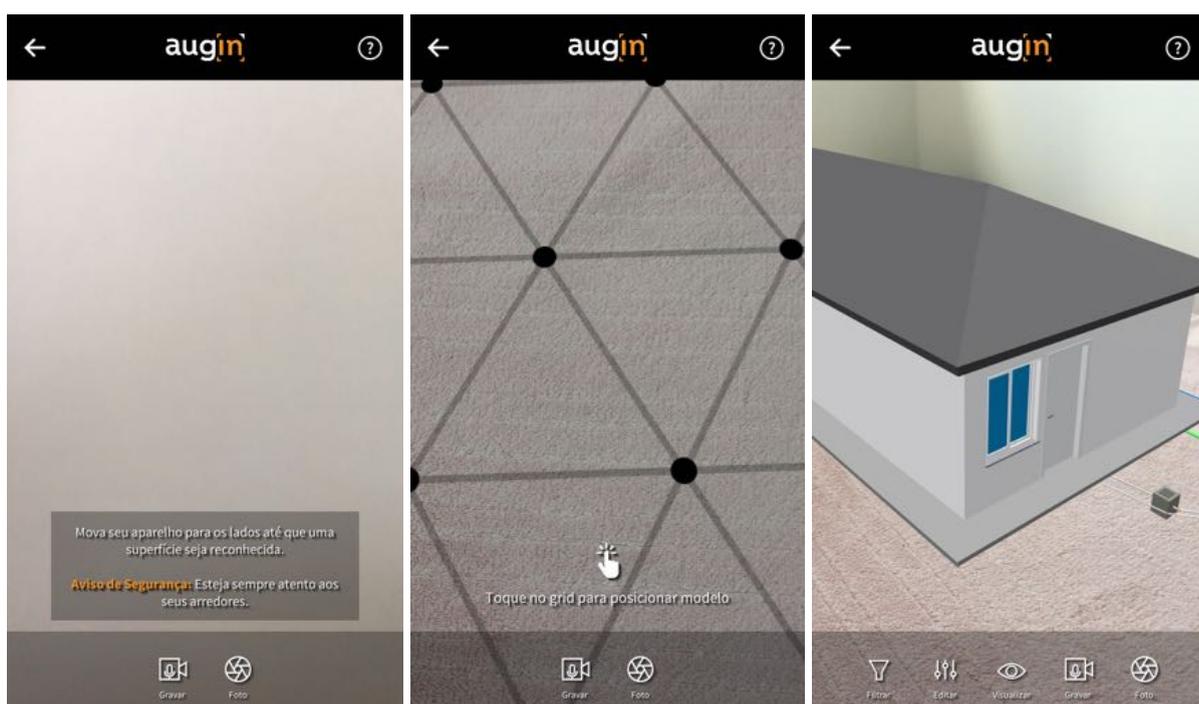
A Realidade Aumentada é uma tecnologia sensível à iluminação. Escolha um ambiente com uma iluminação consistente. Evite pouca luz, pontos de sombra ou pontos de luz muito forte, isso poderá dificultar o reconhecimento da superfície de inserção do seu modelo 3D, dificultando a sua experiência.

Para visualizar o seu modelo 3D em Realidade Aumentada (RA), o app precisará identificar uma superfície onde mostrará o modelo. O ideal é que esta superfície seja lisa e não espelhada.

Ao identificar uma superfície da sua escolha (mesa, bancada, piso) o app mostrará uma malha triangular e pedirá para que você toque na tela. Desta forma, o app irá inserir o seu modelo 3D na superfície identificada.

Caso o app não reconheça a superfície de sua escolha, procure uma superfície com melhores condições para inserir o seu modelo em Realidade Aumentada. Veja as imagens abaixo.

Imagens 221 a 223 - Capturas de tela do app AUGIN.



Fonte: Autora, 2021.

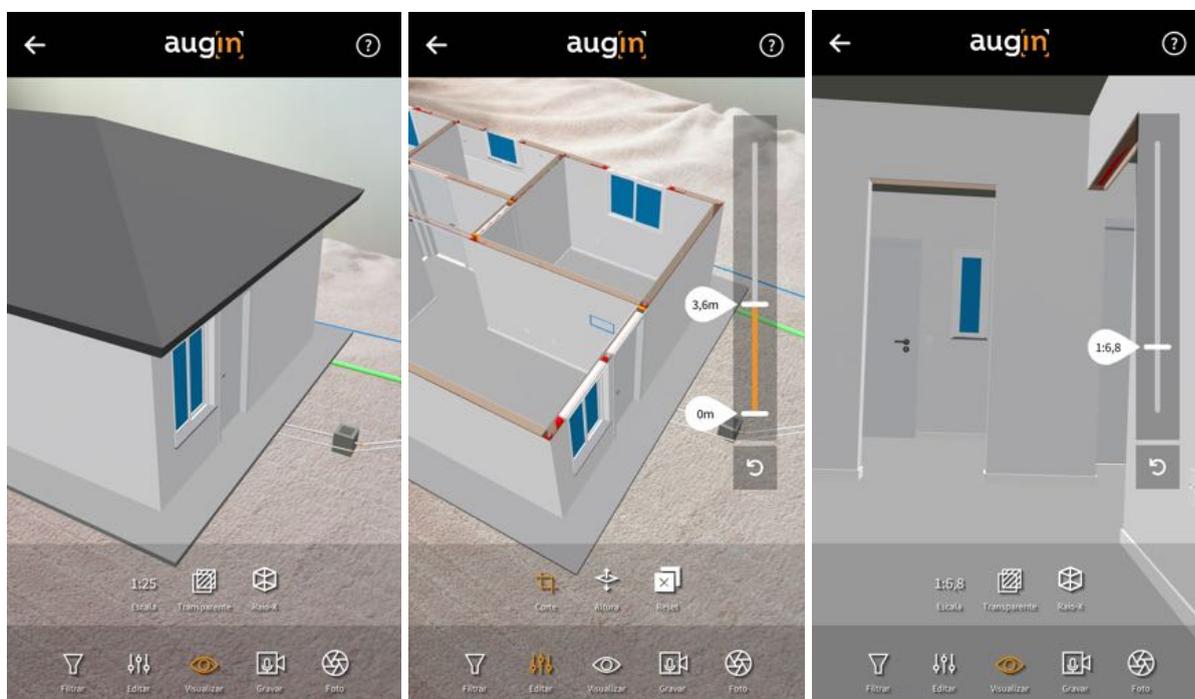
Agora você pode experienciar o modelo caminhando pelo espaço ao seu redor!

Explore recursos disponíveis em Realidade Aumentada!

Visualizando o seu modelo 3D em RA, você também pode explorar recursos como corte horizontal; mudança de escala (zoom direto na tela com os dedos ou opção no menu) podendo visualizar o modelo em escala real e caminhar "dentro dele"; e opção de gravar vídeos e fotos da sua experiência

em Realidade Aumentada, permitindo compartilhar sua experiência com outras pessoas. Veja as imagens a seguir.

Imagens 224 a 226 - Capturas de tela do app AUGIN.



Fonte: Autora, 2021.

Aproveite a experiência!

E qualquer dúvida ou dificuldade, entre em contato.

APÊNDICE G - LINKS

SOFTWARES

Augment (<https://www.augment.com/>)

Augin (<https://augin.app/>)

Unity (<https://unity.com/pt>)

Vuforia engine (<https://developer.vuforia.com/>)

VÍDEOS

Augment - Definindo escalas do modelo 3D

<<https://youtu.be/fuxXSNiouOg>>

Augment - Experiência RA em diferentes escalas

<<https://youtu.be/JKO3yUwlcbk>>

Tutorial Maquete Arquitetônica e RA - Vuforia + Unity + SketchUp

<<https://youtu.be/9mqzqGOYHwg>>

Tutorial app Augin - Visualize seus modelos 3D em Realidade Aumentada.

<<https://youtu.be/k5ryNxcbauY>>

Demo do app GGT-RA (Atualizado 01/dez/21)

<<https://youtu.be/dcIMpl6gVXM>>

Experimentos RA - Oficina de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo I

<<https://youtu.be/cTIYG2btEZI>>

Experimento RA - Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo 3 - 1

<<https://youtu.be/uf3czaJtRuM>>

Experimento RA - Informática Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo 3 - 2

<<https://youtu.be/x0mSGD9teFc>>