



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**ALAN NÓBREGA DANTAS DE ARAÚJO**

**USO DE REALIDADE AUMENTADA COMO AUXÍLIO PARA  
CONCEPÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS EM BIM:**  
EXPERIMENTOS DE PESQUISA APLICADA DESENVOLVIDA EM DISCIPLINAS  
DE MODELAGEM E BIM NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA  
UFPB ENTRE 2015 E 2017

JOÃO PESSOA  
2018

ALAN NÓBREGA DANTAS DE ARAÚJO

**USO DE REALIDADE AUMENTADA COMO AUXÍLIO PARA CONCEPÇÃO DE  
PROJETOS ARQUITETÔNICOS EM BIM:**  
EXPERIMENTOS DE PESQUISA APLICADA DESENVOLVIDA EM DISCIPLINAS  
DE MODELAGEM E BIM NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA  
UFPB ENTRE 2015 E 2017

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Arquitetura e Urbanismo da  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

**Orientador:** Carlos Alejandro Nome, PhD.

JOÃO PESSOA  
2018

Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação

A663u Araújo, Alan Nóbrega Dantas de.

Uso de realidade aumentada como auxílio para concepção de projetos arquitetônicos em BIM: experimentos de pesquisa aplicada desenvolvida em disciplinas de modelagem e BIM no curso de arquitetura e urbanismo da UFPB entre 2015

e 2017 / Alan Nóbrega Dantas de Araújo. - João Pessoa, 2018.

136 f.

ALAN NÓBREGA DANTAS DE ARAÚJO

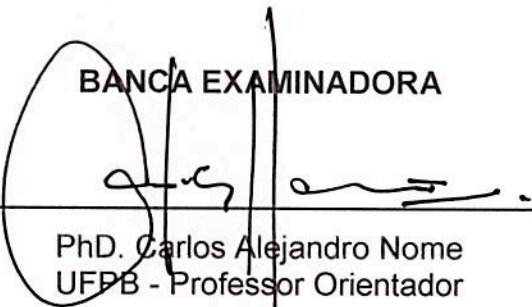
**USO DE REALIDADE AUMENTADA COMO AUXÍLIO PARA CONCEPÇÃO DE  
PROJETOS ARQUITETÔNICOS:**  
EXPERIMENTOS DE PESQUISA APLICADA DESENVOLVIDA EM DISCIPLINAS  
DE MODELAGEM E BIM NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DA  
UFPB ENTRE 2015 E 2017

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

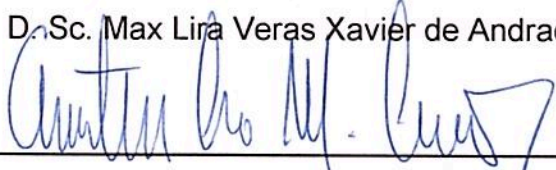
**Orientador:** Carlos Alejandro Nome, PhD.

João Pessoa, 15 / 02 / 2018

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
PhD. Carlos Alejandro Nome  
UFPB - Professor Orientador

\_\_\_\_\_  
D. Sc. Max Lira Veras Xavier de Andrade

  
\_\_\_\_\_  
D. Sc. Aristóteles L. M. Cordeiro

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 1.</b> REPRESENTAÇÃO SIMPLIFICADA DE UMA SEQUÊNCIA CONTÍNUA DE RV .....                                   | 26 |
| <b>FIGURA 2.</b> CURVA MACLEAMY .....                                                                               | 40 |
| <b>FIGURA 3.</b> LOD: NÍVEL DE DETALHE .....                                                                        | 43 |
| <b>FIGURA 4.</b> DIAGRAMA ESTRUTURA E SEQUÊNCIA DA DISSERTAÇÃO .....                                                | 48 |
| <b>FIGURA 5.</b> SEQUÊNCIA E AGRUPAMENTOS DOS EXPERIMENTOS .....                                                    | 51 |
| <b>FIGURA 6.</b> IMAGEM E MARCADORES TRADICIONAIS.....                                                              | 66 |
| <b>FIGURA 7.</b> MARCADORES PERSONALIZADOS .....                                                                    | 66 |
| <b>FIGURA 8.</b> MARCADORES PERSONALIZADOS .....                                                                    | 67 |
| <b>FIGURA 9.</b> MARCADOR PADRÃO DA AUGMENT .....                                                                   | 67 |
| <b>FIGURA 10.</b> MARCADORES PERSONALIZADOS PELOS ALUNOS.....                                                       | 69 |
| <b>FIGURA 11.</b> MARCADOR PADRÃO DO EXPERIMENTO.....                                                               | 69 |
| <b>FIGURA 12.</b> 3DSMAX - VERIFICAÇÃO DE POLÍGONOS E FACES .....                                                   | 71 |
| <b>FIGURA 13.</b> AUMENTATY AUTHOR - TELA DE IMPORTAÇÃO .....                                                       | 74 |
| <b>FIGURA 14.</b> AUMENTATY AUTHOR - FORMATO 3DS.....                                                               | 74 |
| <b>FIGURA 15.</b> AUMENTATY AUTHOR - FORMATO DAE .....                                                              | 75 |
| <b>FIGURA 16.</b> AUMENTATY AUTHOR - FORMATO OBJ.....                                                               | 75 |
| <b>FIGURA 17.</b> AUMENTATY AUTHOR - FORMATO 3DS .....                                                              | 76 |
| <b>FIGURA 18.</b> AUMENTATY AUTHOR - MODELO03.....                                                                  | 77 |
| <b>FIGURA 19.</b> ALUNOS APRESENTANDO PROJETO.....                                                                  | 79 |
| <b>FIGURA 20.</b> FIOS E CONEXÕES DE VÍDEO E ENERGIA .....                                                          | 82 |
| <b>FIGURA 21.</b> PROJEÇÃO DE IMAGEM EM RA.....                                                                     | 83 |
| <b>FIGURA 22.</b> ALUNA MANIPULANDO MODELO NO TABLET E VISUALIZANDO NA PROJEÇÃO .....                               | 83 |
| <b>FIGURA 23.</b> ALUNOS SE AJUDANDO, SEGURANDO O TABLET.....                                                       | 84 |
| <b>FIGURA 24.</b> APRESENTAÇÃO DE PROJETO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE RA .....                                        | 84 |
| <b>FIGURA 25.</b> TABLET FIXADO EM TRIPÉ E LIGADO VIA WI-FI.....                                                    | 87 |
| <b>FIGURA 26.</b> BASE PARA FIXAÇÃO DO TABLET NO TRIPÉ .....                                                        | 87 |
| <b>FIGURA 27.</b> TABLET APONTADO PARA NOTEBOOK .....                                                               | 89 |
| <b>FIGURA 28.</b> INSERÇÃO DE DESENHO EM QUADRO NA IMAGEM PROJETADA EM RA.....                                      | 89 |
| <b>FIGURA 29.</b> RABISCOS NO TABLET UTILIZANDO CANETA SAMSUNG.....                                                 | 89 |
| <b>FIGURA 30.</b> RABISCOS NO TABLET UTILIZANDO CANETA SAMSUNG.....                                                 | 90 |
| <b>FIGURA 31.</b> IMAGEM IMPRESSA APONTADA PARA TABLET .....                                                        | 91 |
| <b>FIGURA 32.</b> IMAGEM DO REVIT COM AS DUAS POSSIBILIDADES DE COMPARTILHAR INFORMAÇÕES COM O<br>MODELO EM RA..... | 93 |
| <b>FIGURA 33.</b> TESTE DE POSICIONAMENTO DE CENTRO E ESCALA.....                                                   | 94 |
| <b>FIGURA 34.</b> TESTE DE ESCALA - CUBOS DE 1 A 10CM.....                                                          | 95 |
| <b>FIGURA 35.</b> MARCADOR PERSONALIZADO COM ESCALA .....                                                           | 95 |
| <b>FIGURA 36.</b> TESTE DE ESCALA EM ESPAÇO REAL COM OBJETO DE 50X50CM .....                                        | 96 |
| <b>FIGURA 37.</b> MARCADOR AUGMENT ENCOSTADO NUM PONTO DO TERRENO DO PROJETO TESTE .....                            | 98 |

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>FIGURA 38.</b> MARCADOR AUGMENT LOCALIZADO NUM DOS CANTOS DO TERRENO.....                                                            | 99  |
| <b>FIGURA 39.</b> DIFICULDADE DE LEITURA DO MARCADO POR INCIDÊNCIA DIRETA DA ILUMINAÇÃO. ....                                           | 100 |
| <b>FIGURA 40.</b> MODELO VIRTUAL POSICIONADO COM DISTÂNCIA DO MARCADOR EM TERRENO REAL.....                                             | 100 |
| <b>FIGURA 41.</b> MODELO VIRTUAL POSICIONADO COM DISTÂNCIA DO MARCADOR EM TERRENO REAL – VISÃO<br>SUPERIOR .....                        | 101 |
| <b>FIGURA 42.</b> BLOCO DE SALA DE AULAS CTE .....                                                                                      | 104 |
| <b>FIGURA 43.</b> MODELO INSERIDO SOBRE MAQUETE ESQUEMÁTICA DE ENTORNO EXISTENTE COM ANOTAÇÕES<br>SOBRE O PROJETO FEITAS NO TABLE ..... | 107 |
| <b>FIGURA 44.</b> INTERAÇÃO ALUNO E PROFESSOR / MAQUETE FÍSICA / RA E TABLET.....                                                       | 107 |
| <b>FIGURA 45.</b> DISCUSSÃO DO PROJETO E DESENHO NA PROJEÇÃO EM QUADRO BRANCO .....                                                     | 108 |
| <b>FIGURA 46.</b> MODELO GEOREFERENCIADO DE ALUNA – VISTA DO OBSERVADOR A PARTIR DA PASSARELA .....                                     | 110 |
| <b>FIGURA 47.</b> MODELO GEOREFERENCIADO DE ALUNO – VISTA DO CORREDOR DO PAVIMENTO 1 DO CTH .....                                       | 110 |
| <b>FIGURA 48.</b> VISÃO INTERNA DE UM MODELO GEOREFERENCIADO DE ALUNO .....                                                             | 111 |
| <b>FIGURA 49.</b> ALUNO AJUSTANDO POSICIONAMENTO DO PROJETO .....                                                                       | 111 |
| <b>FIGURA 50.</b> AUGMENT - UPLOAD DE MODELO.....                                                                                       | 133 |
| <b>FIGURA 51 -</b> AUGMENT - CARREGANDO MODELO .....                                                                                    | 133 |
| <b>FIGURA 52.</b> AUGMENT - PUBLICANDO MODELO .....                                                                                     | 134 |
| <b>FIGURA 53.</b> AUGMENT - ABRINDO MODELO .....                                                                                        | 134 |
| <b>FIGURA 54.</b> AUGMENT - SELECIONANDO O MODELO .....                                                                                 | 134 |
| <b>FIGURA 55.</b> AUGMENT - VISUALIZANDO O MODELO.....                                                                                  | 135 |
| <b>FIGURA 56.</b> AUGMENT - MODELO ROTACIONADO .....                                                                                    | 135 |
| <b>FIGURA 57.</b> ARMEDIA - PLUGIN 3DSMAX .....                                                                                         | 136 |
| <b>FIGURA 58.</b> ARMEDIA - CONFIGURAÇÕES.....                                                                                          | 136 |
| <b>FIGURA 59.</b> ARMEDIA - CONFIGURAÇÕES.....                                                                                          | 137 |
| <b>FIGURA 60.</b> ARMEDIA - CONFIGURAÇÕES.....                                                                                          | 137 |
| <b>FIGURA 61.</b> ARMEDIA - CONFIGURAÇÕES DE GEOREFERENCIAMENTO .....                                                                   | 138 |
| <b>FIGURA 62.</b> ARMEDIA - SELECIONANDO MODELO EXPORTADO.....                                                                          | 138 |
| <b>FIGURA 63.</b> ARMEDIA - GEOREFERENCIAMENTO MANUAL.....                                                                              | 139 |
| <b>FIGURA 64.</b> ARMEDIA - CONFIGURAÇÕES DE VISUALIZAÇÃO.....                                                                          | 139 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 01.</b> Sujeitos, locais, instrumentos e objetivos ..... | 54 |
| <b>Tabela 02.</b> Aplicativos de RA .....                          | 56 |
| <b>Tabela 03.</b> Tamanhos, faces e tipos de arquivo .....         | 62 |
| <b>Tabela 04.</b> Coleta e análise dos dados .....                 | 72 |

## GLOSSÁRIO E LISTA DE ABREVIATURAS

**2D** - Duas Dimensões

**3D** - Três Dimensões

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**AEC** - Arquitetura, Engenharia e Construção. Às vezes utilizado como AECO, incluindo Operação

**AIA** - American Institute of Architects (Instituto Americano de Arquitetos)

**App** - Aplicativo para aparelhos móveis

**AR** - Augmented Reality

**Avatar** - Personagem virtual representando a si mesmo ou outros com os quais se possa interagir

**BIM** - Building Information Modeling ou Modelagem Informativa da Construção

**CAD** - Computer Aided Design

**CT** - Centro de Tecnologia

**CTE** - Centro de Tecnologia Bloco E

**CTH** - Centro de Tecnologia Bloco H

**EC** - Estudos de caso do plano experimental

**Família de Revit** - Arquivo com extensão rfa semelhante a blocos do AutoCAD que podem ser salvos externamente e carregados em outros projetos com parâmetros informativos

**LOD** - Level of Detail ou Nível de Detalhamento. Representa o nível de detalhamento de um modelo em BIM baseado nas nomenclaturas do AIA. No interesse dessa pesquisa, considera-se níveis de LOD até 200

**Head Mounted** - Equipamentos de VR montados sobre a cabeça

**Marcador** - Código visual (similar a códigos de barras ou QR Codes) que os aplicativos utilizam para fazer leitura e posicionar modelo virtual sobre ele

**Mobile** - Também utilizado como dispositivo ou aparelho mobile traduz-se em dispositivos móveis como tablets e celulares

**Modelos Informativos** - Modelos 3D com informações diversas atreladas à sua

geometria. Termos também utilizados como Modelos em BIM

**Modelos em BIM** - Modelos 3D com informações diversas atreladas à sua geometria.

Termos também utilizados como Modelos Informativos

**PPGAU** - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

**RA** - Realidade Aumentada. Forma de apresentação e visualização em que o participante pode interagir ou observar objetos e cenários virtuais ao mesmo tempo que visualiza o mundo real. Também descrito em alguns momentos no texto com abreviação na língua inglesa: AR (Augmented Reality)

**Render** - Imagem do projeto que tende a expressar uma versão com acabamentos e texturas mais aproximados ao projeto real

**RFA** - Extensão de arquivo de família salvo no Autodesk Revit

**RVT** - Extensão de arquivo de família salvo no Autodesk Revit

**RV** - Realidade Virtual. Forma de apresentação em que o participante se encontra de maneira imersiva em um mundo virtual, geralmente sem visão do mundo real. Também descrito em alguns momentos no texto com abreviação na língua inglesa: VR (Virtual Reality)

**Tracker** - O mesmo que Marcador, mas com terminologia inglesa

**Trackless** - Sistema que não exige uso de marcadores para posicionar modelo 3D no cenário real

**UFPB** - Universidade Federal da Paraíba

**VR** - Virtual Reality. O mesmo que RV (Realidade Virtual), mas com abreviação de terminologia em língua inglesa

## RESUMO

Esta dissertação analisa formas de como a Realidade Aumentada (RA) pode auxiliar no processo de concepção de projetos arquitetônicos em ambiente de ensino de Projeto de Arquitetura. Busca identificar, caracterizar e compreender as vantagens e desvantagens, as dificuldades e os potenciais no uso da RA sob aspectos de uso de hardware, software, da utilização durante o processo de concepção arquitetônica e da aceitação dos alunos. Tecnologias de RA estão em constante desenvolvimento, mas ainda são pouco exploradas quanto a seus benefícios e potenciais aplicados à Indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) para concepção de projetos arquitetônicos no ensino de graduação em Arquitetura. Além disso, a constante necessidade de aperfeiçoar processos de desenvolvimento de projeto é amplamente debatida, o que pode justificar o estudo de RA quanto a seu uso em termos de oportunidades imediatas, demandas e potenciais. Aplicam-se os experimentos desta dissertação em três disciplinas: Modelagem e Prototipagem (Pós Graduação em arquitetura e Urbanismo - PPGAU); Projeto IV e Modelagens 3D (graduação de Arquitetura e Urbanismo - UFPB). O estudo consiste em pesquisa aplicada, com objetivos de natureza exploratória e experimental. Desenvolvem-se sete experimentos exploratórios utilizado na definição do experimento final. Nos dois primeiros, explora-se técnicas de uso instrumental, dispositivos móveis, limites das ferramentas, situação ideal de iluminação e leitura de marcadores; A seguir outros dois experimentos abordam o uso de RA e BIM (*Building Information Modeling*) em ambiente de concepção de projeto arquitetônico; por fim, nos três experimentos finais, analisa-se as ferramentas em busca de soluções aos problemas sobre o uso de RA detectados em ateliê de projeto. BIM, no interesse desta pesquisa é tratado como uma base que pode ser utilizada no contexto de RA. Isto deve-se consideração dos aspectos tangíveis ao desenvolvimento do modelo informacional e 3D dos edifícios. A partir dos sete experimentos iniciais ajustou-se o protocolo de experimentação final, sugerindo-se melhorias em diversos pontos considerados como dificuldades na utilização de RA nas fases de elaboração de projetos arquitetônicos. No experimento final, participantes do estudo seguem protocolos para o desenvolvimento e a apresentação de seus projetos no que tange o uso de equipamentos e softwares. São apreciados desde o momento de orientação dos alunos junto ao professor até a apresentação e visualização dos resultados obtidos nas disciplinas. Dá-se a compreensão dos resultados de maneira qualitativa a partir de análises de procedimentos testados nos experimentos, observações diretas análises de questionários e discussão em grupo focal. Como resultado, apontam-se vantagens e desvantagens, bem como potenciais e dificuldades atuais no uso das ferramentas de RA durante o processo de concepção de projetos. Diante do analisado, conclui-se como viável a utilização da RA, desde que adaptada e de acordo com os protocolos que tornem seu uso adequado para uma utilização mais fluida por parte dos alunos.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada. BIM. Arquitetura. Ensino de Arquitetura.

## ABSTRACT

This thesis analyzes how Augmented Reality (AR) can help the architectural design process in Architecture Project teaching environment. It seeks to identify, characterize and understand the advantages and disadvantages, difficulties and potentials in use of AR under aspects of hardware, software, use during the architectural design process and student acceptance. AR technologies are in constant development, but least explored as to their benefits and potential applied to the AECO Industry (Architecture, Engineering, Construction and Operation) for designing architectural projects in undergraduate teaching of Architecture. Besides, the constant need to improve project development processes is widely debated, which may justify AR study on immediate opportunities, demands, and potentials. The experiments of this dissertation are applied in three disciplines: Modeling and Prototyping (Postgraduate Program in architecture and Urbanism - PPGAU); Project IV and 3D Modeling (graduation of Architecture and Urbanism - UFPB). The thesis is an applied research, with exploratory and experimental objectives. Seven exploratory experiments are made to define the final experiment. The first two experiments explore techniques of instrumental use, mobile devices, limits of tools, ideal situation of illumination and reading of markers are explored; The following two experiments deal with AR and BIM (Building Information Modeling) used on architectural project design environment; Finally, the three final experiments analyzes the tools to find solutions regarding the use of AR detected in a project workshop. BIM in the interest of this research is treated as a base that can be used in the context of AR. This is due consideration of the tangible aspects on 3D model and building development with potential information. From the seven initial experiments to the final experiment, the protocols were adjusted with improvements in some points considered as difficulties of AR use, during phases of elaboration of architectural projects. In the final experiment, study participants follow protocols for the development and presentation of their projects regarding the use of equipment and software. They are appreciated from the moment of orientation of the students with the teacher until the presentation and visualization of the results obtained in the disciplines. It is possible to understand the results in a qualitative way from analysis of procedures tested in the experiments, direct observations, questionnaire analyzes and focus group discussion. As a result, advantages and disadvantages, as well as current potentials and difficulties with AR tools during the project design process are pointed out. AR using, in this context, was concluded as viable, since adapted according to the protocols that make its use suitable for a more fluid use by the students.

**Keywords:** Augmented Reality. BIM. Architecture. Architecture teaching.

## SUMÁRIO

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                          | <b>16</b> |
| 1.1 OBJETIVOS .....                                                                | 19        |
| 1.2 JUSTIFICATIVA.....                                                             | 20        |
| <b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                              | <b>24</b> |
| 2.1 Sobre o Estado da Arte do Uso de BIM e RA.....                                 | 24        |
| 2.2 Sobre as tecnologias e conceitos de RA e RV e seus conceitos .....             | 25        |
| 2.3 RA utilizada para auxiliar no ensino .....                                     | 28        |
| 2.4 RA utilizada em experimentos diversos.....                                     | 29        |
| 2.5 Sobre Métodos de projetos, soluções e suas incertezas .....                    | 29        |
| 2.6 Sobre representar projetos em diversas formas.....                             | 31        |
| 2.7 RA aliada ao BIM.....                                                          | 34        |
| 2.8 Sobre as vantagens do BIM para visualização e entendimento do projeto.....     | 38        |
| 2.9 Referencial Teórico: Principais Pontos.....                                    | 44        |
| <b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>                                          | <b>45</b> |
| 3.1 Características metodológicas.....                                             | 45        |
| 3.1.1 Estrutura da pesquisa .....                                                  | 48        |
| 3.1.2 Locais, sujeitos, instrumentos e objetivos .....                             | 53        |
| 3.2 Coleta de dados.....                                                           | 55        |
| 3.2.1 Capacitação e Investigação Ferramental.....                                  | 57        |
| 3.2.2 Observações diretas .....                                                    | 57        |
| 3.2.3 Questionários .....                                                          | 58        |
| 3.2.4 Entrevistas – Grupo Focal.....                                               | 58        |
| 3.3 Análises e interpretação dos dados.....                                        | 59        |
| 3.3.1 Análise Formal de Conteúdo.....                                              | 59        |
| 3.3.2 Análise Comparativa.....                                                     | 60        |
| 3.3 Pesquisa e definição dos softwares e aplicativos.....                          | 61        |
| <b>4. Resultados .....</b>                                                         | <b>64</b> |
| 4.1 Experimento 01 - Uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados..... | 65        |
| 4.1.1 Protocolo do experimento.....                                                | 68        |
| 4.1.2 Resultados.....                                                              | 69        |
| 4.2 Experimento 02 - RA – Exportação e Uso em Aplicativos Mobile .....             | 70        |
| 4.2.1 Protocolo de Exportação do 3DsMax e verificação de arquivo.....              | 71        |
| 4.2.2 Protocolos Específicos de Teste de Software.....                             | 73        |
| 4.2.3 Resultados dos Experimentos de importação e exportação.....                  | 77        |

|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3 Experimento 03 – Uso de RA durante apresentação de partido arquitetônico .....  | 78         |
| 4.3.1 Resultados Experimento 03 .....                                               | 81         |
| 4.3.2 Constações para considerar na sequência das experimentações.....              | 85         |
| 4.4 Experimento 04 – Orientação de Projeto .....                                    | 85         |
| 4.4.1 Resultados Experimento 04 .....                                               | 91         |
| 4.5 Experimento 05 - Extração de informações do modelo em BIM e uso em RA .....     | 92         |
| 4.6 Experimento 06 - Teste de escala e posicionamento .....                         | 93         |
| 4.6.1 Resultados Experimento 06 .....                                               | 96         |
| 4.7 Experimento 07 - Uso de RA com modelo locado no entorno .....                   | 97         |
| 4.8 EXPERIMENTO FINAL .....                                                         | 102        |
| 4.8.1 Treinamento de ferramenta BIM (Autodesk Revit).....                           | 103        |
| 4.8.2 Estudos de volumetria e definições funcionais .....                           | 104        |
| 4.8.3 Proporção com entorno real com locação georeferenciada e espaços internos.... | 108        |
| 4.9 Aplicação de Questionários e Grupo Focal .....                                  | 112        |
| 4.9.1 Questionários qualitativos .....                                              | 112        |
| 4.9.2 Grupo Focal .....                                                             | 114        |
| <b>5. Discussão dos resultados .....</b>                                            | <b>118</b> |
| 5.1 Dificuldades, Facilidades e Potencialidades .....                               | 118        |
| 5.1.1 Dificuldades gerais .....                                                     | 121        |
| 5.1.2 Facilidades.....                                                              | 122        |
| 5.1.3 Potencialidades de uso RA .....                                               | 123        |
| <b>6. Considerações Finais.....</b>                                                 | <b>124</b> |
| <b>Referências .....</b>                                                            | <b>126</b> |
| <b>Apêndices.....</b>                                                               | <b>129</b> |
| Apêndice 01 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....                       | 129        |
| Apêndice 02 – Questionários.....                                                    | 130        |
| Questionário 2.1 – Perguntas sobre o projeto .....                                  | 130        |
| Questionário 2.2 - Adequação de modelo em BIM ao aplicativo Augment.....            | 130        |
| Questionário 2.3 – Uso e manipulação do Modelo no Augment.....                      | 130        |
| Questionário 2.4 – Perguntas sobre o projeto .....                                  | 131        |
| Apêndice 03 – Protocolo de uso do Aplicativo Augment .....                          | 132        |
| Protocolo de Exportação de Modelo .....                                             | 132        |
| Protocolo de upload do modelo no site do Augment .....                              | 133        |
| Apêndice 04 – Protocolo de uso do Aplicativo AR-Media .....                         | 136        |
| Apêndice 05 – Protocolo de parâmetros de informação do modelo em BIM .....          | 140        |

## 1 INTRODUÇÃO

O que é Realidade Aumentada (RA)? Como o aluno de arquitetura se porta diante das oportunidades resultantes da combinação de tecnologias de RA+BIM (*Building Information Modeling*)? Ele pode otimizar o processo de concepção de seus projetos arquitetônicos? O uso de RA e BIM podem influenciar os métodos de concepção de projeto? Essas são algumas das perguntas que esta dissertação busca explorar através de experimentos práticos que apontem soluções para abordagens de ensino que contemplem o uso de RA e BIM como auxílio para o processo de concepção de projetos.

Assim sendo, são avaliadas formas de utilização da Realidade Aumentada de maneira a agregar valor e auxiliar o processo de concepção e apresentação de projetos arquitetônicos. Identificam-se as possibilidades de uso de ferramentas de RA e analisam-se formas de explorar seu uso de maneira otimizada e eficiente por meio da aplicação em disciplinas dos cursos de Graduação e do Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Assim, a pesquisa se caracteriza como sendo de natureza aplicada, experimental e exploratória. O estudo é desenvolvido a partir de sete experimentos iniciais que lidam com as dificuldades do processo de utilização da tecnologia de RA com a finalidade de facilitar o uso de RA na experimentação final. Dessa maneira, estrutura-se nas seguintes etapas de desenvolvimento:

- Pesquisa bibliográfica;
- Pesquisa e definição de ferramentas (equipamentos e aplicativos);
- Plano experimental;
  1. Uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados;
  2. RA – Exportação e uso em Aplicativos;
  3. Uso de RA durante apresentação de partido arquitetônico;
  4. Uso de RA durante orientação de projeto;
  5. Extração de informações do modelo em BIM e uso em RA;
  6. Teste de Escala;
  7. Uso de RA com modelo Georeferenciado ou marcador *in-loco*;
- Experimento Final
- Treinamento de ferramenta BIM

- Estudos de volumetria e definições funcionais
- Orientação de Projeto
- Coleta e Análise dos dados
  - Observação Pessoal / Análise Formal de Conteúdo
  - Observação Estruturada / Análise Comparativa
  - Questionários / Análise Comparativa
  - Entrevistas - Grupo Focal / Análise Comparativa

Nos experimentos gradativamente apontam-se diretrizes para melhor contornar desvantagens e dificuldades do uso da tecnologia de RA em cenários de projeto. Desta forma viabiliza-se o experimento final, aplicado à disciplina Modelagens 3D devido ao seu foco na elaboração de projetos e na utilização de modelos em BIM como base.

Entende-se que o uso de RA é uma tecnologia que adiciona uma etapa ao processo projetual. O modelo tridimensional gerado em softwares de projeto, é usado como base, porém, necessita alguns passos até que a visualização em RA seja alcançada. Por ser tecnologia nova para a maioria dos alunos cursando disciplinas de projeto, avalia-se como os eles aceitam a RA. Isto implica em entender se os alunos consideram RA bem inserida em um método com processos fluidos em suas formas de pensar, interagir, modificar, propor e apresentar ideias de projeto arquitetônico.

“The questions we must ask ourselves are how well has this new traditional design process served us and will it change? It has, indeed, always been undergoing a certain amount of change, and there are signs that many designers are now searching for a new, as yet ill-defined, role in society. Why should this be?” (Lawson,2005, p.25)

De acordo com Lawson devemos nos perguntar o quão bem os novos métodos de desenvolvimento de projetos nos serviram e se eles irão mudar.

Comumente utiliza-se distintos métodos, técnicas, e ferramentas durante o desenvolvimento de projetos arquitetônicos. São utilizados meios impressos, desenhos em 2D ou imagens, mas apesar disso, percebe-se uma crescente preferência na utilização de modelos 3D. O uso de modelos 3D visualizados em RA está em plena fase de desenvolvimento e aperfeiçoamento por diversos pesquisadores em todo o mundo apontando essas tecnologias como uma tendência.

Em consequência ao aumento do uso de modelos 3D no processo projetual, considera-se pertinente o uso de modelos 3D informacionais da construção (BIM).

Em diversos artigos confirma-se eficientes formas de utilizar RV e RA como facilitadores do ensino. Em Ibáñez et al. (2014); Dunleavy, Dede e Mitchell (2009); Shin et al. (2013); de uso experimental em diversas áreas como em Dong et al. (2014), Nee et al. (2012), Cruz et al. (2005) e no uso de RA aliada ao BIM como em Meža, Turk e Dolenc (2013) e Wang et al. (2014).

“Sistemas RA permitem que os aprendizes possam interagir com o mundo real de maneiras não possíveis anteriormente. Eles criam novas situações que poderiam ser impossíveis de criar no mundo real ou apenas no ambiente digital.” (CUENDET et al., 2013, p.1).

Trabalha-se com modelos em BIM pelo fato de permitirem maior assertividade nos projetos desenvolvidos e por possibilitarem a consulta do componente informativo atrelado aos elementos construtivos. Isto é algo que não é automatizado ou mesmo possível em desenhos 2D ou modelos 3D convencionais. Investiga-se, inclusive, em um dos experimentos do presente estudo maneiras de possibilitar a extração dessas informações para utilização em RA.

De acordo com Eastman et al. (2014, p. 1) o BIM “é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)” por criar modelos precisos digitalmente, para posterior uso em obra. Apesar do contexto de concepção de projeto ser o foco do presente estudo, entende-se que o BIM apenas se torna completo ao ser utilizado na execução e posterior manutenção do edifício.

“Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrado que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzidos.” (EASTMAN et al., 2014, p.1).

Os modelos em BIM, no interesse dessa pesquisa, consideram-se os aspectos tangíveis ao desenvolvimento do modelo 3D para subsequente utilização com RA durante a elaboração do projeto arquitetônico.

Os sete experimentos propostos consistem no uso de múltiplas técnicas como observações diretas, uso de questionários, bem como, no experimento final, o uso de questionários a observação direta e grupo focal. Dessa forma a dissertação busca

compreendem as possibilidades e potencialidades das ferramentas e o entendimento das vantagens e desvantagens sob o ponto de vista dos alunos e professores sobre o uso dessa tecnologia. Os objetivos da pesquisa respondem aos questionamentos aqui apresentados.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Avaliar como a Realidade Aumentada pode auxiliar no processo de concepção e apresentação de projetos arquitetônicos na disciplina Tópicos Especiais Modelagens 3D que utiliza o BIM como base.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar e testar possibilidades no uso de RA aplicada ao contexto de concepção projeto;
- Compreender vantagens, desvantagens, dificuldades e potencialidades no uso RA para auxiliar concepção de projetos arquitetônicos;
- Propor diretrizes para otimização de procedimentos de uso de RA durante as etapas de concepção de projeto arquitetônico;
- Avaliar a aceitação na utilização de RA por parte dos alunos.

### **Pressupostos e Hipótese**

Baseado no estado da arte sobre RA aplicada ao contexto de ensino e no conhecimento empírico referente a essas tecnologias desenvolve-se esta dissertação. Tomam-se dois pressupostos principais e uma hipótese a ser testada no desenvolvimento dos experimentos propostos, a saber:

1. RA facilita a visualização de objetos e situações em diversas áreas de conhecimento, inclusive na AEC, auxiliando o usuário do ambiente real com informações virtuais;
2. RA não substitui outros métodos de visualização e apresentação de projeto, como, por exemplo, as impressões 2D ou 3D, maquetes físicas, visualizações em softwares 3D ou imagens renderizadas.

Com estes pressupostos, entende-se como hipótese que: é possível identificar formas de utilizar RA de maneira prática no dia a dia em disciplinas de Projeto Arquitetônico e que auxiliem o aluno durante o processo de concepção de seus projetos.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Tecnologias de Realidade Aumentada estão em constante desenvolvimento, mas ainda são pouco exploradas quanto a seus benefícios e potenciais especialmente aplicados na Indústria AEC para concepção de projetos arquitetônicos no ensino de graduação. Além disso, a constante necessidade de aperfeiçoar ou mesmo substituir processos de desenvolvimento de projeto é amplamente debatida e colocada em prática. Nesse contexto, formas de apresentação em RA podem ter seu uso explorado sob aspectos de possibilidades, demandas e potenciais em diversas áreas. Portanto, trabalhar essa alternativa no ambiente de ensino voltado à arquitetura torna-se fundamental.

A presente pesquisa encontra justificativa no âmbito do uso de novas tecnologias computacionais, RA e BIM combinados a partir do seu potencial para auxiliar nos processos de concepção de projetos.

Ao permitir ao usuário a possibilidade de interação com objetos virtuais percebe-se uma experiência mais prática e um aprendizado mais facilitado. Dessa maneira, o processo torna-se mais real que quando considerando apenas leituras de manuais ou visualizações de imagens e vídeos, por exemplo. “Sistemas RA permitem o estudante a interagir com o mundo real de maneira que poderia não ser possível antes”. (CUENDENT, 2013, p. 557).

Um profissional, seja ele o arquiteto, engenheiro, pedreiro ou carpinteiro, ao ter a possibilidade de interagir com seu objeto de trabalho ou mesmo visualizar informações em tempo real, virtualmente, ele obtém uma experiência mais próxima à que teria ao vivenciá-lo fisicamente. Pode-se, por outro lado, adicionar a vantagem de que ele pode repetir o processo quantas vezes for necessário, sem que haja custo com desperdício de materiais. Como comumente aconteceria se tivesse que reconstruir uma parede fisicamente ou demolir um componente recém executado e reiniciar o processo, por exemplo.

Enquanto que com a maioria dos aplicativos de RA apenas se permite a visualização e manipulação do modelo virtualmente ou de seu marcador, em outros possibilita-se também visualizações de animações a partir do modelo 3D ou de imagens que permitem enriquecer o projeto com informações e referências. Adicionalmente existem aplicativos que permitem programação de maneira mais direcionada e adaptável a diversos usos e possibilidades como em interligações com o modelo em BIM.

Enquanto essas tecnologias são aperfeiçoadas e os dispositivos que as reproduzem são produzidos em larga escala, há uma redução de custos na aquisição desses equipamentos, tornando-os mais populares e aceitos. Com um modelo tridimensional e um celular ou monitor de computador já se torna possível visualizar objetos em Realidade Aumentada através da sobreposição de um objeto virtual ao espaço real.

O uso da Realidade Aumentada permite uma infinidade de possibilidades e, por esse motivo, sua utilização tem sido amplamente pesquisada em diversas áreas e indústrias como, a indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), automobilística, design, medicina, navegação, entre outras. De acordo com os estudos de autores como Ibáñez et al. (2014); Dunleavy, Dede e Mitchell (2009); Shin et al. (2013) existem várias formas eficientes de utilizar RV e RA como facilitadores do ensino. Além das ideias de Dong et al. (2014), Nee et al. (2012), Cruz et al. (2005) sobre o uso de RA aliada ao BIM como em Meža, Turk e Dolenc (2013) e Wang et al. (2014). Considerando também os usos diversos de RA, temos ainda os estudos do Intelligent Manufacturing (1995); Kreitler (1995); Simulation (1997); Brunetti (2000).

Segundo Carmigniani et al. (2011, p. 342), “tecnologias RA melhoram a percepção do usuário e a interação com o mundo real” e complementa:

“Enquanto que há diversas possibilidades para utilizar RA de maneira inovativa, consideramos quatro tipos de aplicações em que são usadas mais corriqueiramente em pesquisas em RA: comercial, entretenimento e educação, medicina e aplicações móveis” (CARMIGNIANI et al., 2011, p. 358)

O foco da disciplina, objeto empírico desta dissertação, é o desenvolvimento de projetos arquitetônicos que utilizam como base modelos 3D em softwares BIM. Por isso, optou-se por trabalhar inserido no contexto BIM, pois demandam soluções de projetos em etapas iniciais do processo de concepção, além de fornecer projetos

integrados e compatibilizados, auxiliando numa solução projetual mais assertiva. É de senso comum que projetos melhor concebidos podem gerar uma série de vantagens nos estágios de execução e operação do edifício.

Um projeto em BIM tem o potencial de abranger diversas disciplinas, desde a arquitetura até os projetos de engenharia como o elétrico, hidrossanitário, estrutura, infraestrutura, climatização, combate a incêndio, entre outros. Além disso, projetos executados em BIM, podem ser mais facilmente compatibilizados e integrados de maneira a formalizar uma construção virtual, contendo informações atreladas a cada elemento do modelo. Essas informações podem ser acerca do material; do fabricante; do uso e/ou dos demais elementos e detalhes construtivos.

Existem diversos softwares que auxiliam no desenvolvimento de construções virtuais em BIM. Entre os softwares de modelagem BIM os mais disseminados são o ArchiCAD, Revit, Vectorworks e Allplan. Para os fins do presente estudo optou-se pelo uso do Autodesk Revit 2017 para utilização na Disciplina Modelagens 3D e para experimentações desta dissertação.

Trabalhar com BIM e RA exige mudanças e adaptação nos processos projetuais tradicionais apoiados na utilização de instrumentos de desenho à mão livre ou softwares CAD. Para melhor compreender essa demanda, discutem-se as considerações de Lawson e Zevi sobre as áreas de representação e processos de projeto.

Segundo Lawson (2005) métodos de projetos estão em constante processo de aperfeiçoamento, pois não existem métodos únicos e sim diversos caminhos para se atingir os resultados esperados. Zevi (1996) apresenta vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de representação. Argumenta também que poderiam ser mescladas para a obtenção de melhores resultados. É comum a necessidade de aperfeiçoar e atualizar processos para minimizar problemas em compensação às limitações de determinado método. Em uma imagem, por exemplo, é impossível entender a totalidade de um projeto; em um vídeo, não há como interagir com o objeto de estudo, fazer anotações, desenhar ou, ainda, mudar o percurso das câmeras.

Assim sendo, dado o contexto exposto, estudar formas de uso da RA no processo de concepção de projetos arquitetônicos como um complemento que agrega valor ao processo, torna-se pertinente. A partir da execução de sete experimentos, com a finalidade de entender potencialidades e limitações de RA no desenvolvimento

de projetos, é possível caracterizar um processo de aplicação viável do uso em questão.

A pesquisa foi desenvolvida em disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo com testes do uso de RA durante as fases iniciais de concepção de projetos de arquitetura. A disciplina selecionada para aplicação do experimento final tem foco no aprendizado de ferramentas de modelagem BIM, especificamente o Autodesk Revit, por meio do desenvolvimento de projetos arquitetônicos. O tema de projeto da disciplina foi o desenvolvimento de uma biblioteca setorial. A pesquisa desenvolveu os experimentos iniciais na disciplina de Modelagem e Prototipagem do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo e a partir do estágio docência na disciplina Projeto de Edificações IV do Curso de Graduação Arquitetura e Urbanismo. Em todos os momentos citados, o professor orientador desta pesquisa também foi professor das disciplinas.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo, demonstra-se os aspectos teóricos que embasam o uso de Realidade Aumentada em contextos de concepção de projeto, mais especificamente em sala de aula. Tem como objetivo principal discutir temas específicos que são apresentados em sete subcapítulos, conforme abaixo:

- Uso das tecnologias de RA e RV e seus conceitos;
- RA utilizada para auxiliar no ensino;
- RA utilizada em experimentos diversos;
- Métodos de projetos, soluções e suas incertezas;
- Representação de projetos em diversas formas;
- RA aliada ao BIM;
- Vantagens do BIM para visualização e entendimento de projetos.

Nos subcapítulos correspondentes foi trabalhado desde o uso da ferramenta, abrangência e necessidade de adaptações a processos de projeto, em função de desenvolvimentos tecnológicos e suas potencialidades. Também foi trabalhado formas de utilizar modelos BIM para auxiliar no processo de concepção de projeto quando aliada às ferramentas de RA.

Em cada um dos subcapítulos serão discutidas as ideias de um autor principal que norteia a discussão e de autores com ideias que adicionam a essas discussões. Neles aponta-se os principais fatores que agregam ao desenvolvimento dessa pesquisa sobre os aspectos conceituais, metodológicos ou de experimentação prática, bem como eles podem ser utilizados em seu desenvolvimento.

### **2.1 Sobre o Estado da Arte do Uso de BIM e RA**

Baseado na análise do estado da arte é possível visualizar uma concepção mais ampla do que se tem experimentado no uso da RA e RV em diversas áreas. Entre elas pode-se citar a indústria AEC; BIM; Medicina; Design de produtos; Indústria do Entretenimento de uma maneira ampla; nas áreas com foco em vendas e marketing ou no ensino; mostrando a vantagens do uso dessas tecnologias como forma de facilitar o entendimento; aperfeiçoamento e participação dos grupos em um ambiente acadêmico.

Nesta coleta e pesquisa, foram selecionados alguns dos artigos com maior proximidade ao tema, seja no aspecto da abordagem, da metodologia ou dos resultados obtidos. Nos próximos tópicos apresentam-se, exclusivamente, discussões sobre os resultados e métodos utilizados pelos autores com foco nos principais pontos que interessam a esta pesquisa. Alguns dos artigos foram utilizados como base para uma discussão mais ampla, enquanto outros são citados como exemplos situacionais.

Para melhor compreensão, os artigos foram categorizados em: RA utilizada no ensino; experimentos diversos e discussões voltadas ao BIM, analisados da seguinte forma: quem, o quê, como e resultados.

## **2.2 Sobre as tecnologias e conceitos de RA e RV e seus conceitos**

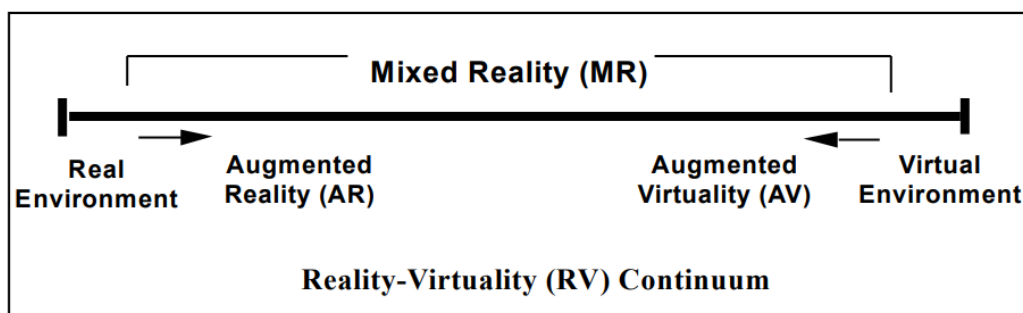
Neste item trata-se conceitos inerentes às formas de visualizar o edifício com RA e RV com informações pesquisadas em diversos artigos e livros que abordam as tecnologias que envolvem esta pesquisa.

A tecnologia da comunicação e multimídia está em acelerado avanço. A princípio, a criação câmara fotográfica que captava imagens em preto e branco, e mais tarde, imagens coloridas; posteriormente as câmeras analógicas seguidas das atuais que captam imagens digitalmente em altíssima resolução. Capturá-las de maneira estática não foi suficiente, então filmadoras que permitiam capturar imagens sequenciadas e com áudio foram inventadas. O mercado de jogos eletrônicos e cinematográfico buscam gráficos cada vez mais detalhados e próximos ao real criando realidades alternativas e imersivas. Hoje, com computadores mais rápidos e equipamentos que reproduzem a vida real em nível cada vez mais realístico é viável a existência de novas formas de visualizar os projetos com tecnologias como RA e RV.

Apesar desta pesquisa abordar situações de interatividade com RA, considera-se que a RV é tema afim em nossa pesquisa, pois se utiliza de conceitos semelhantes sob alguns aspectos de interação homem/computador e ambiente real/virtual. Para diferenciar as duas tecnologias é importante entender seus conceitos. Hoje é possível imersões em ambientes fictícios em forma de Realidade Virtual ou uma mescla entre o ambiente real e objetos virtuais.

Milgram et al. (1994, p. 283) questiona a relação entre RA e RV e responde em seguida que “é válido considerar os dois conceitos juntos (...), mas enxerga como mais conveniente visualizá-los em pontos opostos em uma sequência contínua”. Como representado em sua figura Figura 1.

**Figura 1.** Representação simplificada de uma sequência contínua de RV



*Fonte: MILGRAM et al., 1994, p. 283*

Assim, tem-se que:

“Realidade Virtual, Realidade Aumentada e suas variações representam técnicas de interface computacional que levam em conta o espaço tridimensional. Nesse espaço, o usuário atua de forma multissensorial, explorando aspectos deste espaço por meio da visão, audição e tato. Conforme a tecnologia disponível, é possível também explorar o olfato e o paladar. Percepções corpóreas, como frio, calor e pressão, estão incluídas no tato, através da pele.” (KIRNER e KIRNER, 2011, p.11).

Por outro lado, a Realidade Aumentada pode ser tratada como uma variação de RV mas, que se subdividem no campo da união entre real e Virtual:

“Tecnologias RV mantém o usuário completamente imersivo em um ambiente sintético. Enquanto imerso, o usuário não pode ver o mundo real ao seu redor. Em contraste, RA permite o usuário visualizar o mundo real, com objetos virtuais concomitantemente com o mundo real.” (AZUMA, 1997, p. 2)

## **Realidade Virtual**

Apesar da Realidade Virtual (RV) não ser trabalhada nos experimentos desta dissertação considera-se importante entender seus conceitos. Entre outras questões, é comum que se confunda RV com RA devido à proximidade da tecnologia e às formas de utilização com celulares, objetos virtuais e representações de espaços reais. RV é uma forma de apresentação na qual o participante se encontra de maneira imersiva em um mundo virtual mas, diferentemente da RA, sem visão do mundo real, exceto por simulações virtuais.

Considerando a funcionalidade, Realidade Virtual “é uma simulação em que computadores gráficos são utilizados para criar um mundo realístico. Além disso, o mundo sintético não é estático, ele responde aos comandos dos usuários (gesto, comandos verbais, etc)” (BURDEA e COIFFET, 2003, p.3). Além disso, pode-se explicar que

“A Realidade Virtual (RV) é uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, 6 Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações em ambientes tridimensionais gerados por computador. O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de realidade virtual, mas os outros sentidos, como tato, audição, etc. também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário.” (KIRNER e SISCOUTO, 2007, p. 6)

### **Realidade Aumentada**

Condiz na apresentação simultânea do virtual e o real. Enquanto uma câmera capta o ambiente real, um aparelho eletrônico, como um computador ou celular, geram o ambiente virtual por meio de imagens, sons, modelos 3D e, através desses aparelhos, é possível presenciar ambos os mundos unidos e visualizados como um só.

Define-se RA de diversas maneiras em pesquisas na área de Ciências da Computação e educação tecnológica. “É o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real”. (KIRNER e SISCOUTO, 2007, p. 10). Tori, Kirner e Siscoutto, (2006, p.24) complementam que RA “possui um mecanismo para combinar o mundo real com o mundo virtual; mantém o senso de presença do usuário no mundo real; e enfatiza a qualidade das imagens e a interação do usuário”.

“Realidade Virtual Aumentada (RA, Augmented Reality) e Realidade Virtual Melhorada (RM, Enhanced Reality) são duas áreas da RV que utilizam tecnologias específicas para aumentar o desempenho humano na realização de tarefas. A RA permite combinar imagens geradas no mundo virtual com imagens do mundo real por meio de um capacete parcialmente transparente provido de sensores. O objetivo é suplementar um cenário real com informações geradas pelo computador.” (NETTO, MACHADO e OLIVEIRA, 2000, p19).

### 2.3 RA utilizada para auxiliar no ensino

Nesta seção é realizada uma abordagem geral de diversos artigos na área de RA aliada ao ensino e aprendizagem, bem como relativos ao BIM. Os estudos analisados buscam a compreensão de utilização de RA em experimentos com professores e alunos a fim de avaliar em qual medida essas aplicações no ensino com RA afetam os níveis de apreciação e eficácia na aprendizagem em diversas áreas como verificado em Ibáñez et al. (2014); Dunleavy, Dede e Mitchell (2009) e Shin et al. (2013).

No primeiro experimento os autores Ibáñez et al. (2014) tiveram como intuito verificar o aprendizado dos princípios básicos de eletromagnetismo por parte de alunos do ensino médio. Para isso inscreveu estudantes de ensino médio para aferir o aprendizado antes e após os testes. Conclui-se que a realidade aumentada pode ser melhor explorada como uma alternativa eficaz de ensino. Além disso, a abordagem em RA permitia uma experiência mais ampla e promovia de maneira mais eficaz os conceitos do tema comparados àqueles que utilizavam aplicações baseadas apenas em websites ou livros.

Menciona-se em Dunleavy, Dede e Mitchell (2009) o crescimento do interesse de crianças e adolescentes por videogames e tecnologias móveis (como mp3 players, games portáteis e smartphones). Em seu experimento os autores utilizaram a RA em um contexto para avaliar simulações de imersão colaborativa. Para alunos e professores de turmas do ensino fundamental e médio foi desenvolvido o “*Alien Contact!*” que consistiu em um simulador RA que utilizava GPS e localizava o estudante no mundo real em comparação com o ambiente virtual.

Explora-se a escola, em grupos e em um ambiente de RA em que se entrevistam personagens virtuais e coletam-se itens digitais. Ao mesmo tempo, para descobrir onde pousaram os *aliens*, era necessário resolver problemas de matemática, línguas, e quebra-cabeças de literatura científica para investigar as pistas. Como resultado, a RA foi apontada como uma ferramenta promissora de ensino a ser implementada nos currículos de acordo com as demandas pedagógicas.

Comparou-se, em Shin et al. (2013), formas de utilizar edifícios não existentes em ambientes reais através da utilização de objetos 3D e da RA. Conduzido em salas de aula do Departamento de Engenharia Civil da *Inha University* com 48 alunos. Consistiu na montagem de um cenário composto por uma lona preta quadrada no chão onde em cima eram localizados dois objetos reais. No experimento comparativo,

os cenários eram iguais, mas o posicionamento de objetos modelados em 3D para um dos grupos e de marcadores e visualização em RA para o outro grupo. Em seguida, o objetivo era que os grupos remontassem a cena de acordo com o observado.

Após a análise gráfica dos resultados a conclusão foi que a representação em RA se apresenta como uma ferramenta que exige maior esforço inicial, mental e físico e que dificulta a percepção exata da escala e distância entre os objetos. Porém, os resultados são melhores do que a representação 3D no que diz respeito a precisão da imaginação do cenário proposto.

Nestes três artigos, percebe-se haver uma maior integração e engajamento entre alunos e professores num sistema que interliga o real com o virtual, tanto com a utilização de marcadores, quanto por georeferenciamento. Aplicam-se, a nossa pesquisa, sob aspectos de visualização de edifícios e informações virtuais agregadas a aplicativos em aparelhos móveis utilizando RA.

#### **2.4 RA utilizada em experimentos diversos**

Apesar desta pesquisa envolver o processo de concepção do projeto arquitetônico, considerar a aplicação de RA em temas diversos. Com isso, é possível compreender outras oportunidades advindas da tecnologia. Neste subcapítulo, analisou-se artigos com foco à base da RA para o uso de marcadores, equipamentos e ferramentas.

Em Nee et al. (2012) são apresentados diversos equipamentos como caves, aparelhos *head mounted* e meios utilizados pela AR para visualizar, processar e projetar imagens captadas do entorno com adição do modelo 3D. Foram demonstrados experimentos sobre AR e *Tracking*, considerados aspectos teóricos e conceituais de RA, RV, bem como quais equipamentos e formas de visualização podem ser úteis para o desenvolvimento técnica desta pesquisa.

Em Cruz et al. (2005) há um experimento que mescla a Realidade Virtual à Realidade Aumentada, deixando a possibilidade do usuário alternar entre as duas tecnologias, quando necessário. Nele, a realidade é aumentada visualizando um livro com marcadores, selecionando para que o aparelho *head mounted* utilizado mude para o modo de RV utilizando os sensores e marcadores programados para isso.

#### **2.5 Sobre Métodos de projetos, soluções e suas incertezas**

Um dos principais pontos que regem essa pesquisa é o método de trabalho que pode ser aplicado para auxiliar os projetistas a melhorarem a produtividade e facilitar a tomada de decisões durante as fases de concepção do projeto. Seria possível definir

um método de trabalho de suporte à criação, para o desenvolvimento de uso de BIM e de Realidade Aumentada?

Entende-se como intuito deste subcapítulo expor as abordagens de Lawson relacionando-as em como diferentes métodos podem ser utilizados e adaptados para situações em que sejam propostos novos processos, no contexto desta dissertação. Lawson (2005) trata de métodos de projeto, explana acerca de como outros autores pensam a respeito e como podem ou não solucionar os problemas encontrados durante o processo.

Segundo Lawson (2005, p.25) “devemos nos perguntar o quão bem os novos métodos de desenvolvimento de projetos nos serviram e se eles irão mudar”. Comumente eram utilizados apenas desenhos bidimensionais e isso acarretava em dificuldades de visualização espacial. “Arquitetos, por exemplo, provavelmente desenhavam mais frequentemente com a planta que é uma representação pobre da experiência de mover-se ao redor de uma construção”. (LAWSON, 2005, p.27). Era exigido dos criadores habilidades em visualizar os espaços dos projetos concebidos para contextualizá-los em três dimensões o que poderia ser, inclusive, ainda mais difícil para o entendimento dos clientes e do público leigo. Lawson (2005, p.27) cita ainda nesse sentido que “O designer pode ver a partir do desenho, qual será sua aparência final, mas infelizmente, não necessariamente como ele funcionará”.

Por outro lado, essa forma bidimensional de representar tem sido modificada em diversos processos projetuais de estudantes e profissionais nos últimos anos. Os modelos em 3D elaborados durante as fases de concepção do projeto de arquitetura têm sido cada vez mais utilizados e isso entrega pistas sobre a evolução/modificação dos métodos de desenvolvimento de projeto.

É possível dizer que existem inúmeras e diferentes soluções para um mesmo problema e que não necessariamente existe uma solução única e perfeita: diferentes propostas podem ser apresentadas para que possam ser resolvidas e, para cada uma dessas soluções podem ser priorizados determinados itens ou variáveis dependendo do contexto no qual se insere. Essas decisões podem ser tomadas como exemplo para estudo e críticas de outros profissionais ou pelo próprio criador delas. Além disso, podem ser consideradas as necessidades e os diferentes gostos do cliente, dos profissionais envolvidos ou mesmo das diferentes culturas e sua evolução. Pode-se inclusive afirmar que não é possível definir um único e definitivo processo metodológico para criação dos projetos.

Os métodos evoluem na medida em que surgem problemas a se resolver. Isto é especialmente importante ao lidarmos com os aspectos subjetivos do processo que exigem julgamentos de valor pessoal e demandam tomada de decisão igualmente rápida as demandadas sobre questões objetivas. Assim, a investigação do método é adaptada continuamente. Dessa maneira, pode-se prever um link para as mudanças de formas de pensar a arquitetura durante os estágios de concepção com o uso de tecnologias de RA. Argumentamos que adicionam uma nova maneira de auxiliar os estudantes e profissionais envolvidos no processo de criação de seus projetos arquitetônicos e exige mudança e adaptação de processos.

## **2.6 Sobre representar projetos em diversas formas**

Nesse subcapítulo é discutido o que propõe Zevi (1996) sob aspectos da visualização da arquitetura pertinentes a esta pesquisa. Como os arquitetos, clientes, funcionários de uma obra a veem? Eles conseguem entender seu significado de maneira ampla e completa ou aquela obra é somente uma parte que compõe o espaço? Como a representação do projeto é percebida antes da obra ser iniciada? Será que temos surpresas ao vivenciar a obra real ou conseguimos compreender completamente o espaço representado no papel ou meio digital antes da obra ser iniciada e concluída?

Nesse subcapítulo considerou-se as discussões propostas pelo autor fazendo um vínculo com discussões sobre Realidade Aumentada. Especificamente, sobre como RA influencia a maneira que projetos são vivenciados e seu impacto sobre a representação de aspectos formais do ponto de vista do projetista e do observador antes de visualizá-lo em obra.

A maneira que os projetistas veem seus projetos, muitas vezes não reflete efetivamente como o público irá percebê-los depois de construídos. Não são raros os casos em que o cliente se impressiona ou decepciona com um resultado construído em comparativo a algo que não havia sido percebido durante a fase de desenvolvimento do projeto. Além de, talvez ainda mais frustrante para o arquiteto, que o cliente veja de maneira completamente neutra aquele espaço construído e apenas vivenciá-lo como parte do cenário.

“O desinteresse do público pela arquitetura não pode, contudo, ser considerado fatal e inerente à natureza humana ou à natureza da produção de edifícios, de tal forma que tenhamos de nos limitar a constatá-lo. Existem sem dúvida, dificuldades objetivas e uma incapacidade por parte dos arquitetos, dos historiadores de arquitetura e dos críticos de arte para se fazerem portadores de mensagem arquitetônica, para difundir o amor pela arquitetura.” (ZEVI, 1996, p. 2).

A base da arquitetura vivida não necessariamente reflete a arquitetura pensada nos projetos e desenhos propostos por arquitetos e engenheiros. O intuito principal desses desenhos ortogonais é de levar à obra para execução a partir daquelas representações. Servem também como base para aprovação por parte do corpo técnico envolvido na liberação para execução das obras.

“Quando queremos construir uma casa, o arquiteto nos apresenta uma perspectiva de uma das suas vistas exteriores e possivelmente outra da as de estar. Depois apresenta-nos plantas, fachadas e seções, isto é, representa o volume arquitetônico, decompondo-o nos planos que o encerram e o dividem: paredes exteriores e interiores, planos verticais e horizontais. Do uso desse método representativo, utilizado nos livros técnicos de história de arquitetura e ilustrado nos textos populares de história da arte com fotografias, provém, em grande parte, a nossa fala de educação espacial.” (ZEVI, 1996, p.17)

“Na verdade, a planta de um edifício nada mais é do que uma projeção abstrata no plano horizontal de todas as suas paredes, uma realidade que ninguém vê a não ser no papel (...)” (ZEVI, 1996, p.18). Ele continua explicando que esse método equivale a, por exemplo, ao se explicar um quadro ou uma “pintura, desse as dimensões da moldura ou calculasse as distâncias das diversas cores, reproduzindo-as separadamente”. (ZEVI, 1996, p.18). Dessa forma, fica claro que não representaria de maneira a enfatizar toda sua complexidade. Outro exemplo seria explicar uma poesia apenas pela quantidade de letras e palavras que a compõe.

Zevi (1996, p.21) explica como a rigidez frontal das pinturas bidimensionais bizantinas e como a “descoberta da perspectiva” em desenhos com três dimensões tiveram um considerável ganho na representação dos desenhos e pinturas. Ainda continua ao explicar a evolução de como os fotógrafos simplesmente com um disparo de suas lentes podiam representar de maneira muito mais rica em detalhes que os desenhos que vinham sendo traçados desde o Renascimento. A fotografia, que por sua vez, já pode ser considerada uma excelente fonte de informação, não lhe é

permitida mostrar todo o edifício, por maior que seja a quantidade de fotos, aéreas ou não. Ela permite uma visão rica em detalhes, mas não explora suas possibilidades.

Zevi (1996, p.21) explica a revolução que igualmente repercutiu com os desenhos de quatro dimensões (designada como tempo) dos cubistas do período anterior à guerra, que representavam suas obras sob essa perspectiva e ainda iam além ao abrir o invólucro e ver o objeto representado por dentro, sua essência.

“Eu vejo e represento um objeto, por exemplo uma caixa ou uma mesa: vejo-o de um ponto de vista e faço o seu retrato nas suas três dimensões a partir de um ponto de vista. Mas se girar a caixa nas mãos, ou caminhar ao redor da mesa, a cada passo mudo o meu ponto de vista e para representar o objeto desse ponto de vista, devo fazer uma nova perspectiva. Consequentemente, a realidade do objeto não se esgota nas três dimensões da perspectiva: para possuí-la integralmente eu deveria fazer um número infinito de perspectivas dos infinitos pontos de vista.” (ZEVI, 1996, p.21)

Na arquitetura, acontece diferente, pois o homem que se move no edifício molda aos seus gostos e lhe dá significado. O “ver” arquitetura não pode ser definido simplesmente em como é o edifício, mas como a sociedade irá interagir com ele e como essa interação ocasionará numa modificação mútua entre o indivíduo e o objeto. A beleza da arquitetura não pode ser medida apenas pelas suas fachadas e formas, mas como ela se apresenta num determinado contexto: seu interior, seu exterior, seu entorno e convívio com os indivíduos.

Pode-se fazer uma alusão à escultura, comparando-a com modelos físicos ou virtuais de maquetes para visualização arquitetônica, Zevi (1996, p.49) “deveria ser amplamente aplicada no ensino da arquitetura, mas não pode satisfazer plenamente porque omite o fator chave de toda concepção espacial: o parâmetro humano”. O autor, por outro lado, argumenta que a cinematografia, se bem aplicada:

“Resolve praticamente todos os problemas colocados pela quarta dimensão. Se percorremos um edifício com uma filmadora e, em seguida, projetarmos o filme, reviveremos os nossos passos e uma grande parte da experiência espacial que os acompanhou. A cinematografia está entrando na didática, e é preciso ter em mente que, quando a história da arquitetura for ensinada mais como o cinema que com os livros, a tarefa da educação espacial das massas será amplamente facilitada.” (ZEVI, 1996, p.51),

Mesmo assim, pode-se dizer que ainda falta algo, que é o fato de poder interagir e de decidir seus caminhos e olhares dentro do edifício. “Existe um elemento físico e dinâmico na criação e apreensão da quarta dimensão com o próprio caminho: é a

diferença que existe entre praticar esporte e olhar os outros enquanto o praticam (...)” (ZEVI, 1996, p.51).

Seja a escultura, a fotografia ou os filmes, sempre é possível perceber vantagens e desvantagens em suas formas de representar e que nenhuma delas representa exatamente a realidade. Fica evidente, portanto, que há uma necessidade de aperfeiçoar a maneira de criar e visualizar nossas criações arquitetônicas com meios tecnológicos ou didáticos mais aperfeiçoados, de maneira que possamos ter uma noção mais coerente do objeto percebido antes e depois de sua construção.

## **2.7 RA aliada ao BIM**

O BIM é tratado nessa pesquisa, sob aspectos de elaboração do modelo e extração de informações para uso com RA. Reconhece-se o contexto amplo da terminologia, especialmente nos quesitos de processos, políticas e relações sociais. Por outro lado, torna-se necessário discutir os fundamentos de modelos BIM, pois aplica-se esta pesquisa por meio de disciplina que utiliza BIM como base durante as fases de concepção do projeto.

Na última década, o sistema BIM popularizou-se. Porém, especialmente no ambiente de desenvolvimento de projeto, no qual o modelo digital se materializa, ainda existem lacunas. Nesse contexto, a Realidade Aumentada foi explorada por alguns autores para responder positivamente à algumas das demandas no processo de concepção de projetos AEC.

Em Meža, Turk e Dolenc (2013) há um estudo de sistema de realidade aumentada junto a modelos BIM em aparelhos móveis e verifica-se como o método pode ser implementado na construção civil. Nele, desenvolve-se uma aplicação móvel para facilitar a comunicação com servidores remotos para verificar as credenciais do usuário a partir do servidor BIM, localizá-los (GPS ou sinal celular) e exibir o ambiente RA. Além disso, também se permite ao usuário visualizar as tarefas que estão atualmente programadas. Os modelos 3D puderam ser visualizados com sucesso em um ambiente RA, mas a integração em tempo real com a geometria não foi tão prática, pois cada elemento deve ser associado com exatidão em cada operação.

Já em Wang et al. (2014b) é possível conhecer o processo de uso de RA aliada ao BIM em que o controle do monitoramento do sistema de montagem em uma obra de Gás Natural Liquefeito fosse facilitado para tomada de decisões nas construções das obras. Foram utilizadas duas formas de integração: AR + BIM; e Virtual + Construção real. Foram potencializadas as vantagens e desvantagens de seus usos:

utilização da Realidade Aumentada num passeio virtual pelo modelo; em sistemas com uso de aparelhos móveis; em sistema de montagem ou com modelos georefenciados.

No primeiro caso, para facilitar o acesso ao modelo, foi dividido em camadas como: vistas ortogonais ou por pavimentos ou cortes específicos do modelo de forma que pudesse dar zoom, rotacionar ou mover o modelo de forma para observar os detalhes dele de acordo com a necessidade. Segundo os autores e baseado nas dificuldades encontradas na utilização em aparelhos celulares e tablets, foi proposto uma série de modificações para o melhor funcionamento da tecnologia. Para isso, foi programado um aplicativo baseado em AR Tool Kit que permitisse (itens resumidos a partir da tabela 4 localizado em Wang et al. (2014b, p. 101):

- Utilização em aparelhos móveis;
- Reconhecimento de código de barras e visualização como objeto;
- Visualização das propriedades do modelo;
- Visualização das tubulações associadas às tubulações reais;
- Rotacionar, mover e escalonar objetos para perceberem-se melhores ângulos para instalação;
- Alterar textura e cor do modelo e poder ligar ou desligá-las;
- Salvar itens para futura consulta;
- Congelar-se o objeto para que não houvesse necessidade de continuar apontando para o código de barras, problemas com tremulações ou perda do marcador;
- Permitir-se visualização de informações e desenhos em arquivos em pdf;
- Mostrarem informações de vendedor, inspeção, modelo, manutenção e dados físicos e de funcionamento dos equipamentos;
- Permitirem comentários, fotos, reportar problemas e organizar reuniões;
- Permitir o escaneamento de código QR vinculado a cada objeto real para sua visualização.

Por outro lado, existem ainda diversas vantagens como citado por Wang et al. (2014b, p. 98), resumido abaixo:

- Interdependência: quanto a interdependências entre as disciplinas sugerem-se que um modelo compatibilizado em BIM possa ser ricamente apresentado em RA de forma que estas disciplinas mostrem-se em escala real em obra;
- Papel para digital: o desperdício de tempo e dinheiro com más interpretações de desenhos em 2D e construí-los de maneira errada na obra;
- Sincronizarem-se modelos para comunicação, compartilhamento, controle, monitoramento e feedback para que se aperfeiçoe a coordenação de projetos usando BIM para diferentes profissionais é importante para manter um maior controle da obra como um todo. Pode-se utilizar RA como versão virtual de apresentação em obra do modelo em BIM checado visualmente *in loco*;
- Podem-se acompanhar o gerenciamento de entrega e acompanhamento de materiais e serviços visualmente em RA, inclusive sob o aspecto de Planejamento de estoque em que o BIM pode facilitar a alocação e planejamento das entregas de material para obra e tê-las visualmente organizadas com Realidade Aumentada, podendo-se prever e organizarem-se os espaços disponíveis no momento em que as diferentes situações e imprevistos possam surgir;
- Trazem-se ao usuário em obra, por intermédio de modelos bem detalhados, uma possibilidade mais sólida e rica de informações que facilitem a compreensão da obra.

No experimento mostra-se, como exemplo, o caminho e formas de fixação dos tubos no espaço real de trabalho. Isto é alcançado mostrando o modelo 3D estático, com animações simuladas em escala real e apresentando os passos para a montagem que podem ser pausados ou continuados se necessário.

Por fim, temos que a RA aliada a um modelo em BIM georeferenciado oportuniza o uso da localização espacial do objeto e verificar sua distância para outros pontos pré-definidos. Por outro lado, Wang et al. (2014b, 102), complementam que há dificuldade em manter esses valores precisos, por conta do sinal do GPS em determinados pontos. Como solução, sugere seu uso junto com plantas baixas sobrepostas ao mapa do *Google Maps* em que seja permitido ao usuário marcar manualmente a latitude e longitude ou criar os pontos de interesse e definir os marcadores e modelos daquele ponto.

O artigo é importante para esta pesquisa, pois apresenta várias das dificuldades encontradas para as situações propostas no estudo, em que muitas das quais, é possível adaptar ao foco de nossa pesquisa no ensino.

Para facilitar a tomada de decisões, Irizarry et al. (2012) propõe o InfoSPOT (*Information Surveyed Point for Observation and Tracking*) que consiste em uma ferramenta em RA recomendada para gerenciadores de facilidades (FM - *Facility Managers*). Ele usa um modelo BIM para utilizar a geometria e os dados separadamente para, em seguida, georeferenciá-los e visualizá-los no ambiente real. A principal função da ferramenta é a de acessar informações sobre as instalações através da visualização do ambiente real, com o adicional de dados interativos. O aplicativo desenvolvido para aliar BIM e RA para facilitar a tomada de decisões em obra a partir da visualização de objetos virtuais sobrepostos ao ambiente real é uma das contribuições desse artigo.

Em Wang et al. (2014a) foi desenvolvido um protótipo de um sistema de visualização arquitetônica baseado em BIM e RA, elaborado em quatro fases do ciclo de projeto: conceituação/concepção; detalhamentos; marketing de propriedade e manutenção. Em seguida, foram demonstrados quatro estudos de caso:

- Visualização de planejamento de construção em ambiente físico;
- Visualização do esquema de projeto;
- Visualização da propriedade comercial;
- Visualização de informações de instalações.

Uma plataforma integrada foi utilizada para a construção de geometria e da visualização em diferentes fases. Foram analisadas quatro entrevistas para se obter um feedback sobre a utilização da tecnologia BAAVS (BIM + RA para um sistema de visualização arquitetônica). As perguntas indagavam sobre as vantagens, desvantagens e limitações técnicas relativas ao BAAVS. A partir delas os benefícios do BAAVS podem ser categorizados em três aspectos: melhoramento do nível de visibilidade arquitetônica; melhoramento da produtividade e a diminuição de custos. Além disso, devido ao sistema ser novo, são necessárias melhorias para a diminuição de limitações técnicas e investimento de tempo extra para treinamento da ferramenta. O artigo confirma a necessidade de treinamento prévio dos participantes do experimento. Por fim, é citado que a modelagem 3D e a realidade virtual têm potencial para enfrentar o desafio de melhorar a visualização do projeto e construção de edifícios.

Em Moreira (2013) e Ruschel (2015) são abordados fatores significativos de abordagem de temática similar ao dessa pesquisa. Os artigos tratam de conceitos e

primeiros passos do uso da RA e pode ser utilizado como exemplo do procedimento adotado. Em Moreira (2013) é apresentado um experimento com Realidade Aumentada visualizado a partir do software Ar-Media para visualização de um projeto em BIM executado no Revit e exportado para o Sketchup. O projeto é de um edifício multifamiliar de cinco pavimentos visualizado na versão do Ar-Media para computador apontado com uma webcam para o marcador padrão da empresa.

Em Moreira e Ruschel (2015) são confrontadas as soluções projetuais através de quatro formas de apresentação que testaram RA: imagens opacas; vazadas; com 50% de transparência ou no papel. Essas formas foram testadas em duas situações: com a imagem projetada por um projetor multimídia ou visualizado em aparelhos móveis. Assim, a imagem projetada permite uma maior interação com a turma em detrimento do uso individual do tablete. Além disso, usar a imagem da implantação do projeto sobreposto com 50% de transparência sobre o terreno original, seria a melhor opção para estudar situações nas quais se queira manter alguns itens do terreno atual, como árvores, canteiros ou edificações. Esses quesitos serão considerados nos experimentos durante essa pesquisa.

## **2.8 Sobre as vantagens do BIM para visualização e entendimento do projeto**

Neste subcapítulo são discutidas as ideias de Eastman et al. (2014) que abordam como o BIM pode ser utilizado por diversos profissionais sob diversas frentes de trabalho, do projetista ao cliente e ao construtor ou investidor. No interesse desta pesquisa, são discutidas as vantagens de aplicar em uma disciplina que tenha como foco o uso de modelos BIM.

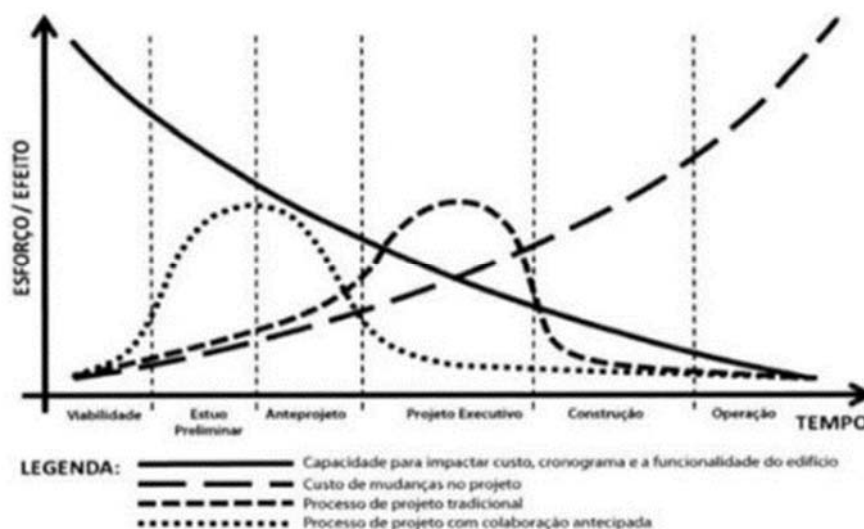
A falta de um projeto executivo e de uma compatibilização entre as diversas disciplinas de arquitetura e de engenharia pode ocasionar diversas dificuldades durante a construção. É fundamental para o bom andamento da execução de edifícios, projetos que estejam bem resolvidos. Projetos em BIM têm como potencial auxiliar ou resolver a maioria dessas questões ao antecipar decisões projetuais.

“A fase de projeto desempenha fator determinante em um empreendimento de construção civil, pois possibilita o mapeamento das probabilidades pré-execução, melhoramentos de métodos de execução, interferências e possíveis patologias decorrentes, auxiliando na detecção de problemas e assim reduzindo o índice de desperdícios e retrabalhos, aumentando ganhos financeiros durante sua construção.” (JUNIOR, MAIA e CORREIO, 2014, p. 3237).

Na Figura 2 é representado o nível de influência em detrimento do custo da decisão projetual sobre o empreendimento. Neste gráfico, conhecido como Curva MacLeamy, percebe-se que no momento em que se toma uma decisão projetual é possível exercer influência sobre os custos da edificação e quanto antes ela acontecer, menor será o custo.

“A Modelagem da Informação da Construção (BIM – Building Information Modeling) pode ser considerada uma transição significativa na prática do projeto. Diferentemente de CADD, cujo fim principal é a automação dos aspectos de produção do desenho tradicional, o BIM é uma mudança de paradigma”. (EASTMEN et al., 2014, p. 148)

Com o BIM temos o modelo informacional de uma edificação que permite a visualização em diferentes formatos. necessários à construção de um dado edifício, Dele também é possível extrair dados para análises, simulações, custos. Sendo assim, “BIM não é uma coisa ou um tipo de software, mas uma atividade humana que envolve amplas mudanças de processos da indústria da construção” (EASTMAN et al., 2014, p. 281).

**Figura 2.** Curva MacLeamy

Fonte: CURT, 2004

Eastman et al. (2014, p. 186) destacam entre os benefícios que integração em BIM proporciona a projetistas, a aproximação entre o processo projetual e processo construtivo, e o potencial envolvimento de construtores e fabricantes. Integração promove melhores práticas e reduz alterações tardias, que geralmente impactam diretamente no custo da obra. Gera também diminuição de incompatibilidades entre os distintos sistemas, assim como redução do ciclo de detalhamentos para fabricação.

“Parte da colaboração projeto-construção envolve (e requer) decisões quando o pessoal da construção for convocado. Seus envolvimento podem começar no início do empreendimento, permitindo que considerações na construção influenciem o empreendimento a partir do seu início. Envolvimento posterior é justificado quando o empreendimento segue práticas de construção bem testadas ou quando questões programáticas são importantes e não requerem muita especialização por parte da construtora ou do fabricante. Cada vez mais, o objetivo geral é envolver construtores e fabricantes mais cedo no processo, o que às vezes resulta em um ganho de eficiência que não seria capturado em um plano-concorrência-construção tradicional.” (EASTMAN et al., 2014, p.187).

Segundo Eastman et al. (2014, p.188), no que diz respeito a revisão de projetos, a metodologia tradicional requer a comparação de documentos de diferentes disciplinas normalmente através da sobreposição de um desenho ao outro. “Devido aos diferentes leiautes, formatos e convenções, essas comparações são árduas e podem levar uma semana ou mais”. (EASTMAN et al., 2014, p.188). BIM permite a utilização de modelos informacionais para a detecção automatizada de interferências

e conflitos entre disciplinas. Desta maneira reduz a probabilidade de erros e inconsistências que anteriormente só seriam revelados durante o processo construtivo. “Superfícies coincidentes são automaticamente destacadas para chamar a atenção do revisor. Isso reduz o tempo e o esforço necessários para a identificação de erros”. (EASTMAN et al., 2014, p.188). Argumenta-se que BIM facilita a integração das equipes de projeto e construção e possibilita uma colaboração mútua. Isso ajuda a tornar o processo de desenvolvimento de edifícios mais rápido, menos custoso, mais confiável e menos sujeito a erros e riscos.

“O movimento de representação base do projeto de um edifício a partir de um conjunto de desenhos (mesmo que produzidos digitalmente) para um modelo de edifício tem muitos benefícios diretos potenciais: desenho automaticamente consistentes, identificação e remoção de interferências espaciais, preparação da lista de materiais automática e precisa, suporte melhorado à análise, aplicações de custos e cronogramas, entre outros. A modelagem tridimensional por meio de todo o projeto facilita a sua coordenação e revisão; essas capacidades levam a desenhos mais precisos, à elaboração mais rápida e produtiva de desenhos e à melhoria na qualidade final do projeto.” (EASTMAN et al., 2014, p.195)

### **LOD – Level of Detail**

É fundamental considerar que o Nível de Detalhamento do modelo pode variar muito conforme a necessidade e etapa em que o projeto se encontra. Ele diz respeito a quão detalhado está o seu modelo e, para fins desta pesquisa, devem ser usados modelos simplificados dos elementos construtivos devido às limitações de processamento de aparelhos celulares. Além disso, a disciplina em que é aplicada esta pesquisa definiu os níveis de detalhamento em termos de modelo e informação.

“Nos dias atuais com uso de ferramentas BIM os “arquitetos estão potencialmente aptos a fornecer modelos que os construtores podem usar para efetuar suas estimativas, coordenação, planejamento da construção, fabricação, aprovisionamento e outras funções.” (EASTMAN et al., 2014, p. 210).

Um arquiteto pode detalhar melhor uma parede, visando a comparação de materiais através da renderização, enquanto o construtor poderia decidir por uma representação mais simples, pois precisaria apenas das informações referentes às etapas da construção do piso e parede, por exemplo. Eastman et al. (2014, p.231) explicam que o Nível de Detalhe pode variar conforme o tamanho do modelo, o tempo de construção e quais os dados necessários a serem extraídos.

Também existem diferentes fases de desenvolvimento que a construção virtual pode atender. Essas etapas são conhecidas como LOD (*Level of Development*) ou Nível de Desenvolvimento. Conforme o explanado no manual publicado pelo BIMFORUM (2016, p. 11), o Nível de Desenvolvimento engloba qual o grau de detalhamento e informações contidas no modelo e o que ele pode fornecer para cada equipe que tenha acesso ao material.

“Essas diversas etapas têm sua equivalência com a prática de representação anterior com a diferença de que, no lugar de retrabalhos constantes conforme a evoluções ou alterações (e nem sempre com a precisão necessária) passam a ser uma constante evolução e detalhamento da maquete eletrônica como se fossem trabalhos sendo realizados no edifício/objeto real.” (DEZAN, 2014, p.54)

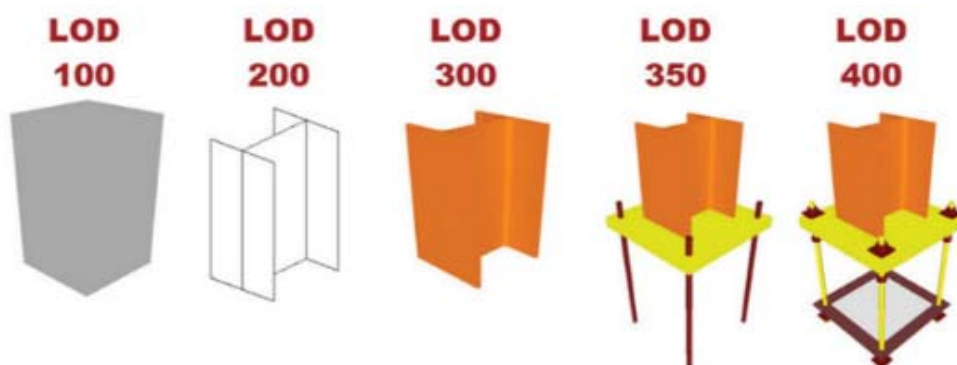
Isso posto, conforme Bimforum (2016, p. 12) o LOD - Figura 3 - é definido em cinco principais pontos. Em tradução livre e reorganizadas as ideias contidas nas descrições, contidas no manual, seguem:

- LOD 100 - consiste na representação do projeto a nível de estudos de viabilidade e concepção, ou mesmo representado genericamente apenas como um símbolo ou ícone. Apesar do modelo já ser parametrizado (e não apenas uma representação geométrica), as informações contidas nele não especificam precisamente os detalhes de forma, tamanho e locação precisa de seus elementos;
- LOD 200 - os elementos gráficos são representados de maneira genérica, é possível diferenciar as disciplinas, extrair quantitativos, dimensões, formas, localização e orientação, porém, todas as informações devem ser consideradas apenas aproximadas e para melhores especificações, é necessária a consulta de material de detalhe desenvolvido à parte;
- LOD 300 - configura um modelo detalhado; é possível consultar diretamente deste dados como: quantitativo, tamanho, forma, localização e orientação dos elementos, podendo ou não haver outros materiais externos a serem consultados;
- LOD 350 - mostra uma modelagem com um grau de detalhe avançado, com dimensionamento dos elementos, forma, localização, orientação e interfaces com os demais sistemas construtivos, as informações também podem ser

extraídas diretamente desse modelo não se fazendo necessária a consulta de material adjacente;

- LOD 400 - atinge o nível de detalhe mais complexo (projeto executivo), nele encontrou-se informações precisas de dimensões, formas, localização, quantitativos, orientações, detalhes, além de informações sobre a fabricação e instalação, sendo esse o objeto representativo com maior número de detalhes e aproximação com a construção real, não sendo necessária a consulta a outras documentações e projetos;
- LOD 500 - representação fiel à obra (*as built*), modelo que poderá ser utilizado para gerenciamento do empreendimento após a construção.

**Figura 3.** LOD: Nível de detalhe



**Fonte:** <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>

Um LOD alto, não necessariamente corresponde à melhor solução para todos os casos, dados o tempo necessários para conclusão; a escala em que será apresentada ou mesmo o uso final a que se propõe. Numa entrega de definição de estudo volumétrico, por exemplo, não é necessário saber quantos parafusos ou qual ferragem utilizar nos pilares e vigas, logo um LOD baixo atende essa demanda. Um LOD muito alto pode dificultar, ou mesmo impossibilitar, um uso coerente na proposta da disciplina Projeto com a qual será elaborada esta pesquisa

Propõe-se a aplicação de BIM, nesta pesquisa, na disciplina Tópicos Especiais Modelagens 3D, na qual os trabalhos dos alunos alcançam o nível de anteprojeto. Foi definido como limites o uso de LOD 200 ou 300; considerou-se também a capacidade real de processamento dos aparelhos mobile e dos softwares para esta definição. Esta

restrição é associada à necessidade de atributos que possibilitem o observador conhecer o edifício de maneira autoexplicativa.

## **2.9 Referencial Teórico: Principais Pontos**

Neste capítulo verificam-se diversos aspectos da base teórica desta dissertação. Em cada subcapítulo são tratados aspectos específicos desde aspectos conceituais e teóricos prévios a estudos atuais. O Referencial Teórico considerou:

- Uso das tecnologias de RA e RV e seus conceitos;
- RA utilizada para auxiliar no ensino;
- RA utilizada em experimentos diversos;
- Métodos de projetos, soluções e suas incertezas;
- Representação de projetos em diversas formas;
- RA aliada ao BIM;
- Vantagens do BIM para visualização e entendimento de projetos.

Inicialmente, foram analisadas as possibilidades e conceitos sobre RA e RV para entender melhor sobre a tecnologia a ser estudada. A seguir, decidiu-se sobre utilizar RA ao invés de RV, devido às potencialidades percebidas. Por exemplo, formas de utilização acessíveis já que alunos necessitariam apenas de um aparelho celular, o que facilitaria o uso da tecnologia em sala de aula.

A RA como forma de auxiliar o ensino tem eficácia comprovada em artigos como Ibáñez et al. (2014); Dunleavy, Dede e Mitchell (2009) e Shin et al. (2013). Os dois primeiros, indiretamente ligados com a temática na Indústria AEC, apresentam maneiras de utilizar RA em diversos contextos, enquanto que no último artigo demonstra-se como a RA auxilia na compreensão de modelos 3D.

Em todos os casos é colocada a necessidade dos alunos terem treinamento no uso de RA, para que a falta de conhecimento adequado das ferramentas não influencie os resultados. Além de reforçar também os pressupostos tomados nesta pesquisa, de que a RA pode ser utilizada como um meio a facilitar o entendimento de cenários.

Existem ainda artigos relacionados a experimentos diversos, externos à indústria AEC, que consideram o entendimento das características de sistemas de RA móveis orientados a partir das experiências dos usuários. Tais resultados podem-se adaptar como uma base para o desenvolvimento e aplicação na área de AEC, visto

que o contexto de imersão baseia-se em mobilidade, relações pessoais e comunicação em um contexto real. É possível citar, como exemplo, o planejamento e construção de edifícios contemplando o uso de RA para pré-visualização e simulação de cenas da edificação e sua inserção no entorno. Isso permite o estudo do contexto entre construção e ambiente urbano a ser inserido, assim como também evidencia a possível necessidade de modificações do projeto.

Lawson (2005) confirma a constante necessidade de adaptação de processos projetuais aos contextos de cada época em função de novas tecnologias e suas possibilidades e necessidades. Essas mudanças de processos acarretam também em mudanças de formas de representar e apresentar projetos, conforme discutida em Zevi (1996).

Referente a discussão à experimentação de RA aliada ao BIM, em Meža, Turk e Wang et al. (2014b) foi verificado uma série de dificuldades no processo. No segundo caso, foram, inclusive, elaboradas diretrizes para contornar essas dificuldades na elaboração de um aplicativo com a finalidade de completar o experimento.

Por fim, em artigos nacionais como os apresentados em Moreira (2013) e Moreira e Ruschel (2015) formas de utilizar RA aliada ao modelo BIM. O artigo coloca como o BIM pode auxiliar no contexto de projetos, obras e como tendência, discutidos especialmente sobre o verificado em Eastman et al. (2014).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Características metodológicas**

Esta dissertação consiste em Pesquisa Aplicada que identifica formas de uso de RA como uma possibilidade de auxiliar a concepção do projeto de arquitetura. Do ponto de vista de objetivo de pesquisa se enquadra como Experimental e Exploratória e de caráter qualitativo.

Quanto às análises e coletas de dados, podem ser configuradas na utilização de amostragem por acessibilidade, nas etapas de experimentação, com os alunos em etapas de análise sob forma de observação simples; questionários individuais e entrevistas em grupo (grupo focal).

Para embasar os procedimentos metodológicos adotados, foram utilizados como base os conceitos desenvolvidos por Gil (1994). A começar pela natureza da Pesquisa Aplicada, apoiada em sete experimentos que deram suporte à

experimentação final. Esses experimentos são elaborados a partir da necessidade de melhor entender, definir ou direcionar o uso de ferramentas, softwares, hardware e comportamento dos alunos. Além disso, sabe-se que:

“A pesquisa aplicada, por sua vez, apresenta muitos pontos de contato com a pesquisa pura, pois depende de suas descobertas e se enriquece com o seu desenvolvimento; todavia, tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos. Sua preocupação está menos voltada para o desenvolvimento de teorias de valor universal que para a aplicação imediata numa realidade circunstancial.” (GIL, 1994, p.27).

Esta pesquisa se enquadra no tipo Experimental e Exploratória. Experimental, no que tange a definição de um objeto de estudo e observar a influência das variáveis propostas, bem como as observa sob novas condições, em um ambiente sob controle a fim de detectar as relações causa-efeito da nova proposta. “O método experimental consiste essencialmente em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto”. (GIL, 1994, p.16).

Exploratória, em que em Gil (1994, p.27) considera ser o tipo que exige maior rigidez no planejamento, envolvendo entrevistas não padronizadas, levantamento bibliográfico e análises de estudos de caso com o intuito de proporcionar uma visão geral, aproximativa de um determinado fato, já que é realizado sobre temas pouco explorados na literatura científica. sabe-se que:

“Têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.”

Ao se tratar do caráter qualitativo da pesquisa, considera-se que a interpretação dos fenômenos e atribuição de significados são fundamentais para a análise do pesquisador:

“Nas pesquisas definidas como estudos de campo, estudos de caso, pesquisa-ação ou pesquisa participante. Nestas, os procedimentos analíticos são principalmente de natureza qualitativa. E, ao contrário do que ocorre nas pesquisas experimentais e levantamentos em que os procedimentos analíticos podem ser definidos previamente, não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores. Assim, a análise dos dados na pesquisa qualitativa passa a depender muito da capacidade e do estilo do pesquisador.” (GIL, 1994, p. 175).

Segundo Gil (1994), a Amostragem por Acessibilidade consiste em uma seleção menos rigorosa e é destituída de qualquer valor estatístico. Gil (1994, p.121) explica que analisar através de questionários, são motivados para responder questões específicas com o objetivo de testar hipóteses e gerar os dados necessários para pesquisa. Complementa:

“O pesquisador seleciona os elementos a que tem acesso, admitindo que estes possam, de alguma forma, representar o universo. Aplica-se este tipo de amostragem em estudos exploratórios ou qualitativos, onde não é requerido elevado nível de precisão.” (GIL, 1994, p. 94)

Ao mesmo tempo, analisar por observação simples “considera-se bem mais adequada aos estudos qualitativos, sobretudo àqueles de caráter exploratório”. (GIL, 1994, p. 102). Além disso, complementa sobre o papel de espectador do pesquisador, mas também ressalta na necessidade de um controle na obtenção dos dados que segue um padrão de análise e interpretação. Entende-se como aquela em que o pesquisador, permanecendo alheio à comunidade, grupo ou situação que pretende estudar, observa de maneira espontânea os fatos que aí ocorrem.” (GIL, 1994, p. 101).

Considerando a coleta de dados para posterior análise, Gil (1994, p. 114).nas entrevistas em grupo (grupo focal), o autor comenta que é muito utilizado em estudos exploratórios. De maneira que se possa compreender melhor o contexto e problema, para em seguida fornecer informações para as análises e coletas de dados especialmente útil para pesquisas qualitativas.

A análise dos resultados e funcionamento de ferramentas de BIM e RA dos experimentos iniciais foram elaborados, sob aspectos metodológicos de duas formas:

- Análise Formal de Conteúdo – nela, testa-se situações específicas no uso das ferramentas, resultados de investigações pessoais, a fim de entender o funcionamento avançado dos softwares, aplicativos, procurar tutoriais, experimentando-se situações diversas.
- Análise Comparativa – compreende as etapas com coletas por Observação Simples, Questionários ou Grupo Focal e categorizou-se qualitativamente como: facilidades, dificuldades, desvantagens e potencialidades. Aplica-se essa análise nas etapas que envolvem diretamente experimentações junto a

alunos e professores, especialmente no Experimento Final nas coletas dos questionários, grupos focais e observações direta.

Dados os conceitos e formatos trabalhados para desenvolvimento, coleta de dados e análise, a seguir tem-se estruturação da dissertação.

### 3.1.1 Estrutura da pesquisa

Os procedimentos metodológicos de construção desta pesquisa foram divididos em cinco fases que são detalhadas a seguir e ilustradas na Figura 4. São elas:

- Pesquisa bibliográfica;
- Pesquisa e definição de ferramentas (equipamentos e aplicativos);
- Plano experimental;
  1. Uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados;
  2. RA – Exportação e uso em Aplicativos;
  3. Teste de uso de RA durante apresentação de partido arquitetônico;
  4. Orientação de projeto;
  5. Extração de informações do modelo em BIM e uso em RA;
  6. Teste de Escala;
  7. Uso de RA com modelo Georeferenciado ou manualmente posicionado *in-loco*;
- Experimento Final;
- Coleta e Análise dos dados;
  - o Capacitação e Investigação Ferramental;
  - o Observação simples;
  - o Questionários;
  - o Entrevistas - Grupo Focal.

**Figura 4.** Diagrama estrutura e sequência da dissertação



Fonte: autoral

O diagrama (*Figura 4*) apresenta a sequência do trabalho que se inicia pela pesquisa bibliográfica e segue até o final da dissertação. Para compreendê-lo, deve-se considerar as setas como início e final do processo de desenvolvimento; os retângulos maiores ou menores o peso e tempo dedicado; a sobreposição dos elementos denotam sobreposição de etapas principais; e a numeração indica apenas uma sequência lógica baseada nos capítulos dessa pesquisa.

O início foi realizado com a Pesquisa Bibliográfica e, pouco depois, uma pesquisa para definição das ferramentas para utilização e também a coleta de dados que segue até o final, junto com o primeiro item. Decididas as ferramentas foram iniciados os experimentos que denotam o maior peso no desenvolvimento do trabalho e segue até a etapa anterior à experimentação final que os utiliza como base, dão a conclusão e fornecem os últimos dados para análise e conclusão da dissertação.

**Pesquisa bibliográfica:** o início do desenvolvimento desta dissertação se dá na definição de ferramentas, usos, conceitos e base teórica para em seguida começar a execução do plano experimental. Nessa etapa, pôde-se entender as possibilidades do uso da RA a partir de busca por artigos de cunho prático à procura do estado da arte no tema, para em seguida aprofundar revisões sobre a base teórica e conceitual.

Iniciou-se com uma busca sobre BIM e sobre Realidade Virtual/Aumentada para entender práticas e limites tecnológicos. A abrangência temporal considerada foi nos últimos dois anos e, em seguida, ampliada para cinco anos, priorizando a conceituação CAPES A1, A2 e B1. Os artigos foram selecionados e divididos nos

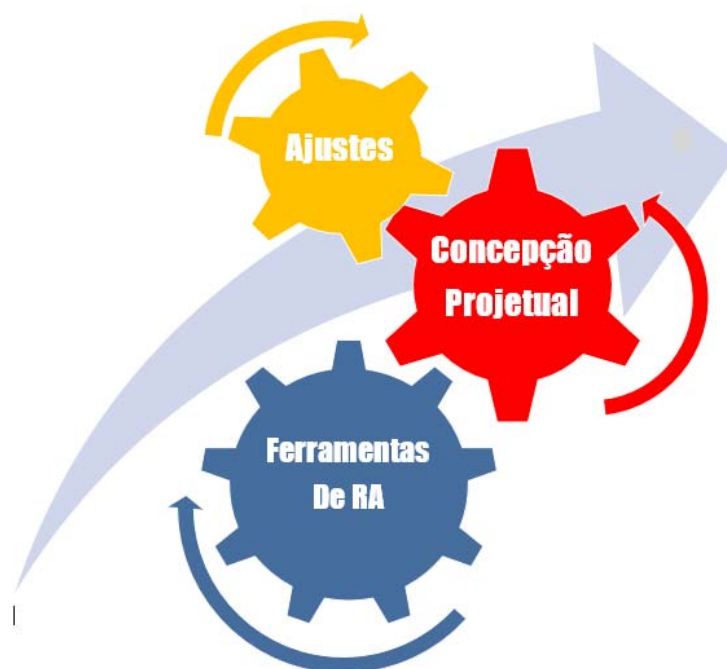
grupos temáticos: aplicação prática da tecnologia; conceitos e teoria sobre RA, RV e BIM; usos específicos de aplicativos; experimentações sob aspectos psicológicos sobre o uso, e, por fim, artigos que remetessem à aplicação dessas tecnologias para o ensino em sala de aula. O embasamento teórico teve foco em métodos projetuais, de representação, apresentação de projeto, e por fim, conceituação de BIM.

**Pesquisa e definição de ferramentas (equipamentos e aplicativos):** Em seguida, foi verificada necessidade de exploração de aspectos voltados à tecnologia como: softwares, equipamentos móveis, utilização de marcadores, condições de iluminação, adequação do modelo BIM ao ambiente em RA, usos reais para orientação e apresentação de projeto. Para cada tema foi elaborado um experimento visando testar os limites e caracterizar as primeiras impressões, individualmente ou em grupos, de forma a viabilizar sua incorporação ao estudo.

**Plano experimental:** foram elaborados sete experimentos, listados abaixo, para solucionar questões identificadas no referencial teórico ou no desenvolvimento desta pesquisa, como o uso de marcadores para RA, aplicativos e equipamentos, usos reais, condições de iluminação e possibilidades de usos.

1. Uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados;
2. RA – Exportação e uso em Aplicativos;
3. Teste de uso de RA durante apresentação de partido arquitetônico;
4. Orientação de projeto;
5. Extração de informações do modelo em BIM e uso em RA;
6. Teste de Escala;
7. Uso de RA com modelo Georeferenciado ou manualmente posicionado *in-loco*.

**Figura 5.** Sequência e agrupamentos dos Experimentos



**Fonte:** autoral

No diagrama em engrenagem (*Figura 5*), apresenta-se a sequência lógica dos experimentos que funcionam de maneira integrada. Agrupa-se em três principais:

- Uso de Ferramentas RA:
  - o E01 - Marcador e Iluminação;
  - o E02 - Aplicativos e formatos.
- Concepção Projetual:
  - o E03 - Experimento Livre;
  - o E04 - Orientação de projeto.
- Ajustes Técnicos:
  - o E05 - Extração de informação;
  - o E06 - Escala e Posicionamento;
  - o E07 - Posicionamento *in-loco*.

Em Uso de Ferramentas investiga-se formas de melhor utilizá-las; nas concepções projetuais são desenvolvidos os primeiros momentos em sala de aula

para averiguar o comportamento do aluno; e, por fim, os experimentos de ajustes técnicos para afinar a utilização das ferramentas para concepção de projetos.

Nesses experimentos, foram investigadas formas de utilizar a RA para entender as possibilidades e limites de softwares e hardwares envolvidos. Para isso utilizaram-se as conclusões de casa experimento nos experimentos subsequentes de maneira cumulativa, com a finalidade de testar possibilidades no uso da Realidade Aumentada em ateliê de projeto para concepção de projetos arquitetônicos. Além disso, caracterizou-se o processo e protocolos de coleta e análise de dados dos experimentos para contínuo aperfeiçoamento dos mesmos até o experimento final.

Durante o plano experimental os alunos tiveram papel passivo. Eles seguiam os protocolos determinados, enquanto o professor orientador e o autor desta pesquisa, direcionavam o estudo, em termos de observações, coletas e análise de dados. No experimento final, os alunos têm um papel ativo em que eles tomam a frente do desenvolvimento da proposta e respondem questionários, fazem comentários e apontam suas dificuldades na utilização da RA bem como as vantagens e desvantagens no processo.

**Coleta e Análise dos dados:** a partir das duas fases em que os alunos participam passiva ou ativamente foram analisados diversos pontos que servem como base para futuras pesquisas. Com esses dados também pôde-se responder às hipóteses e reforçar os pressupostos adotados no início da pesquisa. Em cada experimento optou-se por coletar dados de diferentes maneiras de acordo com a natureza do experimento. Sendo de observação simples (nos experimentos que envolvem alunos) ou Capacitação e Investigação Ferramental (nos casos de teste de ferramenta). No experimento final, mantém-se a observação simples, juntamente com aplicação de questionário aos participantes e finaliza com a realização de um grupo focal.

Em cada um dos experimentos os alunos participam do processo e registram dificuldades pessoais, os limites da tecnologia e como eles próprios contornam as dificuldades encontradas. Considerou-se desde as perguntas e dúvidas solicitadas pelos alunos; tempo de execução das tarefas; dificuldades em relação ao uso da tecnologia; marcadores; tablets e celulares; aplicativos; diversidades e imprevistos durante os experimentos.

### **3.1.2 Locais, sujeitos, instrumentos e objetivos**

A pesquisa foi desenvolvida em João Pessoa/PB, Brasil, nos Blocos de Salas de aula CTH e CTE localizados no Centro de Tecnologia da UFPB. Os experimentos tiveram diferentes locais, participantes e ferramentas conforme a Tabela 01.

**Tabela 01.** Sujeitos, locais, instrumentos e objetivos

| <b>Experimento</b>                                                                 | <b>Objetivo</b>                                                                      | <b>Instrumento de coleta de dados</b>           | <b>Ferramenta utilizada</b>         | <b>Equipamento utilizado</b>                                                                     | <b>Participantes</b>                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01 - Uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados                      | Testar uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados.                     | Observação Simples                              | Augment                             | Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Luxímetro                                                        | seis alunos da disciplina Modelagem e Prototipagem do PPGAU, professor orientador desta pesquisa, |
| 02 - RA – Exportação e uso em Aplicativos                                          | Testar formatos de exportação e limite de tamanho e polígono suportado pelas         | Capacitação e Investigação Ferramental          | Augment, ArMedia e Aumentaty Author | Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Notebook HP i7, 16gb RAM, Placa de Vídeo Geforce 740M            | autor desta pesquisa                                                                              |
| 03 - Teste de uso de RA durante apresentação de partido arquitetônico              | Observar o comportamento dos alunos durante o uso da                                 | Observação Simples                              | Augment                             | Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Notebook HP i7, 16gb RAM, Placa de Vídeo                         | 8 alunos da disciplina Projeto IV, Professor, orientador da pesquisa, autor da pesquisa.          |
| 04 - Orientação de projeto                                                         | Avaliar vantagens, desvantagens e dificuldades no uso da RA no processo de concepção | Observação Simples                              | Augment                             | Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Notebook HP i7, 16gb RAM, Placa de Vídeo Geforce 740M; Projetor; | 5 alunos da disciplina Projeto IV, professor orientador desta pesquisa, autor desta pesquisa      |
| 05 - Extração de informações do modelo em BIM e uso em RA                          | Verificar maneiras de extrair informação do modelo BIM para ambiente                 | Capacitação e Investigação Ferramental          | Autodesk Revit, Augment             | Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2;                                                                  | autor da pesquisa e professor orientador desta pesquisa                                           |
| 06 - Teste de Escala                                                               | Analisar viabilidade de uso de modelos georeferenciados                              | Capacitação e Investigação Ferramental          | Augment, Autodesk Revit             | Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Notebook                                                         | professor orientador desta pesquisa w autor desta pesquisa                                        |
| 07 - Uso de RA com modelo Georeferenciado ou manualmente posicionado <i>in-loc</i> | Analisar viabilidade de uso de modelos localizados no entorno real                   | Capacitação e Investigação Ferramental          | Ar-Media Augment                    | Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2;                                                                  | professor orientador desta pesquisa,                                                              |
| Experimento final – Utilização de RA em fase de concepção de Projeto               | avaliar vantagens e desvantagens no uso da RA no processo de                         | questionário / observação simples / grupo focal | Augment e Ar-Media                  | Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; projetor                                                         | oito alunos da disciplina Modelagens 3D, professor orientador dessa pesquisa,                     |
| <b>Fonte: autoral</b>                                                              |                                                                                      |                                                 |                                     |                                                                                                  |                                                                                                   |

### **3.2 Coleta de dados**

A coleta de dados ocorreu de três formas distintas: observação simples durante os experimentos; preenchimento de questionários qualitativos por parte dos alunos e por fim, um grupo focal. Todas as formas de coleta foram baseadas nos questionamentos iniciais desta pesquisa, reforçando os pressupostos, apoiados em suas hipóteses e objetivos. As formas de coleta e análise dos dados variaram para cada experimento conforme a Tabela 02.

**Tabela 02.** Coleta e análise dos dados

| <b>Experimento</b>                                                           | <b>Objetivo</b>                                                                                                                   | <b>Ferramenta de Análise de Dados</b>            | <b>Ferramenta de Coleta de Dados</b>             |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>01</b> - Uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados         | Testar uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados.                                                                  | Análise Comparativa                              | Observação Simples                               |
| <b>02</b> - RA – Exportação e uso em Aplicativos                             | Testar formatos de exportação e limite de tamanho e polígono suportado pelas ferramentas e equipamentos                           | Análise Formal de conteúdo                       | Capacitação e Investigação Ferramental           |
| <b>03</b> - Teste de uso de RA durante apresentação de partido arquitetônico | Observar comportamento dos alunos durante o uso da RA                                                                             | Análise Formal de conteúdo / Análise Comparativa | Observação Simples                               |
| <b>04</b> - Orientação de projeto                                            | Avaliar vantagens, desvantagens e dificuldades no uso da RA no processo de concepção de projetos arquitetônicos                   | Análise Formal de conteúdo / Análise Comparativa | Observação Simples                               |
| <b>05</b> - Extração de informações do modelo em BIM e uso em RA             | Verificar maneiras de extrair informação do modelo BIM para ambiente RA                                                           | Análise Formal de conteúdo                       | Capacitação e Investigação Ferramental           |
| <b>06</b> - Teste de Escala e posicionamento                                 | Analisar viabilidade de uso de modelos georeferenciados                                                                           | Análise Formal de conteúdo                       | Capacitação e Investigação Ferramental           |
| <b>07</b> - Uso de RA com modelo locado no entorno                           | Analisar escala e posicionamentos reais dos objetos em RA                                                                         | Análise Formal de conteúdo                       | Capacitação e Investigação Ferramental           |
| <b>Experimento Final</b>                                                     | Avaliar vantagens e desvantagens, dificuldades e potencialidades no uso da RA no processo de concepção de projetos arquitetônicos | Análise Comparativa                              | Observação Simples / Questionários / Grupo Focal |

Fonte: **autoral**

### 3.2.1 Capacitação e Investigação Ferramental

Aqui, o foco foram as experimentações com o uso e entendimento de ferramentas. Nelas, foram testadas situações específicas com a finalidade de entender o funcionamento técnico das ferramentais aqui selecionadas. A seleção de ferramentas ocorreu analisando os pontos funcionais pertinentes a cada experimento.

### 3.2.2 Observações diretas

A partir das observações diretas nos experimentos foram obtidas informações específicas que nortearam avanços nos protocolos dos experimentos e tiveram um papel constante e gradativo na caracterização das potencialidades e dificuldades no uso de RA. Assim, os resultados de cada uma dessas etapas foram descritos nos respectivos experimentos realizados. Observou-se uma série de fatores em que a experimentação seria afetada, como:

- Diferentes aplicativos e seus limites de Limite de polígonos, faces e tamanho do modelo 3D;
- Uso de tablet, celular ou notebook e de projetor conectado por fios ou Wi-Fi e um tripé para segurar o tablet, como facilitador de manuseio;
- Uso de marcadores para cada aplicativo e condições de iluminação adequados para uma correta leitura;
- Entorno pré-estabelecido (maquetes físicas ou espaço real – georeferenciado ou não);
- Teste de escala do modelo 3D e extração de informações do modelo BIM para o ambiente em RA;
- Comportamento do aluno no manuseio das ferramentas; durante apresentação de seu projeto e diante de situações de decisão de projeto.

Durante a experimentação final foram observados diversos pontos sobre as dificuldades percebidas pelos alunos e analisados os questionários (apêndice 02). As respostas dos alunos nortearam essa etapa, anotadas em formulários online do *google forms* ou preenchidas em papel A4 impresso. Os dados coletados são majoritariamente qualitativos, com alguns itens quantitativos.

### 3.2.3 Questionários

Os questionários utilizados encontram-se no apêndice 02 e buscam coletar dados sobre o comportamento dos alunos no uso das ferramentas e na interação delas com as etapas de concepção do projeto. São eles:

- Questionário 2.1 - Perguntas sobre o projeto;
- Questionário 2.2 - Adequação de modelo em BIM ao aplicativo Augment;
- Questionário 2.3 - Uso e manipulação do Modelo no Augment;
- Questionário 2.4 - Perguntas sobre o projeto.

Nos questionários do Experimento Final foram respondidas perguntas sobre aspectos de volumetria e definições funcionais, bem como sobre contexto projetual e acesso a informações BIM em RA:

Etapa 5.5.2 - Estudos de volumetria e definições funcionais:

- Questionário 2.1 – Perguntas sobre o projeto;
- Questionário 2.2 - Adequação de modelo em BIM ao aplicativo Augment;
- Questionário 2.3 – Uso e manipulação do Modelo no Augment.

Etapa 5.5.3 - Proporção com entorno real com locação georeferenciada e espaços internos - Adequação de modelo em BIM georeferenciado ao app AR-Media:

- Questionário 2.4 - Questionário 2.4 – Perguntas sobre o projeto

### 3.2.4 Entrevistas – Grupo Focal

Por fim, foi realizado um grupo focal com a finalidade de debater sobre as impressões, opiniões e experiências dos alunos sobre as dificuldades, facilidades, potencialidades e uso de RA durante a concepção do projeto. Participaram desta etapa sete alunos, o autor e o professor orientador desta pesquisa. Os participantes fizeram parte dos experimentos, cinco participantes estiveram também presentes nos experimentos iniciais do uso da ferramenta, marcadores, iluminação e passos iniciais; quatro participantes como parte do grupo nos estudos em sala de aula durante a Disciplina Projeto IV e três participantes na experimentação final na Disciplina Modelagens 3D.

O grupo focal foi filmado para posterior transcrição e análise. Iniciou-se com formalidades e agradecimentos e explicou-se o objetivo do grupo focal de discutir as

vantagens, desvantagens, dificuldades e potencialidades do uso de RA junto ao contexto de concepção de projetos arquitetônicos. Este procedimento teve duração de 1 hora e dez minutos, foi iniciado às 10h30 e finalizou às 11h40.

Os temas debatidos foram: uso de RA durante o processo de concepção de Projeto (perguntas 1 e 2); uso dos aplicativos e dispositivos móveis (pergunta 3); aspectos pessoais de uso (perguntas 4 e 5). Em alguns casos levantou-se pontos por parte dos participantes do grupo focal que optou-se por reestruturá-los nos temas específicos. Especificamente, as questões foram:

- A tecnologia de RA facilita ou dificulta o processo de concepção de projetos arquitetônicos?
- Até que ponto a RA pode auxiliar no processo de concepção de Projetos? Em que momentos desse processo há mais vantagens na utilização da RA?
- Sob o aspecto de uso dos aplicativos de RA e do tablet, o que é de fácil ou difícil utilização?
- Você utilizaria RA voluntariamente por necessidade e interesse próprio?
- Fazendo um papel de futurólogo, como vocês imaginam que a RA será utilizada nos próximos anos?

### **3.3 Análises e interpretação dos dados**

#### **3.3.1 Análise Formal de Conteúdo**

Para analisar os resultados e funcionamento de ferramentas de BIM e RA sob aspectos dos experimentos iniciais e metodológicos, foram feitas análises formais de conteúdo nos seguintes experimentos:

- Uso de Ferramentas RA;
  - o E02 - Aplicativos e formatos;
- Ajustes Técnicos;
  - o E05 - Extração de informação;
  - o E06 - Escala e Posicionamento;
  - o E07- Posicionamento *in-loco*.

O objetivo da análise foi testar situações específicas no uso das ferramentas e a partir do entendimento sobre os softwares, tutoriais e experimentação de situações diversas. Na primeira categoria, Uso de Ferramentas RA, foram analisados os aspectos técnicos relacionados ao uso de marcadores, iluminação, aplicativos RA, formatos padrões de exportação e importação. O detalhamento de cada experimento está nos respectivos subcapítulos. Neles, foram analisados:

**Marcadores:** formas/geometria dos desenhos; cores; dimensões do papel impresso ou desenhado e sua leitura junto aos aplicativos;

**Iluminação:** como a visualização dos objetos 3D seria comprometida em três situações, em diferentes tipos de ambientes: abaixo de 50lux, entre 300-500lux e acima de 1500lux.

**Aplicativos e formato:** analisou-se e testou-se os limites das ferramentas em termos de tamanho, quantidade de faces e polígonos; e como diferentes formatos de importação e exportação se comportam junto com diversos aplicativos de RA.

**Extração de Informação:** analisou formas de exportar as informações do modelo BIM 3D para o ambiente em RA. Foram testadas duas possibilidades: utilizando imagens ou famílias com parâmetros compartilhados;

**Escala e Posicionamento:** analisou como o Augment reconhece o objeto virtual ao sobrepor tanto em escala no espaço real quanto à escala e posicionamento.

**Posicionamento *in loco*:** analisou formas de sobrepor o objeto virtual do edifício em escala sobre o terreno real.

### 3.3.2 Análise Comparativa

As etapas que passaram por Observação simples, Questionários ou Grupo Focal foram analisadas de maneira comparativa. Nessa análise comparou-se os itens em termos de uso de marcadores, iluminação, utilização e experiência do usuário entre outros, categorizando-os conforme os pressupostos, hipótese e objetivos do trabalho:

- Facilidades – demonstram eficiência em todos ou na maioria das situações propostas;
- Dificuldades - funcionam com dificuldade ou somente em algumas das situações propostas;
- Desvantagens - situações fora do controle ou considerados empecilhos ou trabalhosos e não-intuitivos durante o processo;

- Potencialidades - não demonstraram eficiência hoje ou não foram testados nessa dissertação, mas deverão ter potenciais usos futuros ou para outras experiências.

Essa etapa abrangeu os experimentos e etapas do experimento final:

- E01 - Marcador e Iluminação;
- Experimento Final:
  - o Experimento Completo;
  - o Questionários;
  - o Grupo Focal.

No Plano Experimental foram analisados pontos como: uso de marcadores; condições de iluminação; tipos de arquivo, tamanho e quantidade de polígonos; aplicativos, extração de informação do modelo BIM e preparação do modelo 3D arquitetônico. Além disso, foram definidos alguns itens que devem ser tomados como premissas para um uso fluido da RA junto ao processo de concepção de projeto e dizem respeito a estrutura e tecnologia necessárias para utilização, descritos nos capítulos anteriores e resumido nos resultados finais.

Para experimentação final, foram aplicados questionários aonde foi adotada a escala de 1 a 5 em que 5 reflete o melhor resultado como bom uso da ferramenta no processo projetual e 1, o pior (Apêndice 02).

### **3.3 Pesquisa e definição dos softwares e aplicativos**

Foram investigados diversos softwares de RA para computadores e aplicativos para celulares e tablets a partir de pesquisas em artigos recentes. Também foram realizadas buscas no Google e consultas direta com utilizadores de Realidade Aumentada e Virtual. Foram identificados softwares e aplicativos com potencial para atender as especificidades e permitir o desenvolvimento desta pesquisa. Ver Tabela 03.

**Tabela 03.** Aplicativos de RA

| <b>Aplicativo</b>              | <b>Vantagens</b>                                                                                                                             | <b>Permite personalizar marcadores?</b> | <b>Permite uso de múltiplos modelos simultâneos?</b> |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Augment                        | Facilidade de criação de marcadores próprios;<br>Possibilidade de usar cena 3D ou RA;<br>Modelo em RA mantém-se na tela ao perder o marcador | Sim                                     | Sim*                                                 |
| AR-Media                       | Permite Georeferenciamento;<br>Personalização de marcador apenas no plugin no windows                                                        | Sim**                                   | Não                                                  |
| Aumentaty Author               | Permite uso da câmera do notebook e windows.                                                                                                 | Não***                                  | Não                                                  |
| Vuforia / Unreal / AR Tool KIT | As possibilidades são infinitas por se tratar de ferramentas de programação.                                                                 | Sim                                     | Sim                                                  |

**Fonte:** autoral

\*Apesar de não permitir uso de múltiplos marcadores, pode adicionar múltiplos modelos na cena.

\*\*Apenas no aplicativo para Windows.

\*\*\*Deve-se escolher entre as dezenas de opções oferecidas pelo próprio software.

Todos os aplicativos tiveram seu uso testados ou apontados seus potenciais. De acordo com o verificado nas descrições tabela 03 e baseando-se nas vantagens e desvantagens os aplicativos escolhidos para os experimentos desta pesquisa foram o Augment. e o Ar-Media.

### **Augment**

O aplicativo permite o armazenamento dos modelos tanto na nuvem quanto no aparelho, facilitando o processo de uso, seja na versão desktop ou mobile. Além disso, mostrou-se ser o mais versátil sob o aspecto de criação de marcadores personalizados, detectando-os facilmente e não dissociando o modelo quando a câmera é desviada do marcador, mantendo o modelo na tela. Por esses motivos, o Augment foi escolhido para experimentação prática, seja para o ambiente de ensino, ou simulações em obra. Apesar de não permitir o uso de múltiplos marcadores com

diferentes modelos, ele aceita que sejam adicionados múltiplos modelos 3D na mesma cena.

### **AR-Media**

Dos aplicativos mobile testados, o Ar-Media é o único que permite georreferenciar o modelo, o que viabiliza apresentação de projetos *in loco*. Este atributo possibilita andar fisicamente pelo terreno enquanto se observa o modelo virtual no aparelho móvel. No quesito marcadores, não se mostrou tão versátil quanto o Augment, pois não permite a criação de marcadores no próprio aplicativo mobile. Essa criação de marcadores somente é possível (2017) no aplicativo para desktop e conectando o modelo ao marcador.

### **Aumentaty Author**

Percebe-se como maior vantagem no Aumentaty Author o software para desktop em que permite configurar múltiplos marcadores para diversos modelos 3D, imagens ou vídeos, ao contrário dos demais. Foram disponibilizadas algumas dezenas de opções de marcadores que podem ser impressos diretamente a partir de sua interface.

### **Vuforia/Unreal**

Esses softwares de RA e RV exigem maior conhecimento em programação e diversidade de conhecimentos em softwares. Dessa maneira, o processo torna-se inviável para este estudo pois a capacitação do usuário consumiria tempo necessário aos exercícios de projeto. O uso das funcionalidades e entendimento do sistema de programação são condicionantes para o bom uso dessas ferramentas.

### **ARTool Kit**

É um sistema aberto de programação de Realidade Aumentada com diversos scripts pré-programados para desenvolvimento próprio. É a base mais utilizada e citada nos artigos na área quando envolvem desenvolvimento e programação. Pelo mesmo motivo do Vuforia e Unreal, seu uso mais avançado não será considerado

nessa pesquisa por ser necessário programação e conhecimento aplicado para o desenvolvimento dos experimentos com essa ferramenta.

#### 4. RESULTADOS

Constatou-se como motivo para esse plano experimental a necessidade de entender o funcionamento da tecnologia de RA e aceitação dos alunos na utilização das ferramentas, especialmente no que tange as dificuldades de uso para que se resolvessem, antecipadamente, os pontos necessários para um bom desenvolvimento da experimentação final.

Foram desenvolvidos sete experimentos específicos nos quais foram analisados diversos aspectos tangíveis das tecnologias de RA para estruturação antecipada ao experimento final. Neles investiga-se as facilidades, dificuldades e melhores práticas para o uso das ferramentas de RA e BIM, estruturadas de maneira a possibilitar o entendimento gradativo no qual o aprendizado derivado dos testes anteriores sirvam de base para as etapas seguintes.

De início, e a partir de experiência própria do autor dessa pesquisa, sabia-se de possíveis dificuldades no uso de marcadores e iluminação inadequada que dificultasse a visualização, bem como da necessidade de melhor entender os limites das ferramentas. Com esses pontos em mente, iniciou-se por dois experimentos:

- **Experimento 01** - Uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados;
- **Experimento 02** - RA – Exportação e uso em Aplicativos.

Em seguida, percebeu-se a necessidade de testar experimentos já em sala de aula também com o intuito de antecipar possíveis dificuldades durante o uso final e, para isso, foram estruturados dois novos experimentos:

- **Experimento 03** - Teste de uso de RA durante apresentação de partido arquitetônico;
- **Experimento 04** - Orientação de projeto.

A partir da verificação nesses experimentos, novamente percebeu-se a necessidade de ampliar as possibilidades de aplicação de RA e elabora-se novos experimentos com a finalidade de solucionar pontos específicos, listados:

- **Experimento 05** - Extração de informações do modelo em BIM e uso em RA;
- **Experimento 06** - Teste de Escala e posicionamento;
- **Experimento 07** - Uso de RA com modelo locado no entorno.

#### **4.1 Experimento 01 - Uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados**

**Objetivo:** Testar uso de marcadores em ambientes diferentemente iluminados.

**Participantes:** seis alunos da disciplina Modelagem e Prototipagem do PPGAU, professor orientador dessa pesquisa, autor dessa pesquisa

**Instrumento de coleta de dados:** Observação Simples

**Instrumento de análise de dados:** Análise Comparativa

**Equipamentos utilizados:** Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Luxímetro

**Ferramenta utilizada:** Augment

**Local:** Laboratório MODPROT e CTH - UFPB

Nesse experimento é colocado como os marcadores podem ser utilizados de maneira facilitada junto a RA e, para isso, diferentes situações do uso em ambientes diferentemente iluminados foram investigadas. Foram selecionados 5 alunos da disciplina Prototipagem do programa do PPGAU do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB e testadas diferentes situações sob os aspectos de marcadores e iluminação do ambiente. Foi utilizado o Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2 e o aplicativo Augment. Esse aplicativo teve sua escolha definida devido a sua possibilidade de criar marcadores (trackers) de maneira mais facilitada no próprio tablet ou celular, podendo reconhecer imagens ou textos aleatórios como marcadores.

Marcadores são imagens, códigos ou padrões visuais que possibilitem a sobreposição de modelos 3D sobre eles, de maneira a mesclar objetos virtuais junto ao ambiente real. Esses marcadores devem ser impressos para facilitar o uso e

necessitam de uma boa iluminação para serem bem detectados pelos aplicativos instalados em aparelhos móveis.

Ao iniciar o processo, foram identificadas algumas dificuldades na leitura de marcadores “tradicionais” usados em softwares de RA, com padrão preto e branco e geometrias retangulares e de imagens com formas menos contrastantes e geometricamente bem definidas, independentemente do tamanho ou nível de iluminação local, conforme *Figura 6*.

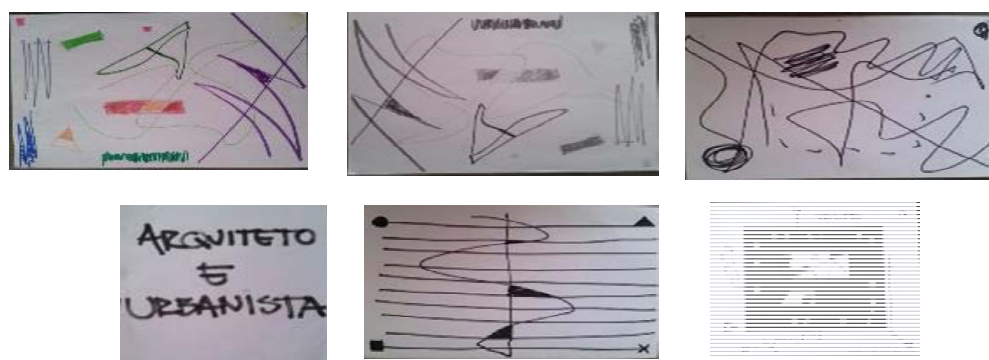
**Figura 6.** Imagem e marcadores tradicionais



Fonte: autoral

Retornando ao laboratório para entender como o Augment percebe as imagens, cores e padrões e foram testados diversos desenhos abstratos, geométricos, com cores ou em escala de cinza e com ou sem texto (*Figura 7*).

**Figura 7.** Marcadores personalizados

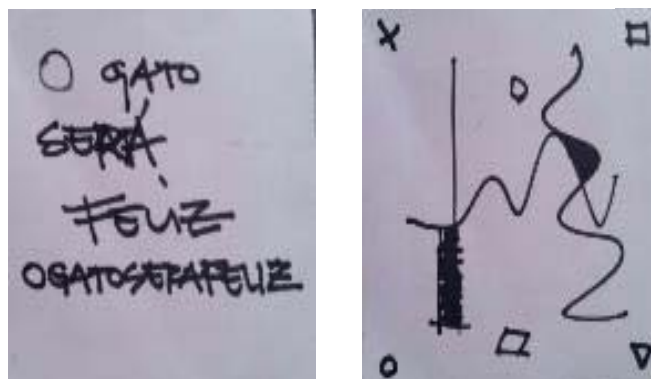


Fonte: autoral

Assim, foi verificado que os melhores padrões, para leitura mais rápida e facilitada, foram os que tinham textos com escrita mais grossa ou com desenhos abstratos e com os cantos preenchidos com diferentes formas, como nos exemplos

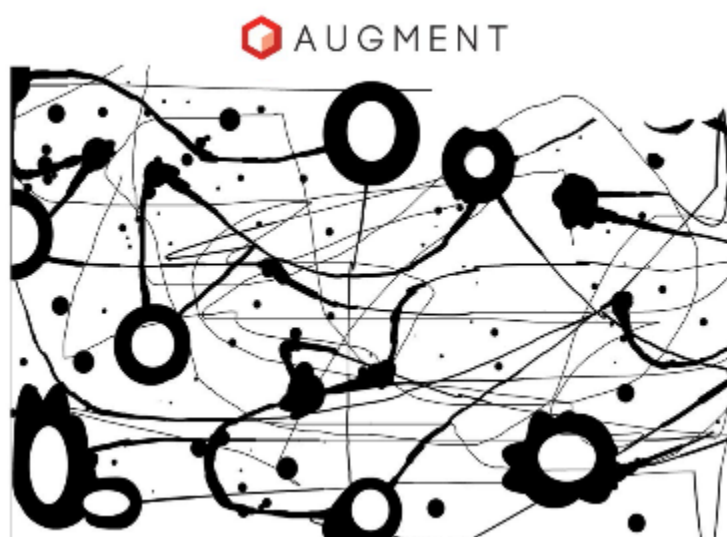
da **Figura 8**, com utilização de três marcadores: o padrão do Augment (**Figura 9**); textos simples, com escrita grossa e um criado pelo próprio aluno.

**Figura 8.** Marcadores personalizados



Fonte: autoral

**Figura 9.** Marcador padrão da Augment



Fonte: autoral

Com esses marcadores definidos, necessitou-se entender em quais situações de iluminação eles poderiam ser melhor detectados. Para isso, foram selecionados três ambientes com diferentes graus e com variação de iluminação em cada um de acordo com a posição do sol e a passagem de nuvens:

1. Externo com iluminação entre 1500-5000 lux;
2. Ambiente interno (simulando escritório ou sala de aula) com iluminação variando entre 300 – 500 lux;

3. Ambiente interno com baixa iluminação entre 7-50lux (simulando um ambiente sem lux artificial e pouca abertura externa como um ambiente em construção).

Com esses dados foi realizado o experimento nos dias 02/04/16 e 06/04/16 das 10h às 12h.

#### **4.1.1 Protocolo do experimento**

1. Em um ambiente aberto, com iluminação externa de 1500 lux (medida com luxímetro) abrir o aplicativo para Android, Augment;
2. Clicar no menu superior e selecionar para abrir o modelo tridimensional The Mansion, na aba History;
3. Apontar o tablet para o marcador padrão e reposicionar, rotacionar e escalonar adequadamente o modelo até sentir-se dominando os gestos em tela;
4. Rotacionar e distanciar o marcador ou o tablet até responder a perguntas: quantas janelas tem na casa?
5. Retirar a caneta e anotar seu nome na tela do tablet usando a Caneta Style e salvar o arquivo;
6. Num segundo ambiente interno, com 300 lux, fechar e reiniciar o Augment;
7. Iniciar um novo modelo: Mestrado-T1-Casa-da-Cascata.3DS;
8. Criar um novo marcador a partir de um já pré-estabelecido;
9. Responder: quantos pavimentos tem a casa? Manipular à vontade o modelo até responder à pergunta e utilizar Caneta Style para anotar na tela seu nome e a resposta;
10. Num terceiro ambiente, mais escuro, com 15 lux, criar um marcador novo e testá-lo até que ele funcione sem perdas do modelo;
11. Adicionar um novo modelo, clicando em “Adicionar Modelo” no menu inferior: Le module (animation test);
12. Ajustar o Le Module para deixá-lo em escala humana junto com a Casa da Cascata;
13. Utilizar Caneta Style para anotar a resposta na tela.

### 4.1.2 Resultados

De uma maneira geral, obteve-se sucesso no desenvolvimento das tarefas apresentadas por parte dos voluntários. Com a marcação dos tempos de cada etapa foi verificado que:

#### Marcadores

Nos primeiros testes, a dificuldade na leitura dos marcadores padrões preto e branco, comuns na maioria dos softwares de Realidade Aumentada não funcionaram. O Augment percebeu melhor os padrões diferentes, desenhos abstratos, com cor ou não, mas com um padrão abstrato, especialmente nos cantos. Quanto mais variado o marcador, melhor a imagem mesmo quando vista somente em parte. Escritas, especialmente com uma tinta mais grossa e com algum desenho abstrato de fundo demonstraram-se como excelentes marcadores especialmente pelo fato de poder improvisar em obra ou em qualquer local sem acesso a impressora. Em todas as situações, o melhor marcador utilizado, mesmo em situações de menor intensidade lumínica foi o padrão da Augment, devido ao fato do aplicativo direcioná-lo para atingir todos os pré-requisitos. A **Figura 10** mostra alguns dos marcadores finais criados pelos próprios voluntários:

**Figura 10.** Marcadores personalizados pelos alunos



Fonte: autoral

O marcador padrão selecionado para o experimento, além do padrão Augment foi o da *Figura 11*:

**Figura 11.** Marcador padrão do experimento



Fonte: autoral

## **Manipulação do objeto**

Três dos cinco participantes preferiram manipular diretamente o modelo, no tablet, utilizando os gestos padrões do aplicativo ao invés de rotacionar o marcador. Essa preferência foi justificada devido ao tamanho do tablet dificultar a manipulação do marcador. Além disso, em vários casos, o marcador estava posicionado a distância maior que o comprimento do braço do voluntário. Nesses casos era necessário aproximar-se fisicamente acarretando um aumento da escala do modelo, no tablet e perdia-se a noção de escala e posicionamento do modelo, sendo necessário distanciar-se novamente para voltar a visualizá-lo.

## **Iluminação**

Percebeu-se que nos ambientes internos ou externos com iluminação entre 300-1500 lux todos os marcadores se comportaram perfeitamente, enquanto que o ambiente com intensidade de 7-50lux e ambientes com mais de 1500lux foram de difícil leitura dos marcadores. Essa dificuldade foi contornada ao ligar o flash do dispositivo móvel e utilizar marcadores com contraste maior e melhor definidos ou o padrão da Augment. Para ambientes muito iluminados, acima de 1500lux, notou-se a necessidade de sombrear o marcador.

## **4.2 Experimento 02 - RA – Exportação e Uso em Aplicativos Mobile**

**Objetivo:** Testar formatos de exportação e limite de tamanho e polígono suportado pelas ferramentas e equipamentos

**Participantes:** autor dessa pesquisa

**Instrumento de coleta de dados:** Capacitação e Investigação Ferramental

**Instrumento de análise de dados:** Análise Formal de Conteúdo

**Ferramenta utilizada:** Augment, ArMedia e Aumentaty Author

**Equipamentos utilizados:** Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Notebook HP i7, 16gb RAM, Placa de Vídeo Geforce 740M

**Local:** Laboratório MODPROT e CTH - UFPB

Existem limitações distintas para cada aplicativo de RA e aparelho móvel. Em todos os casos, ainda não existe (2017) uma interface de modelagem tridimensional direta que elabore o modelo e já o utilize em RA. Disto resulta a necessidade de

interoperabilidade entre diferentes softwares, também por isso a necessidade de entender os limites para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Testaram-se especificamente os modelos em BIM (Autodesk Revit) de três diferentes projetos arquitetônicos com diferentes complexidades em termos de área (residência unifamiliar, residência multifamiliar e hotel). Foram geradas fichas técnicas sobre estes modelos para testar utilização em três softwares de Realidade Aumentada: Augment, ArMedia e Aumentaty Author.

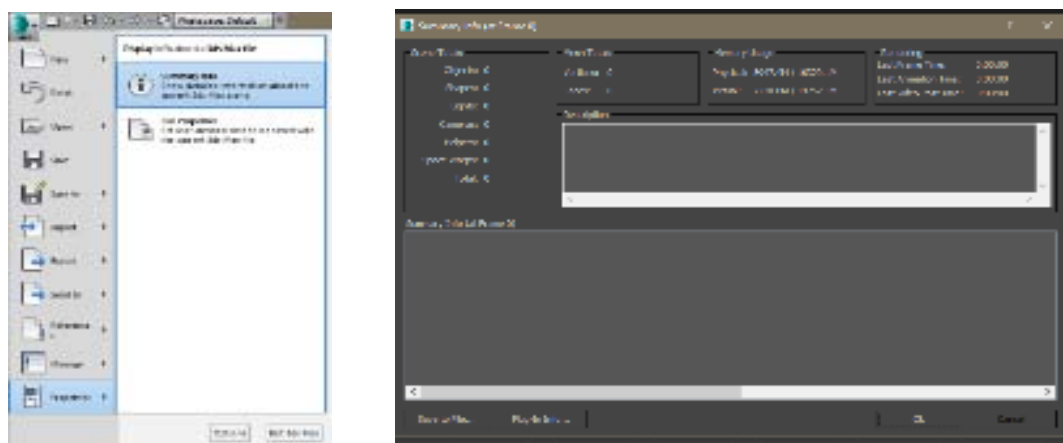
Com isso, pôde-se averiguar o limite para o tamanho dos arquivos, quantidade de faces e polígonos e os formatos de arquivo. Executou-se todos os testes em um Notebook HP, processador i7, 16gb de RAM, placa de vídeo Geforce 840M com tablets e aparelhos celulares android e ios como: Samsung SV, Iphone 4 e 5, Tablet Galaxy Note Pro 12.2.

Para essa etapa foi utilizado o procedimento abaixo:

#### 4.2.1 Protocolo de Exportação do 3DsMax e verificação de arquivo

1. Abrir o Autodesk 3DsMax 2016 e usar a opção link Revit para importar as etapas do modelo arquitetônico em BIM para cada situação:
2. No Autodesk 3DsMax 2016, acessar a ferramenta 3max / Properties / Summary Info e verificar a quantidade de Polígonos e faces dos modelos (*Figura 12*):

**Figura 12.** 3DsMax - Verificação de polígonos e faces



**Fonte:** autoral

3. Exportar os arquivos nos formatos *3ds*, *dae*, *obj* que são os principais formatos aceitos nos softwares de Realidade Aumentada;

4. Abrir os softwares Aumentaty Author (Windows), ArMedia (Tablet) e Augment (Tablet) e seguir protocolo de teste específico para cada um dos softwares Windows e aplicativos android;

5. Para cada um dos softwares, testar a eficiência do modelo sob os aspectos: tamanho de arquivo; tempo de exportação;

Verificam-se as fichas técnicas dos três modelos testados na tabela 04:

**Tabela 04.** Tamanhos, faces e tipos de arquivo

|                                 | <b>Modelo 01<br/>Residência<br/>Unifamiliar</b> | <b>Modelo 02<br/>Residência<br/>Multifamiliar</b> | <b>Modelo 03<br/>Residencial<br/>Multiuso</b> |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Número de Vértices</b>       | 76.062                                          | 231.930                                           | T1 3.080.837 / T2 283.437 / T3 81.206         |
| <b>Número de Faces</b>          | 142.953                                         | 369.181                                           | T1 6.290.040 / T2 660.726 / T3 248.358        |
| <b>Tamanho do arquivo (3ds)</b> | 1,83 Mb                                         | 7,4 Mb                                            | T1 218.2 Mb / 21,3 Mb / 13,7 Mb               |
| <b>Tamanho do arquivo (obj)</b> | 12,2 Mb                                         | 28,7 Mb                                           | T1 385 Mb / T2 205,5 Mb / T3 7,4 Mb           |
| <b>Tamanho do arquivo (dae)</b> | 22,3 Mb                                         | inoperante                                        | inoperante                                    |

Após a primeira etapa de testes de exportação, constatou-se que:

- Em termos de tamanho físico em HD (*hard disk*), o *3ds* foi, em todos os testes, o menor deles, enquanto que o *obj*, o maior, podendo variar até 10x maior;
- No aspecto de velocidade exportação a partir do 3DsMax para os formatos utilizados, o mais rápido foi o *3ds*, levando apenas alguns segundos mesmo nos arquivos mais complexos. O arquivo *dae* foi o mais demorado, variando de quase uma hora (Residência Unifamiliar) para mais de 8 horas (Residencial Multiuso). Por este motivo, o formato *dae* foi cancelado dos testes por não ser considerado um formato prático para utilização no dia a dia.

- Ao exportar arquivos para .3ds, o 3DsMax não o fez quando o mesmo objeto teve mais de 640mil vértices. Nestes casos, editou-se a malha do modelo e dividi-la até que tenha um número menor. Este problema foi detectado no modelo 03.

## 4.2.2 Protocolos Específicos de Teste de Software

### Augment

A explicação do processo com o Augment está passo a passo no Apêndice 03 – Protocolo de uso do Aplicativo Augment, pois ele será utilizado em outros momentos desta pesquisa.

Para utilizar um modelo próprio no Augment foi necessário fazer o envio ao servidor, sendo que o tamanho máximo de envio é de 100Mb, impossibilitando o envio do arquivo Prime (T2 *obj* - simplificado), *obj* com 214Mb, sendo exportados dos aplicativos e importados no website da Augment (<http://agmt.me>) os demais formatos.

Devido ao procedimento de uso, cadastro e importação ter sido utilizado em outros momentos nessa pesquisa, ele foi apresentado no Apêndice 03.

No Residencial, o arquivo *dae*, que não apresentou os materiais do modelo e no, no Edifício Multiuso o arquivo *3ds* se apresentou-se com bastante falhas na malha de triangulação e o arquivo *dae* não se apresentou com os materiais do modelo. Nesse caso, o melhor dos formatos foi *obj* que apresentou somente algumas pequenas falhas.

### ArMedia

Criou-se arquivos em Realidade Aumentada no ArMedia após instalação do *plugin* gratuito para o 3DsMax. Existem *plug-ins* para outros softwares como Sketchup, VetctorWorks, Maya, Cinema 4D, além dos aplicativos para celular com sistema Android e IOS. Como utilizou-se os procedimentos de uso desta ferramenta em outros momentos da pesquisa, optou-se por apresentar o protocolo de uso da ferramenta no Apêndice 04 – Protocolo de uso do Aplicativo AR-Media.

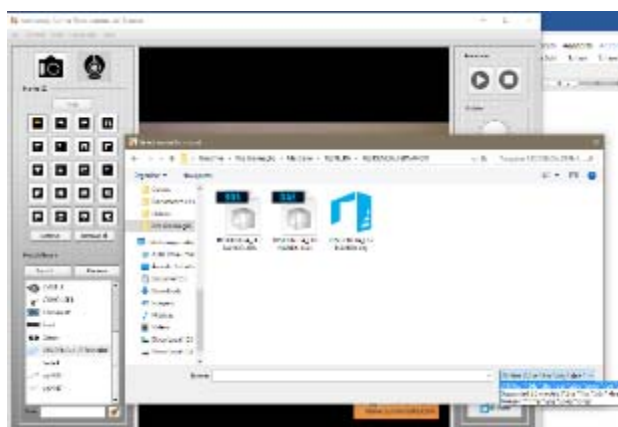
Abriu-se sem falhas as Residências Unifamiliar e Multifamiliar. No segundo caso, porém, foram percebidas algumas dificuldades na leitura junto ao marcador. Na

última tentativa, com Edifício Multiuso, a versão com somente paredes abriu perfeitamente enquanto que as demais (simplificada e completa) não abriram.

### Aumentaty Author

Nos softwares para Windows, Aumentaty Author, foram exportados e analisados os modelos no software para Windows, Aumentaty Author (*Figura 13*).

**Figura 13.** Aumentaty Author - Tela de importação



Fonte: autoral

### Modelo 01. Residência Unifamiliar

O arquivo importado em formato 3ds obteve total reconhecimento das faces e materiais conforme mostrado na *Figura 14*.

**Figura 14.** Aumentaty Author - formato 3ds



Fonte:aEutoral

O arquivo importado em formato *dae* reconheceu as faces, mas não identificou os materiais conforme mostrado na *Figura 15*.

**Figura 15.** Aumentaty Author - formato dae



Fonte: autoral

O arquivo importado em formato *obj* não identificou as faces e os materiais apresentando uma triangulação falha conforme mostrado na *Figura 16*.

**Figura 16.** Aumentaty Author - formato obj

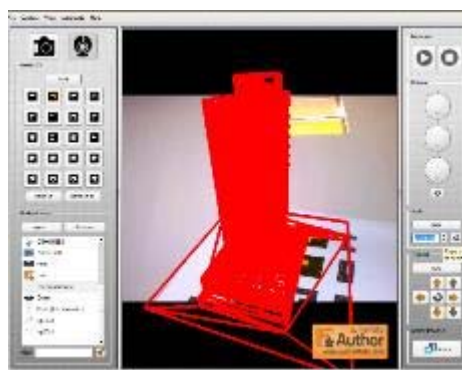


Fonte: autoral

### Modelo 02. Residência Multifamiliar

O teste em formato *3ds* apresentou erro ao importar o arquivo. O programa parou de funcionar, enquanto que da mesma forma que o teste anterior, o arquivo *obj* apresentou somente arestas do modelo, não apresentando faces ou materiais conforme mostrado na *Figura 17*.

**Figura 17.** Aumentaty Author - formato 3ds



**Fonte:** autoral

### Modelo 03 Edifício Multiuso

Como terceiro modelo de teste o edifício multiuso. Ele continha mobiliário interno e externo o que aumentou consideravelmente o número de faces. O modelo exportado, assim como o Edifício Residencial, anteriormente testado, não pôde ser aberto em nenhuma das extensões propostas por se tratar de um arquivo muito complexo.

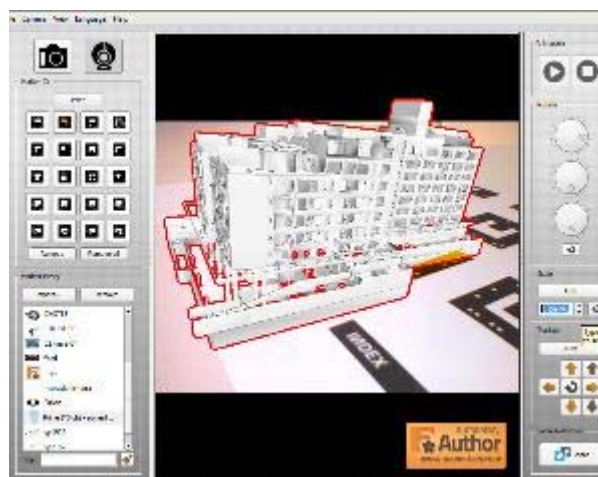
Dessa maneira, foram testadas versões simplificadas dele em três níveis:

- Teste 1 - arquivo completo
- Teste 2 - arquivo sem mobiliários e sem corrimãos e montantes de janelas (*layers* com maior número de faces e vértices)
- Teste 3 - somente paredes *Figura 18*.

Como resultado, no Teste 1, nenhuma das extensões abriu, causando *fatal error* no software. Em Teste 2, o arquivo *3ds* também não abriu, mas o arquivo *obj*,

por outro lado, se comportou de maneira correta em termos de uso de faces, mas não em termos de materiais. Em Teste 3, com somente as paredes o arquivo abriu.

**Figura 18.** Aumentaty Author - Modelo03



Fonte: autoral

As configurações de (objetos, escala, rotação em cada marcador) pode ser salva e exportada para uso no aplicativo mobile, Aumentaty Viewer, clicando em File - Export - Export to Viewer for Mobile Platform. Desta maneira, foi exportado em formato *atm* e copiado no dispositivo via USB no computador e aberto diretamente no navegador de arquivos, no tablet, atualmente (06/2016) apenas arquivos *obj* foram aceitos nessa exportação.

#### 4.2.3 Resultados dos Experimentos de importação e exportação

1. O tamanho do arquivo influenciou diretamente na leitura dos modelos, especialmente nos dispositivos móveis, sendo que os arquivos maiores, foram lidos de maneira menos fluida;

2. Cada software tem suas peculiaridades de comportamento quanto a leitura dos diferentes formatos, e não houve uma conclusão definitiva de qual formato seria mais indicado; Desta maneira, indica-se aos usuários testarem as diversas opções.

3. Os aplicativos de RA tiveram desempenho variável em distintas situações. Concluiu-se que para ações específicas, os pontos fortes dos softwares são: Ar-Media permite o georeferenciamento; o Aumentaty Author permite múltiplos modelos; o Augment permite uma usabilidade facilitada para criação de marcadores;

4. É necessário posicionar a geometria do modelo no ponto base “0,0,0”; pois essa é a referência de posicionamento em relação ao marcador.;

5. Os arquivos mais complexos, com maior número de vértices e faces demonstraram instabilidade na sua importação para os softwares de Realidade Aumentada. Dessa maneira, conclui-se que o arquivo precisa ser reduzido. Por exemplo, indica-se que para cenas externas, o modelo contenha somente fachadas e para ambientes internos, manter somente os ambientes em questão.

### **4.3 Experimento 03 – Uso de RA durante apresentação de partido arquitetônico**

**Objetivo:** Observar comportamento dos alunos durante o uso da RA

**Participantes:** oito alunos da disciplina Projeto IV, o professor orientador dessa pesquisa e o autor

**Instrumento de coleta de dados:** Observação Simples

**Instrumento de análise de dados:** Análise Comparativa

**Ferramenta utilizada:** Augment

**Equipamentos utilizados:** Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Notebook HP i7, 16gb RAM, Placa de Vídeo Geforce 740M; Projetor

**Local:** Ateliê de Projeto e CTH - UFPB

Neste experimento o objetivo foi avaliar o comportamento dos alunos diante da tecnologia, sem nenhum treinamento ou conhecimento anterior sobre o uso das ferramentas de RA. Essa fase foi estruturada para observar possibilidades e situações diferentes das planejadas para o presente estudo. Estiveram presentes oito alunos da disciplina Projeto IV. verificar como os alunos se portariam diante de uma tecnologia pouco conhecida entre eles e como eles tirariam proveito de maneira que pudesse apresentar seus trabalhos de forma que a RA os auxiliasse no momento desta apresentação de seus projetos.

Antes de iniciar o experimento, foi enviado previamente os modelos dos partidos arquitetônicos (formato *obj*) para upload no site <http://www.augment.com/> para que os alunos tivessem à sua disposição todo material necessário para uso durante suas defesas. Durante a apresentação de seus projetos, eles tiveram à sua disposição 2 banners impressos, maquete física esquemática e modelo 3D conectado em RA. Quanto a estrutura previamente montada, dispunham de Tablet 12.2"

conectado ao projetor para facilitar a visualização e interação com a turma e aplicativo Augment e modelo 3D.

Os alunos não tiveram treinamento e não desenvolveram protocolo de sequência ou uso anterior ao experimento. Por este motivo sentiu-se a necessidade de algumas instruções individuais na medida em que foram solicitadas que consideraram:

- Manuseio do aplicativo (rotacionar, escalonar, posicionar, resetar posição);
- Melhor posicionamento da câmera em relação ao marcador;
- Possibilidade de manuseio no marcador (aproximando ou girando fisicamente).

Os projetos já haviam sido desenvolvidos durante as aulas anteriores e estavam em fase de estudo conceitual e volumétrico. Os alunos tiveram 10 minutos para apresentar seus projetos (*Figura 19*) e os demais alunos e professor cinco minutos para debater. Durante o processo foi analisado como os alunos evoluíram na utilização do equipamento e aplicativo; quais novas ideias e possibilidades criaram; quais dificuldades perceberam e, por fim, quanto o uso de RA foi útil durante aquela etapa de projeto.

**Figura 19.** Alunos apresentando projeto



Fonte: autoral

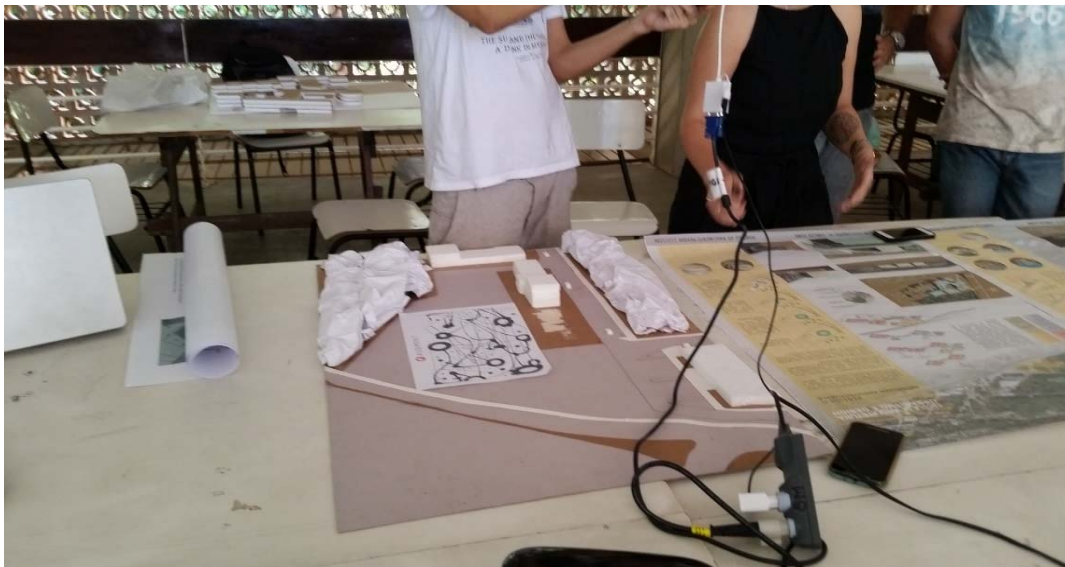


### 4.3.1 Resultados Experimento 03

Durante o processo, foram percebidas uma série de dificuldades por parte dos alunos bem como suas próprias soluções para contorná-las. Entre elas:

- **Necessidade de Equipamentos:** Em alguns momentos os alunos precisaram destacar algum detalhe de seus partidos arquitetônicos. Para facilitar, foi disponibilizada caneta laser para que pudessem, enquanto seguravam o tablet, apontar na projeção o ponto de interesse para devida apreciação por parte da turma;
- **Quantidade de fios:** A quantidade de fios que conectava o projetor e energia, em alguns momentos atrapalharam a visualização do modelo ou da própria projeção. Nestes casos, os alunos optaram por organizar os fios ou simplesmente ignorá-los (*Figura 20, Figura 21Figura 22Figura 23Figura 24*);
- **Abertura de modelos simultâneos:** Os alunos apresentaram duas propostas e ambas estavam abertas, no Augment, ao mesmo tempo, como um arquivo único. Isso dificultou o momento do giro do modelo, quando queriam mostrar somente um ou outro devido ao algoritmo de giro o fazer em torno do eixo geral entre eles. Dessa maneira, tinham que girar e mover várias vezes para chegar no ângulo que precisavam mostrar. A partir daí, optou-se por abrir os modelos separadamente;
- **Manipulação do marcador:** A maioria dos alunos optou por manipular o objeto diretamente no Tablet, ao invés de utilizar o marcador impresso;
- **Dificuldade inicial:** De início, foi percebido um uso mais cauteloso com o equipamento e possibilidades do uso do modelo. Na medida em que as apresentações avançaram, os alunos melhoraram sua desenvoltura no manuseio do tablet e entenderam melhor o que poderia ser feito e uma maior noção de como deveriam apontar a câmera e uso devido do marcador.

**Figura 20.** Fios e conexões de vídeo e energia



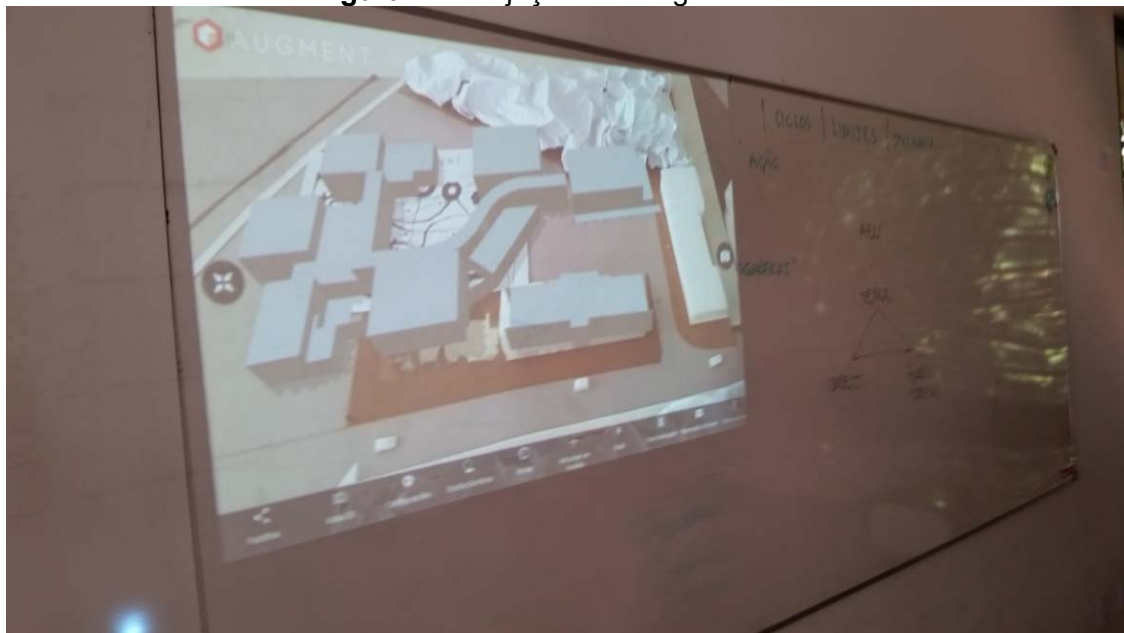
**Fonte:** autoral

Em termos de facilidade e potencialidade destacaram-se:

- **Novas percepções na visualização do modelo 3D em RA:** durante o processo os alunos fizeram várias citações ao modelo tridimensional demonstrando que ele pôde ser útil, mesmo com a maquete física e banners com imagens apresentadas. Dessa maneira e em vários momentos os alunos voltaram ao modelo RA para explicar algo que não ficou claro com o material dos banners, imagens 3D ou maquete física;
- **Maquete física + Modelo 3D em RA:** em certo momento, os próprios alunos tiveram a ideia de mesclar a maquete física do entorno com os partidos visualizados em RA, unindo ambas a realidades e cumprindo com o pressuposto de uso da Realidade Aumentada;
- **Fortalecimento de atividades em grupo:** Alguns alunos tiveram uma desenvoltura e uma facilidade de manuseio das ferramentas melhor que outros. Em alguns momentos esses alunos ajudaram aos outros, segurando o tablet, posicionando melhor os marcadores e manuseando o modelo enquanto o apresentador explanava;

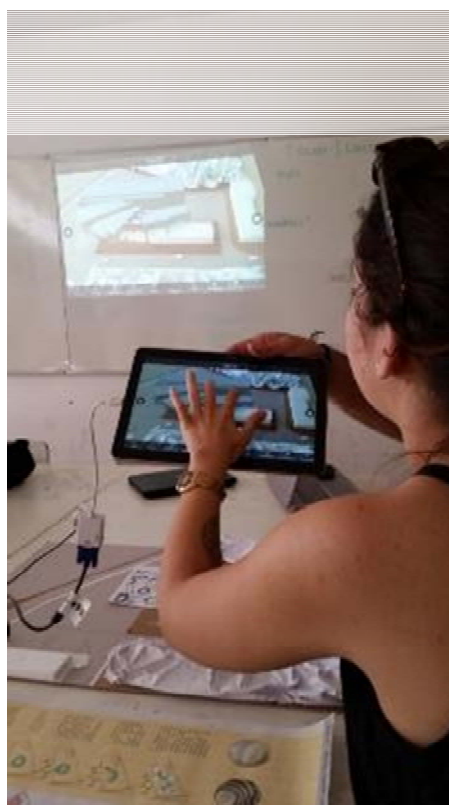
- **Usos extras:** O uso do tablet conectado à internet também gerou usos diversos, como pesquisar imagens no google que enriqueceram a discussão.

**Figura 21.** Projeção de imagem em RA



**Fonte:** autoral

**Figura 22.** Aluna manipulando modelo no tablet e visualizando na projeção



**Fonte:** autoral

**Figura 23.** Alunos se ajudando, segurando o tablet



Fonte: autoral

**Figura 24.** Apresentação de projeto utilizando ferramentas de RA



#### 4.3.2 Constatações para considerar na sequência das experimentações

Com o experimento finalizado foram constatados que para uma melhor utilização da RA junto ao contexto de elaboração de projeto, surgem as recomendações a seguir:

1. Manter a câmera fixa num tripé para facilitar apresentações, visto que o aluno teria as mãos livres para apontar, pesquisar ou manipular o modelo em RA ou o marcador fixo;
2. Oferecer treinamento do uso do aplicativo de RA anterior ao uso na exibição de projetos;
3. Predefinir objetivos de enquadramento ou visualização do modelo em RA para apresentação e uso de RA;
4. Usar maquete do contexto urbano do projeto combinado com modelos em RA;
5. Utilizar o tablet conectado à internet;
6. Reduzir a quantidade de fios na conexão dos equipamentos em uso para visualização do modelo em RA.

#### 4.4 Experimento 04 – Orientação de Projeto

**Objetivo:** Avaliar vantagens, desvantagens e dificuldades no uso da RA no processo de concepção de projetos arquitetônicos

**Participantes:** cinco alunos da disciplina Projeto IV, o professor orientador dessa pesquisa e o autor

**Instrumento de coleta de dados:** Observação Simples

**Instrumento de análise de dados:** Análise Comparativa

**Ferramenta utilizada:** Augment

**Equipamentos utilizados:** Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Notebook HP i7, 16gb RAM, Placa de Vídeo Geforce 740M; Projetor

**Local:** Ateliê de Projeto e CTH – UFPB

A disciplina de Projeto IV, no curso de Arquitetura e Urbanismo, teve como fundamento o desenvolvimento de projetos. Estes projetos, que por sua vez, tiveram de ser discutidos e apresentados em sala de aula, junto ao professor e aos alunos na experimentação anterior. Considerou-se, a partir de então, utilizar-se do momento da

concepção de projeto, em uma das aulas, para utilizar-se da RA como forma para discutir em sala de aula sobre cada um dos projetos e verificar quanto os alunos poderia aproveitar melhor a tecnologia de RA que utilizaram no experimento anterior. Ainda neste contexto, previu-se analisar aspectos que pudessem interferir durante o “tira-dúvidas” dos alunos.

O objetivo da apresentação foi fazer com que os alunos pudessem apresentar os seus projetos, durante orientação coletiva, utilizando seus modelos em RA. Foram selecionados 5 alunos da disciplina Projeto IV que enviaram seus modelos tridimensionais e fizeram upload no site da Augment. Para isso foi seguido um protocolo simples:

1. Fazer upload do modelo no site do Augment;
2. Abrir seu modelo RA no tablet;
3. Com o tablet acoplado no tripé, apontar para o marcador com cenas pré-definidas para discussões coletivas.

Portanto, foi escolhido por visualizar o uso da RA para orientação de seus projetos tendo a possibilidade de uso da câmera fixa em tripé ou manipulada manualmente. O tablet ficou fixado no tripé (*Figura 25*) por intermédio de uma base (*Figura 26*) confeccionada especificamente para aquele fim para que o tema da discussão ficasse focada naqueles pontos específicos.

O tablet foi conectado a um computador via wi-fi com uso dos softwares Mobizen ou Vysor e o computador conectado num projetor. O Mobizen mostrou-se mais versátil enquanto a internet estava estável, mas tem a necessidade de uma conexão estável, enquanto o Vysor permite uma conexão USB diretamente do tablet para o notebook ou via Wi-fi mesmo sem uso de internet. Dessa maneira, toda a turma acompanhou melhor a visão obtida na tela do tablet sem a necessidade de estar se agrupando e se deslocando e sem, necessariamente, a necessidade de internet.

**Figura 25.** Tablet fixado em tripé e ligado via wi-fi



**Fonte:** autoral

**Figura 26.** Base para fixação do tablet no tripé



**Fonte:** autoral

Inicialmente, sobre a mesa de estudo posicionou-se a maquete física do entorno e o marcador (posicionado no local onde o projeto em questão deveria estar localizado) para simular uma locação real unindo a maquete física com o modelo virtual. Em seguida, apontou-se a câmera do tablet para o marcador padrão do Augment para abrir o modelo e iniciar as apresentações e discussões sobre os projetos.

Com o projeto aberto discutiu-se sobre o partido arquitetônico de cada um dos alunos tomando como base três pontos principais a fim de resolver questões e dúvidas ou escutar a opinião dos demais colegas de turma. Para melhor entender os projetos, foram selecionadas algumas vistas fixas de cada um dos projetos.

Durante as apresentações, foram adotadas algumas sugestões dos alunos, professor ou do autor da pesquisa como: apontar o tablet para computador pessoal (Figura 1) com o intuito de mostrar algumas cenas mais difíceis de serem acessadas via meio RA tradicional; riscar no quadro alguma sugestão ou ideia sobre a imagem projetada em RA (*Figura 28*); rabiscar sugestões e ideias no próprio tablet com caneta especial da Samsung (*Figura 29 e Figura 30*) e apontar o tablet para imagens impressas com a finalidade de mostrá-las (

Figura 31) na projeção.

**Figura 27.** Tablet apontado para notebook



**Fonte:** autoral

**Figura 28.** Inserção de desenho em quadro na Imagem projetada em RA

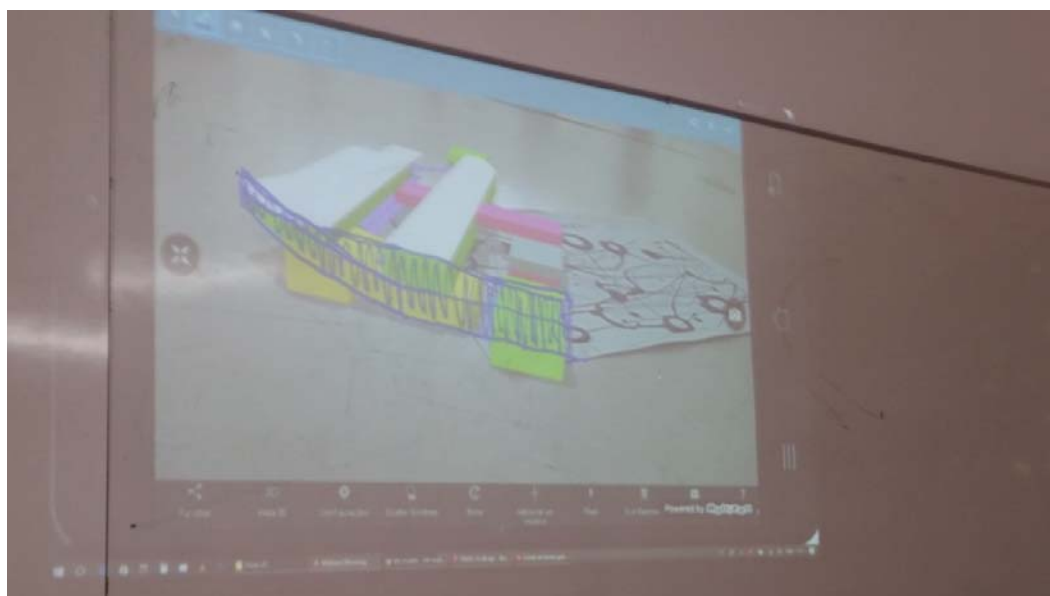


**Figura 29.** Rabiscos no tablet utilizando caneta Samsung



**Fonte:** autoral

**Figura 30.** Rabiscos no tablet utilizando caneta Samsung



**Fonte:** autoral

**Figura 31.** Imagem impressa apontada para tablet



Fonte: autoral

#### 4.4.1 Resultados Experimento 04

**Vistas na altura do observador:** a maior dificuldade percebida durante essa fase foi ao tentar usar câmeras na vista do observador, pois o marcador era perdido pela câmera e o modelo saía de sua posição normal.

**Facilidade com a ferramenta:** os alunos que já haviam tido uma experiência com a tecnologia no experimento 03, utilizaram-na de maneira bem mais intuitiva e fluida durante suas apresentações, reforçando a necessidade de um treinamento prévio.

**Usos de diferentes formas de visualização:** Em vários momentos, também foram utilizadas fotos ou o próprio modelo virtual no Revit ou Sketchup, ou ainda 2D do AutoCAD. Nesse contexto, aproveitou-se para reforçar que a ideia do uso de um ou outro meio não anula os demais.

O uso de RA durante o processo é semelhante ao uso de modelos 3D convencionais, utilizados e visualizados diretamente no computador, mas a maneira em que a aula foi conduzida forçou o uso da RA de maneira didática explorando a discussão do projeto e considerando as possibilidades em que a RA poderia agregar valor.

#### 4.5 Experimento 05 - Extração de informações do modelo em BIM e uso em RA

**Objetivo:** verificar maneiras de extrair informação do modelo BIM para ambiente RA

**Participantes:** professor orientador dessa pesquisa e autor dessa pesquisa

**Ferramenta utilizada:** Autodesk Revit, Augment

**Instrumento de coleta de dados:** capacitação e investigação ferramental

**Instrumento de análise de dados:** análise formal de conteúdo

**Equipamentos utilizados:** Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2;

**Local:** Laboratório MODPROT, CTH - UFPB

Durante as fases anteriores, verificou-se a necessidade de utilizar o “I” do BIM, que corresponde ao componente informativo atrelado ao modelo e aos objetos contidos nele.

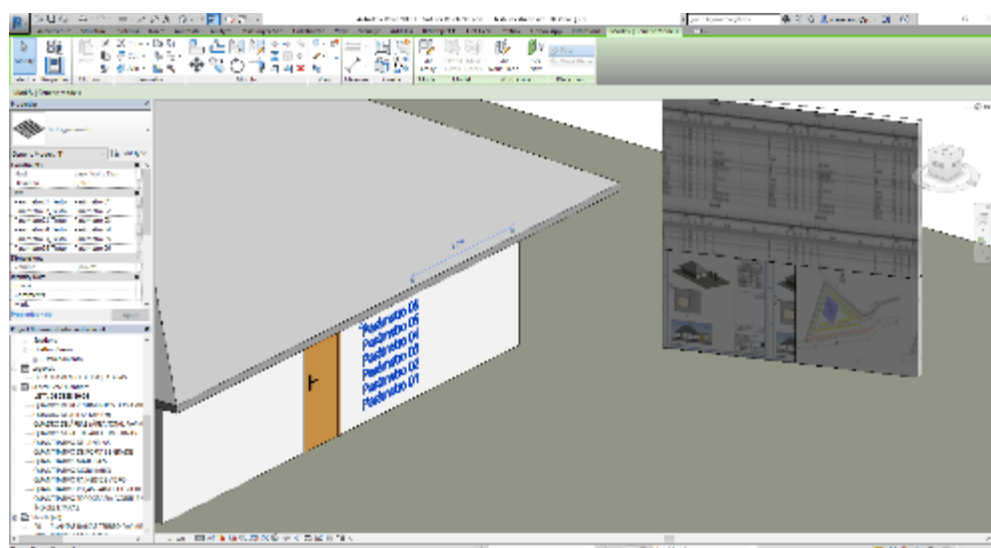
Como não era possível (em 2017) utilizar a RA numa interface simultânea de elaboração e visualização, foi necessário criar uma etapa adicional ao processo considerando importações e exportações de arquivos. Além disso, informações 2D como linhas, textos e cotas não são exportados para aplicativos de RA, então havia a necessidade de investigar como conseguir contornar essa situação, considerando que os softwares de RA não trazem informações e parâmetros nativos aos aplicativos de visualização.

Foram previstas duas maneiras de trazer as informações para o ambiente dos aplicativos de RA (*Figura 32*). As duas soluções foram testadas e consideradas válidas:

1. A tela foi capturada e a partir da utilização de um software de edição de imagem externo foi aplicada uma textura em algum painel dentro do próprio modelo 3D. Essas imagens continham textos, tabelas com quantitativos ou legendas. No *Autodesk Revit* foram criados três materiais chamados: *Informação\_01*, *Informação\_02* e *Informação\_03*. Cada um deles apontando para um arquivo de imagem previamente editados. Para adicionar as informações as telas poderiam ser salvas com *printscreen* – captura de tela - e salvando substituindo as imagens na configuração dos materiais;
2. Foi desenvolvida uma família, com parâmetros compartilhados ou globais que podiam ser editados manualmente e vinculados aos parâmetros dos objetos ou projeto. A família foi criada para ser aplicada em faces do modelo e continham 6 textos em 3D (*model text*), cada um com um parâmetro de

visibilidade instanciado que podem ser ligados ou desligados, conforme necessidade. Opcionalmente esses parâmetros podiam ser substituídos por parâmetros compartilhados a fim de adquirir a informação da família automaticamente ao alterar as informações delas, como fabricante, dimensões, materiais e outras informações pertinentes. Por se tratar de uma configuração mais avançada, apenas deixa-se registrado o potencial e possibilidade, mas não serão parte dessa pesquisa como processo ou sequência de elaboração do modelo.

**Figura 32.** Imagem do Revit com as duas possibilidades de compartilhar informações com o modelo em RA



Fonte: autoral

#### 4.6 Experimento 06 - Teste de escala e posicionamento

**Objetivo:** analisar escala e posicionamentos reais dos objetos em RA

**Participantes:** professor orientador dessa pesquisa e autor dessa pesquisa

**Instrumento de coleta de dados:** capacitação e investigação ferramental

**Instrumento de análise de dados:** análise formal de conteúdo

**Ferramenta utilizada:** Augment, Autodesk Revit

**Equipamentos utilizados:** Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; Notebook

**Local:** Laboratório MODPROT, CTH - UFPB

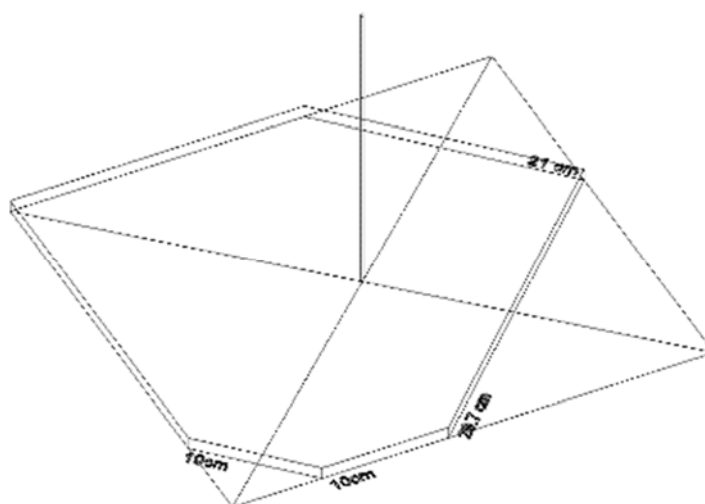
Durante as experimentações anteriores, foi sentida a necessidade de colocar os modelos em escala real ao invés de simplesmente visualizá-los e adequá-los às

situações. Essa constatação se torna viável devido à necessidade de posicionar o projeto escalonado sobre uma maquete física em escala ou mesmo um espaço real.

Foi projetado, então, um objeto virtual sobre uma superfície e com um escalímetro os objetos foram medidos resultando que a escala do objeto no Augment não era exata e, por isso, foi necessário criar um experimento para entender exatamente ao comportamento do aplicativo.

Nos experimentos anteriores foi percebido que, por padrão, o Augment fixa o centro do objeto 3D no centro do marcador. Isto foi confirmado ao testar-se um polígono irregular com as características da *Figura 33*. Nela deixou-se duas dimensões do tamanho de uma A4 (21x29.7cm) e com um cilindro com 1mm de raio, no centro geométrico do polígono circunscrito em um retângulo.

**Figura 33.** Teste de posicionamento de centro e escala

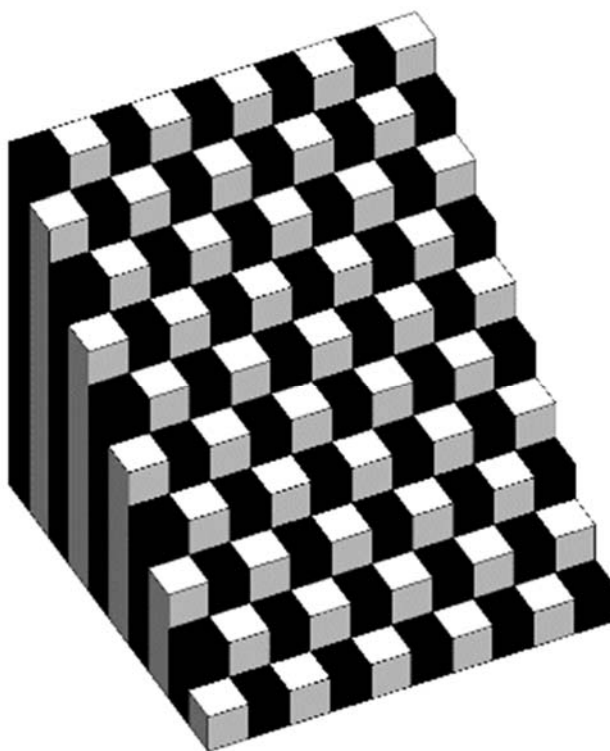


**Fonte:** autoral

Em seguida, no Autodesk Revit 2017, foi construído um conjunto de cubos com 1x1x1cm (*Figura 34*) alternados com materiais preto ou branco para melhorar o contraste entre eles. Esses cubos foram sobrepostos de um a 10 para que pudessem ser medidos em forma de “escala gráfica” tanto em vista lateral, frontal ou de topo. Para melhor medir os objetos, foi considerado o marcador padrão da Augment adicionado uma escala em forma de xadrez a cada 1 em 1cm (*Figura 35*) em seguida em um espaço real, com objeto medindo 50x50cm (*Figura 36*).

Fonte: autoral

**Figura 34.** Teste de Escala - Cubos de 1 a 10cm



Fonte: autoral

**Figura 35.** Marcador personalizado com escala



Exportou-se esse modelo com extensão *.obj* (utilizando o plugin OBJ Exporter For Revit) e importou-se no site da Augment em diferentes escalas (mm, cm, m). As características de importação no site foram as abaixo:

**Piloto07-Alan-milímetros** – Model's Dimension: 100 mm - Freeze scale to: off

**Piloto07-Alan-centímetros** – Model's Dimension: 10 cm- Freeze scale to: off

**Piloto07-Alan-metros** – Model's Dimension: 0,1 m - Freeze scale to: off.

**Figura 36.** Teste de escala em espaço real com objeto de 50x50cm



Fonte: autoral

#### 4.6.1 Resultados Experimento 06

##### Posicionamento

O objeto 3D foi posicionado exatamente com seu centro circunscrito em um retângulo no centro do marcador independentemente da forma, do marcador ou da origem do modelo no arquivo.

## Escala

- A unidade de exportação do modelo *obj* a partir do Revit não interfere nos resultados, desde que, no site do Augment, seja colocada a dimensão correta (100mm, 10cm ou 0,10m). Nesse caso a escala e unidades serão corretamente dispostas;
- Ao medir o modelo projetado em RA com um escalímetro real, foi percebida uma diferença de 3,5%. Para solucionar essa diferença, pode-se optar por ajustar diretamente no site do Augment o fator de escala em 1,035 ou na escala no aplicativo com o mesmo fator.

### 4.7 Experimento 07 - Uso de RA com modelo locado no entorno

**Objetivo:** analisar viabilidade de uso de modelos locados no entorno real

**Participantes:** professor orientador desta pesquisa, autor desta pesquisa

**Instrumento de coleta de dados:** capacitação e investigação ferramental

**Instrumento de análise de dados:** análise formal de conteúdo

**Ferramenta utilizada:** Ar-Media e Augment

**Equipamentos utilizados:** Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2;

**Local:** Laboratório MODPROT, CTH - UFPB

Nos experimentos anteriores, o modelo foi sempre posicionar manualmente sobre maquetes físicas. Entretanto, ao perceber que essa maneira de aplicação seria subutilizar a ferramenta, foi criado um experimento que permitisse visualizar o modelo 3D junto ao ambiente real de forma a possibilitar novas percepções quanto à composição e volumetria do projeto em escala real e contextualizado com as edificações vizinhas.

Apesar de aplicativos como o Ar-Media permitirem posicionar o modelo automaticamente no ambiente real, de maneira georeferenciada, foi entendido que depender de tecnologias de GPS e internet completamente funcionais poderia ser arriscado e seria necessário prever alternativas que viabilizem uma situação de necessidade real.

Nesse experimento foram testadas formas de posicionar o modelo no entorno real como alternativa para o modelo georeferenciado. Nesse caso, utilizando os marcadores e modelo com posicionamento pré-definido. O intuito dessa etapa foi

verificar e propor diretrizes para facilitar o posicionamento, rotação e escala para verificação do modelo junto ao entorno.

Cumpriu-se o experimento seguindo os passos:

- Impressão do marcador padrão Augment em formato A0 para possibilitar sua visualização de pontos mais distantes;
- Posicionamento do marcador em dois locais distintos: verticalmente encostado em poste (para facilitar a visualização distante visto na *Figura 37*); e paralelo ao terreno em um dos cantos do terreno (ao visualizar com uma câmera mais próxima na *Figura 38*);

**Figura 37.** Marcador Augment encostado num ponto do terreno do projeto teste



**Fonte:** autoral

**Figura 38.** Marcador Augment localizado num dos cantos do terreno



**Fonte:** autoral

- Para cada situação prendeu-se o posicionamento e escala do modelo no Augment para condizer àquelas posições no terreno.

Nas duas situações o modelo se posicionou de maneira adequada de acordo com as configurações pré-estabelecidas. Da mesma forma, a escala e rotação do modelo condisseram com a realidade proposta.

Como dificuldade no teste, foi percebido que mesmo com o marcador em A0 a distância máxima de leitura do marcador era em torno dos 15m. O projeto continuou preso no marcador a medida que se distanciava até cerca de 50m sem dificuldades, porém se a visualização fosse interrompida no caminho, o tablet não reconhecia o padrão automaticamente naquela distância e havia a necessidade de reaproximar para faixa dos 15m.

No marcador localizado no canto do projeto, houve outra dificuldade por conta da reflexão direta do sol (*Figura 39*), tornando o marcador de difícil leitura, mesmo em um dia nublado, quando aconteceu o experimento.

**Figura 39.** Dificuldade de leitura do marcado por incidência direta da iluminação.



Fonte: autoral

Como ponto positivo foi confirmada a potencialidade da ferramenta para visualizar o modelo 3D junto ao espaço real (*Figura 40 e Figura 41*).

**Figura 40.** Modelo virtual posicionado com distância do marcador em terreno real



Fonte: autoral

**Figura 41.** Modelo virtual posicionado com distância do marcador em terreno real – visão superior



**Fonte:** autoral

## 4.8 EXPERIMENTO FINAL

**Local:** Laboratório MODPROT, CTH - UFPB

**Participantes:** oito alunos da disciplina Modelagens 3D, professor orientador dessa pesquisa, autor dessa pesquisa.

**Objetivo:** avaliar vantagens e desvantagens, dificuldades e potencialidades no uso da RA no processo de concepção de projetos arquitetônicos.

**Equipamentos utilizados:** Tablet Samsung Galaxy Pro 12.2; projetor.

**Ferramentas utilizadas:** Augment e Ar-Media

**Instrumento de coleta de dados:** questionário / observação simples / grupo focal

**Instrumento de análise de dados:** análise comparativa

Nesse momento da pesquisa foi definido um processo de uso de RA junto ao de desenvolvimento de projetos arquitetônicos em ambiente de ensino. O objetivo é entender a experiência da utilização de ferramentas de RA em condições pré-estabelecidas considerando os processos de pensar, conceber, representar e apresentar projetos de forma a avaliar vantagens e desvantagens no uso da RA no processo de concepção de projetos arquitetônicos.

Para definição desse processo, são consideradas as análises e possibilidades no uso das ferramentas, hardwares e softwares verificados nos sete experimentos anteriores. Naqueles experimentos foi apontado um funcionamento adequado no uso de RA em diversas situações sugerindo melhores práticas que regem requisitos pré-definidos de uso de marcador, iluminação, estrutura de tripés, aparelhos móveis, aplicativos, posicionamento e georefenciamento. Para essas pré-definições a finalidade de minimizar as dificuldades do processo de uso de RA no ateliê de projeto.

O experimento final foi desenvolvido na disciplina Tópicos Especiais Modelagens 3D, parte do curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo da UFPB com aulas nas segundas-feiras das 09h50 às 12h20. Acontece em três momentos que definem a discussão do processo de concepção do projeto de arquitetura:

1. Treinamento de ferramenta BIM (Autodesk Revit) e modelagem dos prédios do CTH e CTE;
2. Estudos de volumetria e definições funcionais;
3. Proporção com o entorno real e locação georeferenciada e espaços internos.

O foco da disciplina correspondeu ao desenvolvimento de um anteprojeto para uma biblioteca setorial localizada entre os prédios do CTH e CTE modelados na primeira etapa. Para isso a RA foi utilizada como ferramenta de auxílio ao processo projetual. Cada aluno desenvolveu individualmente propostas para a biblioteca.

Avançou-se com o desenvolvimento das propostas até o ponto em que os alunos tivessem definições de volumetria e função do edifício já bem avançadas em termos de solução arquitetônica para discutirem sobre o projeto.

Ao término de cada encontro os alunos responderam questionários específicos referentes a cada etapa. Neles, foram questionados sobre características específicas do projeto; uso das ferramentas envolvidas e sobre aspectos psicológicos envolvendo sua desenvoltura, percepção das ferramentas e imersão no contexto dessa pesquisa.

#### **4.8.1 Treinamento de ferramenta BIM (Autodesk Revit)**

**Objetivo:** desenvolver habilidades no uso do Autodesk Revit e modelar edifícios do CTH e CTE

**Participantes:** oito alunos da disciplina Modelagens 3D, professor orientador dessa pesquisa

**Equipamentos utilizados:** computadores dos alunos

**Ferramentas utilizadas:** Revit

**Local:** CTH - UFPB

Essa etapa tratou do desenvolvimento de aspectos de ensino de modelagem no Autodesk Revit 2017. Nela, foram montados os blocos do CTH e CTE (*Figura 42*), que fizeram parte da contextualização do entorno para o projeto elaborado na sequência da disciplina. Esses blocos correspondem ao local onde acontecem a maioria das aulas do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB e foram selecionados por já fazerem parte do dia a dia do aluno.

Essa dissertação considerou apenas o resultado dessa etapa para dar prosseguimento ao uso de RA aliado ao modelo em BIM para concepção de projeto e por esse motivo não detalha o acontecimento dela.

**Figura 42.** Bloco de Sala de Aulas CTE



**Fonte:** autoral

#### **4.8.2 Estudos de volumetria e definições funcionais**

**Objetivo:** discutir o edifício da Biblioteca Setorial do CT, considerando volumetria, posicionamento e cheios e vazios.

**Participantes:** quatro alunos da disciplina Modelagens 3D, professor orientador dessa pesquisa, autor dessa pesquisa

**Instrumento de coleta de dados:** questionários, observação simples

**Instrumento de análise de dados:** análise comparativa

**Ferramentas utilizadas:** Revit, Augment

**Equipamentos utilizados:** computadores dos alunos, projetor, tablet

**Local:** CTH - UFPB

Essa etapa tratou do desenvolvimento do projeto da Biblioteca Setorial do CT e foi desenvolvida com o uso da ferramenta BIM Autodesk Revit. Os alunos da disciplina iniciaram o desenvolvimento de suas propostas e, partir do momento em que foram definidas a volumetria e o primeiro estudo, foram iniciadas as adequações do modelo em BIM ao contexto de RA em três momentos:

1. Adequação de modelo em BIM ao aplicativo Augment;
2. Treinamento no uso das ferramentas e equipamentos para RA;
3. Orientação do Projeto.

No interesse da dissertação, foi observado o comportamento, dúvidas e questionamentos dos alunos os quais foram anotados e separados para análise e resultados posteriores. Além disso, foi sugerido aos quatro alunos (os que tiveram a

oportunidade de discutir seus projetos nessa aula) responder os questionários do Apêndice 02:

- Questionário 2.1 – Perguntas sobre o projeto;
- Questionário 2.2 - Adequação de modelo em BIM ao aplicativo Augment;
- Questionário 2.3 – Uso e manipulação do Modelo no Augment.

### **Adequação de modelo em BIM ao aplicativo Augment**

**Objetivo:** adequar modelo em BIM (LOD 200), ao uso em aparelhos móveis.

O software de modelagem BIM é diferente do de visualização RA, portanto tornou-se necessário ajustar o arquivo para manter interoperabilidade entre ambos. Nesta etapa, adequou-se os modelos dos alunos, individualmente ao ambiente de RA, utilizando-se do protocolo no Apêndice 03 – Protocolo de uso do Aplicativo Augment. Oito alunos da turma completaram estes passos.

### **Treinamento no uso das ferramentas e equipamentos para RA**

**Objetivo:** entender o funcionamento e utilizar o Augment através de aula expositiva em grupo.

Esta etapa de treinamento foi fundamental para o correto entendimento e fluidez no uso de RA. Ela evitou que os alunos pudessem ficar confusos no uso da ferramenta e atrapalhem-se no foco principal da discussão do projeto. Os alunos seguiram um protocolo de treinamento com os passos:

1. Em um ambiente interno, com iluminação de 350-600 lux abrir o aplicativo Augment;
2. Abrir, na aba inferior favoritos o modelo tridimensional *The Mansion* ou similar;
3. Apontar o tablet para o marcador padrão e reposicionar (deslizar um dedo), rotacionar (deslizar dois dedos juntos) e escalonar (distanciar dois dedos) adequadamente o modelo até sentir-se dominando os gestos em tela;
4. Aluno - Instalar em seus celulares, o Augment, para testes individuais fora de sala de aula.

## Orientação do Projeto

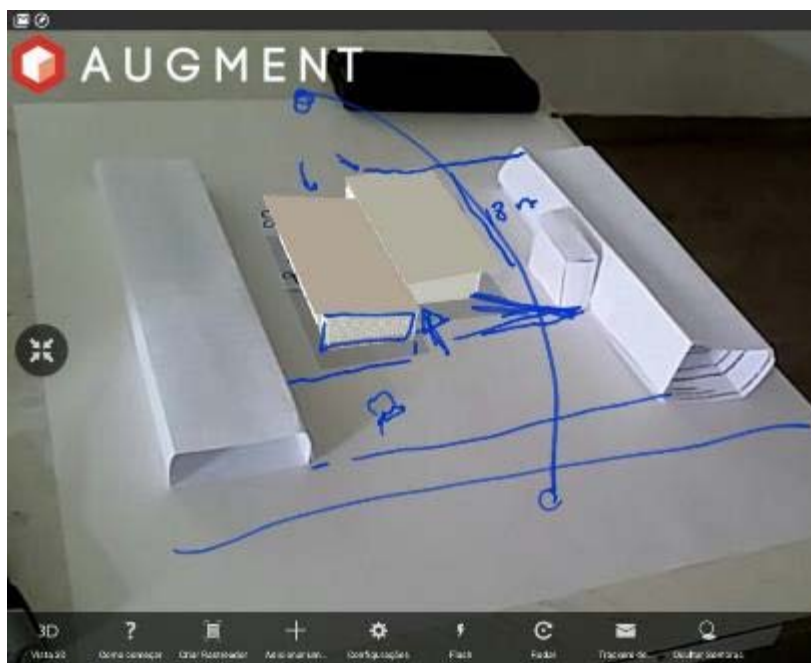
Na sequência os alunos acompanharam seus projetos junto com o professor. Quatro alunos da turma dispuseram-se a participar do experimento de RA em 20 minutos aproximadamente para cada um deles.

Neste momento, posicionou-se o modelo de RA junto a blocos de maquete física esquemáticos representando o CTH e o CTE para discutir-se questões referentes ao projeto proposto. Levantou-se alguns questionamentos inerentes ao interesse da disciplina e professor da mesma que diziam respeito a volumetria e às definições funcionais e os alunos precisaram recorrer ao modelo 3D em RA para responder. Estas questões em si variavam a cada proposta dos alunos e não são diretamente relevantes a esta pesquisa e em vários momentos utilizou-se o tablet para anotar ajustes e modificações sobre o edifício, sua orientação, posição, áreas externas e passeio e a relação com os edifícios existentes.

Debateu-se e discutiu-se pontos junto com a turma e levadas as lições para continuidade do processo de concepção. Para realização do experimento, seguiu-se o protocolo:

1. Abrir o modelo 3D do projeto, no tablet e utilizando o Augment;
2. Posicionar marcador junto a maquete física do entorno que faz parte do projeto (*Figura 43*);
3. Visualizar o banner, as imagens ou o modelo 3D para fazer sua apresentação;
4. Determinar dois pontos de interesse para fixar a câmera no tripé e discutir em sala sobre o projeto com base nestes pontos;
5. Discutir com a turma e o professor sobre o projeto em solução de volumetria, posicionamento e cheios e vazios (**Figura 44****Figura 45**);
6. Anotar na tela alguma observação sobre o projeto.

**Figura 43.** Modelo inserido sobre maquete esquemática de entorno existente com anotações sobre o projeto feitas no table



**Fonte:** autoral

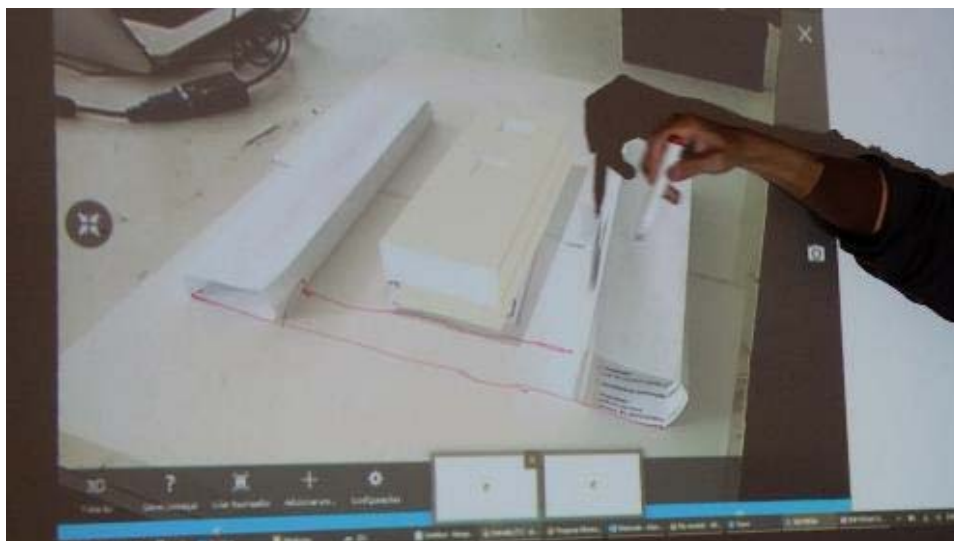
**Figura 44.** Interação Aluno e professor / Maquete física / RA e Tablet



**Fonte:** autoral

Percebeu-se que enquanto os alunos mostravam cenas pré-definidas, o processo ocorreu de maneira fluida. Por outro lado, ao tentar criar cenas específicas na visão do observador, houve certa dificuldade de realização desta tarefa. Além disto o posicionamento e escalonamento precisou ter um ajuste fino para compor melhor com a maquete esquemática em escala 1/125.

**Figura 45.** Discussão do projeto e desenho na projeção em quadro branco



Fonte: autoral

#### **4.8.3 Proporção com entorno real com locação georeferenciada e espaços internos**

**Objetivo:** Discutir o edifício da Biblioteca Setorial do CT considerando entorno real para verificar proporção, linguagem arquitetônica e posicionamento a partir de um modelo

**Instrumento de coleta de dados:** Questionários, observação simples

**Participantes:** 4 alunos da disciplina Modelagens 3D, professor orientador desta pesquisa, autor desta pesquisa

**Ferramentas utilizadas:** Ar-Media

**Equipamentos utilizados:** Tablet

**Local:** CTH - UFPB

Nesta etapa discutiu-se o edifício proposto considerando entorno real para verificar proporção, linguagem arquitetônica e posicionamento a partir de um modelo georeferenciado previamente e pôde-se ajustar de acordo com cada proposta.

Com o projeto já discutido na aula anterior, levou-se o modelo para campo, com uso do tablet para iniciar discussões referentes ao posicionamento real da edificação junto com ao entorno da proposta do projeto no espaço entre os blocos do CTH e CTE. Quatro alunos participaram deste experimento.

Com o modelo georeferenciado o aluno pôde caminhar e visualizar o edifício tanto externamente quanto internamente para, em seguida responder aos questionários. Os demais alunos presentes puderam acompanhar o processo.

Para cumprir esta etapa, seguiram-se os protocolos em três etapas:

### **Adequação de modelo em BIM georeferenciado ao app AR-Media**

**Objetivo:** adequar modelo em BIM (LOD 200) com georeferenciamento ao uso em aparelhos móveis com o AR-Media

Para cumprir essa etapa de adequar o modelo construído em Revit ao aplicativo de RA: AR-Media, foram seguidos os passos do Apêndice 04 – Protocolo de uso do Aplicativo AR-Media e respondido o Questionário 2.4 – Perguntas sobre o projeto em sua conclusão.

### **Utilizar o tablet para visualizar o modelo**

Nesta etapa, com o modelo já copiado no tablet com acesso à internet e GPS, foi percorrido o entorno do edifício e visualizado junto com as edificações, passarela, árvores, gradil e demais objetos existentes no local. Foram discutidas questões como:

- Posicionamento do projeto em relação aos edifícios existentes;
- Proporção do espaço externo;
- Visão em nível do observador de quem chega à edificação;
- Visão interna dos espaços e para o exterior;

Primeiramente houve a tentativa de posicionar o modelo do projeto no entorno real com as coordenadas já pré-definidas (**Figura 46, Figura 47, Figura 48 e Figura 49**). Foi verificada, porém, a necessidade de um ajuste manual do projeto a fim de adequá-lo corretamente ao espaço destinado. Essa dificuldade postergou o bom uso da ferramenta e causou certo desinteresse nos alunos que se puseram como observadores. Além disso, modelos mais detalhados (com geometria complexa) com layout e telhas 3D, foram lidos com bastante dificuldade pelo tablet, o que atrapalhou a fluidez do posicionamento manual do modelo.

Apesar da potencialidade da ferramenta, o projeto não se posicionou de maneira adequada no terreno, sendo necessária intervenção manual tanto em termos de posicionamento quanto de escala. Nessa etapa, foi exigido um maior aprofundamento para melhor entender se a dificuldade foi do sistema de coordenadas, do sinal de GPS ou até das configurações utilizadas no software. Para fins dessa pesquisa, foi visto que é possível posicionar corretamente o modelo 3D *in loco*, porém passível de ajuste fino.

**Figura 46.** Modelo Georeferenciado de aluna – vista do observador a partir da passarela



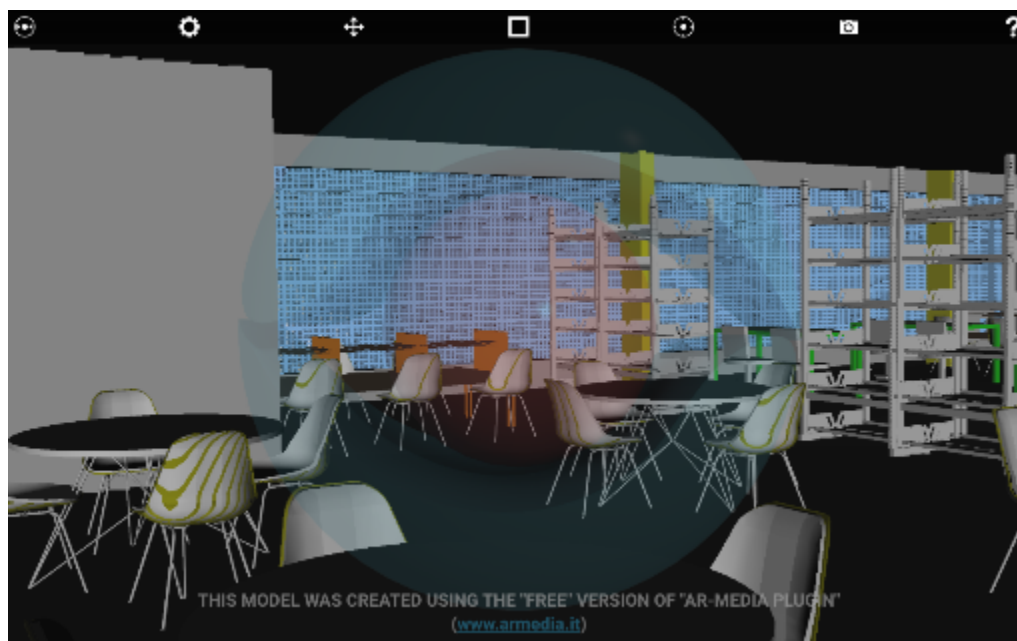
Fonte: autoral

**Figura 47.** Modelo Georeferenciado de aluno – vista do corredor do pavimento 1 do CTH



Fonte: autoral

**Figura 48.** Visão interna de um modelo georeferenciado de aluno



**Fonte:** autoral

**Figura 49.** Aluno ajustando posicionamento do Projeto



**Fonte:** autoral

Concluídas essas etapas, os questionários foram recolhidos, além de registrados os comentários dos alunos, observações pessoais levadas para análise final do experimento para concluir e obter os Resultados Finais dessa pesquisa.

## 4.9 Aplicação de Questionários e Grupo Focal

Finalizados os experimentos, analisou-se os questionários elaborados em cada uma das etapas e destacou-se algumas colocações de alunos.

### 4.9.1 Questionários qualitativos

**Questionário 2.1** – Perguntas sobre o projeto. Responderam sobre os procedimentos de uso de RA junto com o projeto. Com cinco respostas, obteve-se que 80% dos alunos consideram adequada (nota 4) a discussão sobre a volumetria do projeto utilizando RA; 60% (nota 3) e 40% (nota 4) consideraram que o uso de RA auxiliou no processo; 80% dos alunos consideraram que conseguiram responder (notas 4 e 5) os questionamentos propostos em sala de aula sob aspectos de projeto arquitetônico; 100% do grupo citou como possibilidade utilizar RA em outros momentos. Na pergunta aberta, pontuou-se por alguns alunos:

“Concordo que a utilização dos métodos auxilia bastante no desenvolvimento de projetos, porém, para alguém que nunca teve contato forte com as ferramentas, como eu, foi difícil lidar com a resolução dos problemas enfrentados”

“Uma das maiores dificuldades foi a relação de escala entre as edificações, mas superada essa etapa, o entendimento sobre os volumes se tornou muito mais claro em uma perspectiva real”.

“Uma dificuldade é a dependência de um dispositivo com tela grande para obter melhores impressões sobre o projeto”.

**Questionário 2.2** - Adequação de modelo em BIM ao aplicativo Augment. Com cinco respostas de alunos, observou-se a facilidade/dificuldade em adequar o modelo em BIM ao aplicativo Augment. 60% do grupo considerou simples (nota 4) o processo de ajustar o arquivo bem como importar e exportar o modelo para uso no site do Augment, enquanto que o restante do grupo não se sentiu tão à vontade na mesma tarefa (notas 2 e 3); e 80% do grupo considerou simples (nota 4) levar o modelo para o aplicativo, após previamente montados. Por fim, 100% do grupo considera que a internet e computador foram adequadamente utilizados durante o processo (nota 4). Na pergunta aberta, pontuaram:

“Como ainda está em desenvolvimento, existem muitos pontos ainda a melhorar, mas é algo que na minha opinião poderá ser

uma forte ferramenta de auxílio na percepção da realidade do projeto”.

“Seria ótimo se fosse possível o uso de bluetooth para conectar o modelo a qualquer tela. Melhor ainda se direto do Revit/SketchUp com plugins”.

**Questionário 2.3** – Uso e manipulação do Modelo no Augment. Obteve-se 8 respostas de dois grupos distintos: dos alunos de Projeto IV e dos alunos de Modelagem 3D. Destes grupos, 62,5% consideram fácil ou muito fácil utilizar os marcadores (notas 4 ou 5); manipular o modelo sob aspectos de posicionamento, escalonamento, rotação e selecionar adequadamente as cenas ficou dividido entre 62,5% de alunos que consideram fácil (notas 4 ou 5) e 47,5% difícil (notas 2 ou 3); 75% do grupo considera que pode ser utilizado para fins práticos de apresentação de projeto (nota 4), enquanto 25% considera que não (notas 2 e 3) e avaliam como prático e simplificado o processo de anotar e escrever no tablet:

“Minha maior sugestão seria ter um ponto de referência para inserção do modelo no programa, pois localizá-lo no ambiente foi a maior dificuldade, além de não ficar fixo, cada vez que o programa se fecha, ao voltar o modelo tem que ser localizado novamente”.

“Quanto ao Augment em si, é bem simples de usar”.

**Questionário 2.4** – Perguntas sobre o projeto trata do uso de RA com georeferenciamento foram aplicadas junto aos alunos da Disciplina Tópicos Especiais Modelagens 3D. 75% do grupo considerou que foi uma discussão válida (nota 4), porém 100% do grupo não considerou (nota 3) que de fato auxiliou na discussão da proposta arquitetônica. 25% em notas de 1 a 4 consideraram que discutir o edifício internamente pode ser levado em conta. A variação de nota nesse sentido deu-se a partir do fato que apenas alguns dos alunos conseguiram ou executaram essa tarefa. 50% do grupo considerou apropriado usar modelos georeferenciados. Os alunos comentaram:

“Quanto ao georeferenciamento achei meio complicado e difícil. Talvez uma montagem no Photoshop ou inserção no Google Earth, atualmente, seja mais simples e com resultados similares”.

“Notei uma dificuldade muito grande na maneira de tentar encaixar o modelo 3D em uma perspectiva que desse para analisar o projeto. Acho que a tecnologia em si tem muito a contribuir com a prática projetual, mas ainda considero pouco intuitivo”.

#### 4.9.2 Grupo Focal

Como coleta e análise final, foram elaboradas as entrevistas finais em grupo e obteve-se resultados e conclusões para cada pergunta elaborada no roteiro, de maneira qualitativa e comparativa. Os comentários feitos pelos alunos são apresentados como formatação de citação indireta.

##### *4.2.3.1 A tecnologia de RA facilita ou dificulta o processo de concepção de projetos arquitetônicos?*

Participantes: 05

Tempo de debate: 6min

Foi discutido sobre a RA auxiliar no processo de concepção de projeto especialmente quando o projeto já está num estágio mais avançado de desenvolvimento em que pode ser lançado o modelo RA no meio natural e ver como ele se comporta com o entorno imediato ou mesmo sobre um entorno preparado em formato de maquete física.

Por outro lado, foi citado que devido ao momento em que a tecnologia se encontra, ainda em estágio inicial, ela pode travar o desenvolvimento e a visualização de seu partido, especialmente ao se tentar atingir ângulos e cenários diversos, sendo necessário, portanto, um amadurecimento da tecnologia para que ela fique mais intuitiva.

Existe uma dificuldade para posicionar, escalonar e rotacionar o modelo e ainda passa por um processo muito mecânico e manual. Precisa de uma boa preparação prévia pra não dificultar na hora de visualizar..

“Eu acho que a tecnologia pode agregar muito na parte de concepção projetual, mas o software atrapalhou um pouco na questão de analisar o projeto na perspectiva do observador. E também muitas vezes quando você queria movimentar a maquete, queria movimentar em diferentes ângulos, pode ver que essa dificuldade de manipular para atingir uma perspectiva de seu interesse. Então assim... Em termos de tecnologia ela pode agregar, mas atrapalha no ponto de ela está muito no princípio e precisar desenvolver mais alguma coisa... Atrapalhou um pouco o processo.”

Foi citado o fato do processo não ser fluido e que, por adicionar ainda mais uma etapa ao processo de projeto, dificulta a adesão massiva, apesar de ser visto com grande potencialidade para uso em um futuro de curto prazo.

#### *4.2.3.2 Até que ponto a RA pode auxiliar no processo de concepção de Projetos? Em que momentos desse processo há mais vantagens na utilização da RA?*

Participantes: 7

Tempo de debate: 15min

Foi colocado que a RA funciona eficientemente como ferramenta de análise e de verificação da proposta e que o melhor momento para sua utilização seria aquele em que a proposta já estivesse avançada ou quando já tem uma boa noção do partido arquitetônico e que é possível elaborar verificações e análises extras junto com o entorno e voltar para dar continuidade ao projeto com aquelas novas percepções em mente.

“Utilizar RA para apresentar ao cliente, com a proposta já finalizada ou o mais próximo disto, auxilia bastante no processo de entendimento por parte dele; no processo de venda e marketing e pra encantar o cliente”.

“É possível obter uma boa relação do volume proposto com o entorno real e perceber melhor a espacialidade da proposta”.

A utilização da RA durante o processo de projeto pode não ser ainda completamente viável, pois é necessário exportar, importar, usar diferentes softwares ou sites online especialmente se você não tem exatamente evidente em que situações poderiam haver um uso mais assertivo da RA.

“Provavelmente o uso da RA atrapalharia por ainda não estar inserida num processo mais fluido de uso da ferramenta.”

“Quando o uso de RA estiver embutido nos softwares de projeto, como um comando que você clica e visualiza será, portanto, mais prático e de maior aceitação e utilização”.

Dessa maneira, pode auxiliar no processo, mas não substitui as maneiras tradicionais com a utilização do computador ou meios impressos, devido ao estágio de desenvolvimento que ela se encontra e que são métodos e formas de apresentar projetos complementares, não excludentes. Os alunos consideraram que deverá existir um amadurecimento da tecnologia e os usuários deverão passar por um processo similar ao da transição do analógico e desenho instrumental para o desenho digital simultaneamente ao desenvolvimento da tecnologia.

#### *4.2.3.3 Sob o aspecto de uso dos aplicativos de RA e do tablet, o que é de fácil ou de difícil utilização?*

Participantes: 7

Tempo de debate: 14 min

Em termos de utilização dos softwares de RA, houve bastante dificuldade por parte dos alunos em posicionar o modelo georeferenciado e em escala real. Além disso, o processo de importação e exportação não é intuitivo no processo de projeto.

“A utilização do Augment foi mais intuitiva e simples no aspecto de uso, incluindo o uso do marcador, que usar o Ar-Media de forma georeferenciada.”

Por outro lado, o uso do Ar-Media como ferramenta de visualizar o projeto internamente e externamente, junto ao interno tem potenciais altos na utilização da RA. Foi debatido também suposições de como poderia existir um uso mais intuitivo da RA no terreno real com uso de marcadores.

Também ainda não se considera que utilizar tablets e celulares seja a melhor opção para o uso de RA.

“O tablet pode não ser o melhor dispositivo para utilização da RA porque deixa manter suas mãos ocupadas e isso atrapalha quando você perde a visão do marcador e precisa achar o objeto. Quando a gente puder usar um headset ou mesmo uma lente de contato que transmita as informações RA, vai ficar muito melhor.”

#### *4.2.3.4 Você utilizaria RA voluntariamente por necessidade e interesse próprio?*

Participantes: 6

Tempo de debate: 13 min

Os alunos apresentaram diversas situações em que conviveram ou se veem utilizando RA.

Foi relatado que o arquiteto com o qual um dos participantes estagia não se sente à vontade em ver os projetos no computador (apenas impresso) e que apresentar com RA poderia ser uma forma de trazê-lo para próximo da tecnologia e novas formas de visualizar seus projetos. Alguns alunos concordaram que seria uma boa ferramenta de venda e marketing e, dessa forma, se sentiriam bem à vontade em utilizar, com o projeto já definido. Outros citaram que poderiam utilizar como uma forma para analisar o projeto: seja para visualizar junto com o entorno com a finalidade de criar cenários em que não seriam tão reais em reproduzir apenas com ferramentas computacionais de projeto ou ainda para simular tráfego, chuva, sol, vento e outras inúmeras possibilidades.

“RA é o mais próximo do real que podemos chegar. Quando a gente compara o edifício virtual com o entorno real deixa menos espaço para dúvidas”

“O fato de você visualizar o projeto desta maneira lhe aproxima mais da vida real do que apenas no pc que, apesar de entender bem o projeto, podem ser percebidas novas situações.”

Foi citado, por exemplo, entre potenciais usos, criar uma barreira arquitetônica no meio de uma passarela e entender como aconteceriam os desvios dos transeuntes.

“Pode ser uma excelente ferramenta para ser utilizada no ensino, para servir de auxílio nas explicações e criando cenários no espaço real para os alunos solucionem.”

Outro importante fator citado em diversos momentos foi o fato de, por ser uma tecnologia nova, poucas pessoas, incluindo eles, sabem exatamente como podem utilizar a ferramenta e como tomar melhor proveito das potencialidades.

*4.2.3.4 Fazendo um papel de futurólogo, como vocês imaginam que a RA será utilizada nos próximos anos?*

Participantes: 4

Tempo de debate: 6 min

A RA parece ser uma ferramenta de transição que irá dar espaço a uma nova tecnologia que substituirá aquilo, como o holograma; usar lentes para projetar, ao invés de equipamentos na cabeça para visualizar a RA junto a vida real ou, indo ainda

além, através de iterações com o cérebro que já criaria uma própria realidade alternativa; terá um processo mais intuitivo sem uma passagem muito marcante entre o real e virtual.

## **5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **5.1 Dificuldades, Facilidades e Potencialidades**

Com a conclusão dessa dissertação, constatou-se que a Realidade Aumentada pode ser bem utilizada no processo de concepção de projetos arquitetônicos, especialmente nas fases de apresentação, no momento em que o modelo já esteja num estágio mais avançado de desenvolvimento. É importante citar, porém, para que se evitem generalizações, duas especificidades dessa pesquisa:

- Aplicou-se em uma universidade Pública Federal, a UFPB. Apesar de pressupor que os resultados não deverão ser muito diferentes, cabe experimentar em outros contextos que não os dessa dissertação, em outras universidades públicas ou privadas; localidades e contextos socioeconômicos diversos com fins comparativos;
- Foi desenvolvida entre os anos 2015 e 2017. Provavelmente, nos próximos anos, em que a tecnologia de RA deverá estar mais acessível, experimentações similares poderão ter resultados drasticamente diferentes aos considerados neste espaço temporal.

Percebeu-se que, em diversos momentos, a RA contribuiu significativamente durante as diversas etapas de concepção dos projetos bem como foi percebido um potencial futuro de melhoria da tecnologia. Como potencial, no sentido de ser utilizada em diversos cenários que levem o aluno a pensar e analisar a arquitetura sob pontos de vistas nem sempre priorizados durante a concepção dos projetos atuais.

Para concluir, foi utilizado de duas formas de análise, cujo procedimento pode ser melhor descrito e entendido nos subcapítulos anteriores: Análise Formal de Conteúdo e Análise Comparativa.

No Plano Experimental há uma série de itens que foram gradativamente aperfeiçoados e utilizados nas experimentações subsequentes em sala de aula. Estes itens são melhor descritos em cada etapa dos procedimentos metodológicos do plano

experimental, na qual são sugeridas também melhores práticas, resumidamente, para fins de:

**Uso de marcadores** – Para o Augment, foi preciso ter uma boa variação de forma, preferencialmente abstrato com linhas, curvas e geometrias ou textos. Cores não aparentaram fazer diferença significativa e formas muito geometrizadas e ortogonais não foram reconhecidos como bons marcadores. O marcador oficial da Augment funcionou melhor em todas as situações. Foi também importante não ser impresso em um papel brilhoso ou reflexivo.

**Iluminação** – Foi mais eficiente entre 300-1500 lux, acima ou abaixo desse nível de iluminação pode interferir na leitura dos marcadores, sendo necessárias intervenções, como ligar o flash ou sombrear o marcador.

**Tipos de arquivo, tamanho e quantidade de polígonos:** foram necessários arquivos menores que 100mb e menos de 1 milhão de faces e o uso de arquivos *obj* ao utilizar o Augment;

**Aplicativo:** para fins dessa pesquisa foi utilizado o Augment por ter o uso mais intuitivo e facilitado dentre os aplicativos testados. O Ar-Media e Aumentaty Author também foram utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa.

**Extração de informações do modelo BIM:** é recomendado optar por uma das duas soluções apontadas no Experimento 05 (textos 3D ou imagens utilizadas em texturas) antes de iniciar a preparação do modelo;

**Preparação do modelo:** preparar o modelo previamente ao espaço em sala de aula, bem como exportar do computador para ambiente online e importar no dispositivo móvel antes do início da aula, seja com fins de orientação ou de apresentação. Esse passo é importante para eliminar problemas com internet.

**Estrutura pré-estabelecida:** a partir das observações constatadas, algumas premissas foram estabelecidas para que houvesse um melhor uso e aproveitamento da Realidade Aumentada no processo de concepção e apresentação de projetos arquitetônicos. Essas premissas tenderam para utilização de artifícios previamente definidos, planejados e preparados para utilização nas experimentações final:

- Uso de tripé para deixar o tablet fixo e as mãos livres;
- Uso de caneta laser para apontar algo no quadro, enquanto explica o projeto em sala de aula;
- Uso de transmissão via Wi-Fi utilizando o software Vysor por não necessitar de transmissão via internet com a finalidade de evitar a

necessidade de conexão e de fios atrapalhando a movimentação do tablet;

- Preparar-se para o pior cenário sem conexão com internet ou sinal de GPS enviando, preparando e abrindo os modelos 3D antes da aula em um local com acesso adequado; para mesclar o modelo 3D ao entorno real, deve-se estar preparado para fazê-lo manualmente em termos de escala, posição e rotação;

Em seguida, foram pontuadas situações observadas, sejam citadas pelos alunos ou discutidas em sala de aula ou grupo focal. Nestes parágrafos finais foram listadas as dificuldades e facilidades no uso de RA no contexto de concepção de projetos de maneira a deixar evidente onde a ferramenta pode contribuir de maneira fluida e direta. Além disso, foram apontadas como a tecnologia (software, dispositivo ou internet/GPS) ou os processos poderiam ser aperfeiçoados nos próximos anos para que o uso da RA fosse utilizado de maneira prática no dia a dia do aluno de arquitetura. Em seguida, foram listadas quais seriam as maiores potencialidades do uso da RA no contexto em questão: possíveis usos atuais e prováveis usos futuros com o desenvolvimento da tecnologia.

De uma maneira geral foi constatado que o uso da RA ainda tem diversas falhas que inibem um uso real no dia a dia especialmente para utilizar no contexto de concepção dos projetos arquitetônicos em suas nas etapas iniciais, enquanto ainda está definindo forma e função do edifício. Por outro lado, seu uso como uma ferramenta de visualização intercalada entre etapas de concepção desses projetos abre espaço para diversas novas percepções analíticas e de validação do edifício junto ao espaço real. Poderia adicionar informações textuais, imagens, modelos 3D de projetos do edifício ou de sistemas complementares de disciplinas de engenharia nas visualizações em RA, por exemplo.

Assim, o uso da RA terá um papel importante nas futuras maneiras de desenvolver e visualizar projetos arquitetônicos na medida em que a tecnologia for aperfeiçoada. No contexto foram pontuadas as principais dificuldades, facilidades e potencialidades no uso das ferramentas durante o processo de concepção de projetos arquitetônicos.

### 5.1.1 Dificuldades gerais

As dificuldades observadas no processo foram agrupadas em dois principais momentos: a preparação básica, anterior ao uso em si da RA e o momento de uso da tecnologia propriamente dita.

#### **Preparação básica**

**Sinal de internet e GPS não adequados:** sinais falhos dificultam o processo de transmissão em ambiente coletivo ou de posicionamento do modelo junto ao entorno real bem como o download e upload de arquivos.

**Uso de itens acessórios adicionais:** existe a necessidade prévia de preparar uma estrutura de itens como tripé, tablet, projetor, modelo 3D, caneta laser, marcador e iluminação para potencializar o uso em sala de aula. O uso de um tripé para apoiar o tablet ou celular deve ser considerado para facilitar o manuseio e liberar as mãos do aluno para desenhar, apontar ou manipular o modelo. A falta de acesso a esses itens no cotidiano do aluno, é considerada como dificultadora do uso da RA.

**Iluminação e marcadores adequados:** utilizar uma boa composição de marcadores e iluminação adequada é de fundamental importância para o reconhecimento dos modelos 3D nos equipamentos e aplicativos de RA.

**Treinamento prévio:** a necessidade de treinamento da ferramenta antes do uso em sala de aula para evitar insegurança ou subutilização das ferramentas de RA é eminente.

**Necessidade de etapas adicionais no processo projetual:** exportar o modelo 3D para o ambiente RA bem como extrair o componente informativo deles exigem etapas extras no processo de concepção do projeto e, portanto, são percebidos como uma etapa inserida sem fluidez no processo, inibindo a utilização de RA.

## Uso das Ferramentas

**Mostrar ângulos específicos:** visualizar ângulos na altura do observador ou alternar entre vistas pré-definidas do projeto podem ser frustrantes, pois encontrar ângulos exatos em cenários específicos ainda não está completamente implementado nos aplicativos testados. Nesses casos, às vezes há a necessidade de abrir o modelo geométrico em um ambiente sem RA para alcançar certas cenas.

**Posicionamento do Modelo 3D *in loco*:** o processo de posicionamento do modelo junto ao entorno real pode ser frustrante: seja georeferenciado ou manualmente posicionado. Isso se dá especialmente devido à imprecisão do GPS ou conexão instável com a internet e, além disso, manipular o marcador para rotacionar ou escalonar o projeto foi menos eficaz que fazê-los diretamente no modelo no tablete.

### 5.1.2 Facilidades

Quanto aos facilitadores para concepção do projeto arquitetônico, foram apontados diversos fatores considerados de simples utilização e que puderam agregar e facilitar ao seu processo de elaboração.

**Melhor entendimento do Projeto:** conforme descrito no referencial teórico dessa pesquisa, é possível confirmar que o fato de se utilizar o modelo 3D em RA facilita o entendimento do projeto durante sua apresentação e visualização de maneira mais precisa que ao utilizar imagens ou plotagens. Essa possibilidade tem uma similaridade com o processo de abrir o modelo 3D no computador (em softwares como Revit ou Sketchup), por exemplo, mas com a vantagem de poder posicioná-lo junto às maquetes físicas ou ao entorno real. Também possibilita ao aluno ou professor buscar no modelo em RA problemas não detectados nos *renders* através de visualização em ângulos e situações que imagens ou plotagens não mostrem ou omitam.

**Utilização intuitiva do tablet e aplicativos RA:** de uma maneira geral, foi considerado que manipular o modelo nos aplicativos RA é intuitivo e fácil. Além disso oportunizou aos alunos desenhar croquis de suas ideias tanto no quadro branco (sobre a projeção da imagem) como diretamente no tablet utilizando caneta *touch* para ajudar na digitalização da ideia diretamente na imagem.

**Usos complementares:** o uso do tablet/celular também não exclui outras formas de apresentação. Pode, inclusive, facilitar a apresentação de outros materiais ao apontar o aparelho móvel para uma imagem ou para o próprio computador que mostre o modelo no Revit, Sketchup, AutoCAD ou outros softwares. Dessa forma, com o aparelho conectado à internet e ao projetor, a turma pode visualizar o partido arquitetônico e discutir colaborativamente. Além disso, usar a internet para fazer buscas de repertório arquitetônico, normas e referências, são facilitados pelos mesmos motivos.

### 5.1.3 Potencialidades de uso RA

Nesse item, foram apontadas potencialidades do uso de RA e sugestões de uso para futuras experiências bem como potenciais que já são passíveis de utilização nos dias atuais.

**Permitir visualizações do projeto simulando construção no ambiente real:** o fato de mesclar o modelo 3D junto ao ambiente real permite situações que não seriam possíveis ou que seriam de difícil acesso comparando às formas tradicionais. A exemplo disso, cita-se o fato de visualizar o edifício no terreno em que o edifício será construído ou sobre uma maquete física que represente o entorno real. Esse fator permite discussões como:

- Utilizar RA junto ao entorno para estudar volumetria, envolvimento do edifício junto ao espaço externo ou mesmo caminhar pelo edifício e ter uma noção mais aproximada do edifício;
- Visualizar o edifício a partir de um ambiente interno e observar determinado ponto do espaço externo ou mesmo caminhar pelo ambiente interior do edifício;
- Visualizar o edifício a partir do espaço externo, seja na visão do observador ou de um ponto mais alto, e verificar o comportamento do edifício naquele cenário;
- Observar diferentes posicionamentos do edifício junto a uma maquete física do entorno;

**Aplicar elementos de RA na construção real:** utilizar marcadores para encontrar pontos e tubulações hidrossanitárias, eletrodutos, pilares, vigas, locação de alvenaria, fundação e demais elementos construtivos, são possíveis exemplos de uso avançado de RA. Quanto a usos futuros para a RA, é viável simular e analisar mancha solar, chuva, ventos sem a necessidade de elaborar maquetes físicas ou visitas presenciais e em escala real; simular fluxo de veículos e pessoas virtuais no ambiente real; olhar para um edifício ou pessoas reais e visualizar informações em RA sobre eles, sobre eventos, sobre funcionamento ou até mesmo acessar websites e perfis pessoais.

**Aplicações futuras:** interagir com avatares de personagens virtuais enquanto caminha com o ambiente real; assistir aulas de professores virtuais; tudo ser detectado como marcador: pessoas, edifícios, objetos e receber automaticamente informações na tela dos óculos de RA; construir a arquitetura de uma forma diferenciada de maneira intuitiva e livre, utilizando gestos e aproximando ao processo de montagem de maquete física, mas virtualmente; simular encontros, reuniões, ambientes de trabalho com todos personagens virtuais em forma de holograma de pessoas reais, entre outras possibilidade.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme melhor descrito na sequência desse capítulo, a partir de análise dos comentários dos próprios alunos, tem-se que a RA pode agregar valor positivo em diversos pontos no contexto de concepção dos projetos, especialmente aliadas ao BIM. Apesar disso, também se considera que ainda não se encontra no melhor estágio de desenvolvimento no âmbito de possibilidades e facilidades da tecnologia de base (GPS, Internet e aparelhos móveis). Ademais, foi percebido que a RA não está inserida em um contexto completamente fluido do processo de concepção do projeto, sendo necessárias adições de etapas.

Por esses motivos, de uma maneira geral, o mais apontado foi o uso mais adequado e a utilização de RA em momentos em que pudesse utilizar o modelo 3D do projeto já iniciado para verificação e análises diversas.

Por possibilitar verificações e análises adicionais ao processo, essas tecnologias de RA podem influenciar positivamente nas decisões finais do projeto, auxiliando a percepção do aluno em situações em que a RA facilite ou possibilite-os questionar e observar situações específicas do projeto. Essas novas possibilidades

deverão ser cada vez melhor implementadas e largamente utilizadas nos próximos anos, abrindo novas oportunidades de uso.

Dessa forma, a hipótese formulada inicialmente está, em parte, correta. Podem ser trabalhadas formas de utilizar RA de maneira prática no dia a dia do aluno, mas considerando que o que é prático hoje pode não ser necessariamente daqui um, dois ou cinco anos ou em momentos em que a tecnologia esteja muita mais evoluída que no momento de elaboração dessa pesquisa.

Por fim, com a pesquisa concluída, pretende-se ampliar o estudo de forma que seja possível utilizar a RA como uma potencial opção para o emprego em diversas possibilidades de campos na indústria AEC como: aliada em execuções de edifícios; servindo de base para futuras pesquisas, próprias ou de membros acadêmicos diversos; criar e programar aplicativo que permitam acessar todas as facilidades que, hoje, podem ser acessadas somente utilizando vários aplicativos, cada um com seus requisitos e com pouca interoperabilidade; além de criar e programar um aplicativo que facilite a integração com modelo BIM, com a gestão em obra e com gestão do projeto.

## REFERÊNCIAS

AZUMA, R. T. **A Survey of Augmented Reality**. Presence-Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), p. 355–385, 1997.

\_\_\_\_\_. BIM/LOD - **Beating Chaos and Achieving Profits in BIM with LOD 350**.

Disponível em: <<http://www.structuremag.org/?p=558> LOD>. Acesso em 08 de Novembro de 2016.

\_\_\_\_\_. BIM Forum. **Level Of Development Specification**. 2015. Disponível em: <<http://bimforum.org/lod/>>. Acesso em 08 de Novembro de 2016.

BRUNETTI, G. et al. **Virtual Reality Techniques Supporting the Product and Process Development**, 5º Seminário Internacional de Alta Tecnologia, UNIMEP, Santa Barbara d’oeste, p. 83-98, Outubro, 2000.

BURDEA, C., COIFFET, P. **Virtual Reality Technology**, 2nd Edition, Junho, 2003.

CARMIGNIANI, J., FURHT, B., ANISETTI, M., CERAVOLO, P., DAMIANI, E., IVKOVIC, M., **Augmented Reality Technologies, Systems and Applications**. Multimedia Tools and Applications, 51, p. 341–377, 2011.

CRUZ, M., MOREIRA, P., DIAS, P., MADEIRA, J., SANTOS, B. S.

**Desenvolvimento de um ambiente para Realidade Virtual e Aumentada**, Revista do DETUA, vol 4, nº 5, 2005.

CUENDENT, S., BONNARD, Q., DO-LENH, S., DILLENBOURG, P. **Designing Augmented Reality for the Classroom**; 68: p. 557-569, 2013.

CURT - Construction Users Roundtable. **BIM Implementation: an Owner’s Guide to Getting Started**. Cincinnati, OH:, 2010.

DEZAN, W. V. **Bim no Desenvolvimento de Projeto: O Caso Prático do Centro de Engenharia Molecular e Celular do Centro Infantil Boldrini**; PARC Research in Architecture and Construction – Campinas, 2014.

DONG, Z., ZHANG, G., JIA, J., BAO, H. **Efficient Keyframe-based real-time camera tracking**, Computer Vision and Image Understanding 118, p. 97-110, 2014.

DUNLEAVY, M., DEDE, C., MITCHELL, R. **Affordances and Limitations of Immersive Participatory**, J Sci Educ Technol 18, p. 7-22, 2009.

EASTMAN, C; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K.; **Manual de BIM**; 2ed – Hoboken, New Jersey and Canada: John Wiley & Sons, Inc., 2014.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 4ed. São Paulo: Atlas, 1994, p. 20

IBÁÑEZ, M. B., SERIO, A. D., VILLARÁN, D., KLOOS, C. D., **Experimenting with Electromagnetism Using Augmented Reality: Impact on Flow Student Experience and Educational Effectiveness**. Computers & Education 71, 2014, p. 1-13

IRIZARRY, J., GHEISARI, M., WILLIAMS, G., WALKER, B. N., **InfoSPOT: A Mobile Augmented Reality Method for Accessing Building Information Through a Situation Awareness Approach**, *Automation in Construction* 33, 2012, p. 11-23.

JONES, J. **Design Methods: seeds of human futures**. New York and Chichester, 1978.

JUNIOR, A.M.S., MAIA, C.C.L.L., CORREIO, P.R.P.A.. **Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: uma abordagem teórica e estudo de caso**. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria – Revista Monografias Ambientais*. V 14, n. 2. Santa Maria, 2014.

KIRNER, C.; KIRNER, G., Livro do Pré-Simpósio. **Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**. Livro do Pré-Simpósio XIII Simpósio De Realidade Virtual E Aumentada. Uberlândia, 2011.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R., **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Livro do Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality Petrópolis/RJ, 2007.

KREITLER, M. **Virtual Environments for Design and Analysis of Production Facilities**, IFIP WG 5.7 Working Conference on Managing Concurrency Manufacturing to Improve Industrial Performance, Washington - USA. Setembro, 1995.

LAWSON, B. **How Designers Think**; 4ed – Great Britain by Biddless Ltd, 2005

MOREIRA, L. C. S., **Expressão Gráfica Através da Realidade Aumentada e BIM: uma Experiência de Visualização**; *Graphica'13 – XXI Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico*, 2013.

MOREIRA, L. C. S., RUSCHEL, R. C., **Realidade Aumentada na Visualização de Soluções do Projeto de Arquitetura** – SIGRADI, 2015.

MEŽA, S., TURK, Z., DOLENC, M. **Component based engineering of a mobile BIM-Based Augmented Reality System**, *Automation in Construction* 42, 2014, p. 1-12.

MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A., & KISHINO, F. **Augmented reality: a Class of Displays on the Reality–Virtuality Continuum**. *Proceedings the SPIE: Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 1994, p. 282–292

NEE, A.Y.C., ONG, S.K., CHRYSSOLOURIS, G., MOURTZIS, D. **Augmented Reality Applications in Design and Manufacturing**. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 61, 2012, p. 657–679

NETTO, V.A.; MACHADO, L.S.; OLIVEIRA M.C.F. **Realidade Virtual – Definições, Dispositivos e Aplicações**. P.1-33, 2000.

SHIN, D. H., PARK, J., WOO S., JANG, W., **Representations for imagining the scene of non-existing buildings in an existing environment**. *Automation in Construction* 33, 2013, p. 86-94.

TORI, R., KIRNER, C., SISCOOTTO, R.. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Livro do Pré-Simpósio VII Symposium on Virtual Reality Belém/PA, 2006.

WANG, X., TRUIJENS, M., HOU, L., WANG, L., ZHOU, Y., **Integrating BIM and Augmented Reality for Interactive Architectural Visualization**, Automation in Construction 33, 2014, p. 37–47

WANG, X., TRUIJENS, M., HOU, L., WANG, Y., ZHOU, Y. **Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry**, Automation in Construction 40, p. 96-105, 2014.

WU, H.K., LEE, S.W.Y., CHANG, H.Y., LIANG, J.C. **Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education**. Computers & Education 62, 2013, p. 41–49.

ZEVI, B. **Saber Ver a Arquitetura**. 5ed – São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1996.

## APÊNDICES

### Apêndice 01 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**Pesquisador Responsável:** Alan Nóbrega Dantas de Araújo. PPGAU/UFPB. CPF 052.521.414-36, cel. 83 988625630, endereço Cel Severino Lucena, 184 – Manaíra. João Pessoa/PB

**Pesquisador Orientador:** Prof. Dr Carlos Alejandro Nome. PPGAU/UFPB

**Outros contatos:** Email CEP (Comitê de Ética em Pesquisa) eticaccsufpb@hotmail.com  
Email CCS / UFPB/PPGAU ppgauufpb@gmail.com

Caro Sr./Sra. Você está convidado a participar da pesquisa intitulada “**USO DE REALIDADE AUMENTADA COMO AUXILIO PARA CONCEPÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS:** Experimentos de Pesquisa Aplicada desenvolvido em disciplinas de Modelagem e BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB entre 2015 e 2017”, que tem por objetivo avaliar formas de verificar como a Realidade Aumentada e o BIM podem auxiliar na concepção de Projetos de arquitetura em na disciplina Tópicos Especiais Modelagens 3D com foco em BIM. Serão consideradas e analisada as percepções, dificuldades, facilidades e opiniões dos alunos durante os experimentos. O local a aplicar esta pesquisa será o CTH da UFPB, com público de alunos do curso de arquitetura e urbanismo.

Sua participação é totalmente livre e a qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento sem que haja prejuízo ao no acesso e utilização do local. Se aceitar em participar da pesquisa você será convidado a apresentar e testar formas diferentes de apresentação de projeto e posteriormente serão respondidos formulários. Cabe ressaltar que você tem o direito a não responder qualquer uma das perguntas caso se sinta constrangido.

Os riscos da pesquisa são mínimos, visto que não se trata de procedimentos que causem danos a sua saúde ou o exponha a qualquer risco. Possíveis constrangimentos em responder a alguma questão são também mínimos. As suas informações pessoais serão registradas e na divulgação dos resultados, sua identificação e condições apresentadas serão confidenciais e mantidas sob anonimato. A pesquisa terá como benefícios a compreensão de uma nova forma tecnológica de apresentação e concepção de projetos.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o contato do Comitê de Ética do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba e dos pesquisadores envolvidos, podendo tirar dúvidas sobre o projeto, sobre sua participação ou para discussão posterior e demais esclarecimentos, agora ou a qualquer momento.

Por meio da assinatura deste termo, V. Sa. declara estar ciente de que é assegurado(a) a liberdade de participar ou retirar seu consentimento a qualquer hora, e compreendeu os objetivos, riscos e benefícios propostos, dando livre esclarecimento em participar deste estudo, não abrindo mão de nenhum direito legal.

\_\_\_\_\_  
(Entrevistado Voluntário)

\_\_\_\_\_  
Alan Araújo

João Pessoa, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

#### **PARA O ESCLARECIMENTO DE QUALQUER DÚVIDA:**

**PESQUISADORES:** Alan Araújo – F (83) 988 625 630 – alanaraujo@projetoAcg.com  
**Comitê de Ética CCS-UFPB:** Centro de Ciências da Saúde - 1º andar / Campus I / Cidade Universitária / CEP: 58.051-900 - (83) 3216 7791

## **Apêndice 02 – Questionários**

Responda de 1-5, dependendo do grau de facilidade, praticidade ou de concordância, considerando:

- 1 - Muito difícil / Discordo completamente
- 2 – Difícil / Discordo em parte
- 3 - Nem fácil nem difícil / Nem discordo nem concordo
- 4 – Fácil / Concordo
- 5 – Muito fácil / Concordo completamente

### **Questionário 2.1 – Perguntas sobre o projeto**

- 1. Até que ponto considerou adequada a discussão sobre a volumetria do projeto utilizando RA?
- 2. Até que ponto considerou que a RA auxiliou nesta etapa?
- 3. Até que ponto você conseguiu responder aos questionamentos propostos em sala de aula?
- 4. Você repetiria esses procedimentos em outras situações em outro contexto que não desta disciplina?
- 5. Quais outras dificuldades e facilidades foram percebidas?

Disponível em: <https://goo.gl/forms/ozhF2uPfFCNLCE2s1>

### **Questionário 2.2 - Adequação de modelo em BIM ao aplicativo Augment**

- 1. Processo de simplificar o seu arquivo;
- 2. Processo de exportação/importação;
- 3. Uso dos equipamentos e tecnologia (internet, computador, outros);
- 4. Processo de importação do modelo no aplicativo;
- 5. Observações, comentários ou sugestões?

Disponível em: <https://goo.gl/forms/8u5z201H5SeQTzBt1>

### **Questionário 2.3 – Uso e manipulação do Modelo no Augment**

- 1. Utilização do marcador;
- 2. Manipulação do modelo;
- 3. Uso do modelo para fins práticos;

4. Escrever/salvar no tablete;
5. Observações, comentários ou sugestões?.

Disponível em: <https://goo.gl/forms/LTW2pRCg2mbzqv9G2>

#### **Questionário 2.4 – Perguntas sobre o projeto**

1. Até que ponto considerou adequada a discussão sobre a volumetria do projeto utilizando RA georeferenciado?;
2. Até que ponto considerou que a RA georeferenciado auxiliou nessa etapa?
3. Até que ponto você conseguiu visualizar e discutir o edifício visto externamente?;
4. Até que ponto você conseguiu discutir o edifício visto internamente?;
5. Você repetiria esses procedimentos em outras situações em outro contexto que não desta disciplina?;
6. Quais outras dificuldades e facilidades foram percebidas?.

Disponível em: <https://goo.gl/forms/bn1TsgbmIISD32Ns2>

## Apêndice 03 – Protocolo de uso do Aplicativo Augment

Neste apêndice serão mostrados os passos de como cadastrar-se e utilizar o modelo elaborado em softwares de modelagem 3D no site do Augment para posterior uso no aplicativo para celular/tablet.

### Protocolo de Exportação de Modelo

1.1 Abrir o modelo do Revit pré-elaborado;

1.2 Deletar todo o interior do edifício, inclusive mobiliário, esquadrias, paredes e o que mais não for visível externamente, mantendo somente os elementos externos que compõem a cena externa;

1.3 Exportar o modelo do Revit para o formato obj

1.3.1 A partir do plugin Obj Exporter:

- Baixe o plugin em [http://www.inglegreen.com/revit\\_app.html](http://www.inglegreen.com/revit_app.html);
- Extrair os arquivos compactados;
- Verifique se o arquivo RevitOBJExport2.dll está bloqueado pelo Windows. Clique com o botão direito e selecione propriedades e depois *unblock* (desbloquear);
- Copie os arquivos na pasta de addins do Revit 2017 em, por exemplo:  
C:\Arquivos de Programas\Autodesk\Revit\Addins\2017
- Abra o Revit e, se solicitado, marque *Always load* para permitir o carregamento do plugin;
- No Revit, no menu *Add-in* clique na ferramenta *Obj Exporter*, e clique em *Export Object File*;
- Compacte no formato .zip os arquivos .obj e .mtl num único arquivo; esses arquivos estão localizados na mesma pasta do *add-in*;

1.3.2 A partir dos softwares Sketchup ou 3DsMax

- No Revit, clique em *Export*, *cad formats*, *dwg* e salve o arquivo em seu computador;
- No Sketchup ou 3DsMax, importe o arquivo.dwg gerado e exporte-o novamente no formato .obj;

- Compacte no formato .zip os arquivos .obj e .mtl num único arquivo; estes arquivos estão localizados na mesma pasta do *add-in*;

1.4 Fazer login/cadastro no site <http://agmt.me> conforme itens 2.1 e 2.2 em diante;

1.5 Importar o arquivo .zip criado nos passos anteriores em seus modelos no site do Augment conforme passos descritos.

## Protocolo de upload do modelo no site do Augment

- 4.3 Fazer cadastro e login em <http://agmt.me>;
- 4.4 Adicionar os arquivos desejados clicando no Add Model, (Figura 50) selecionando o arquivo desejado e aguardando o carregamento e (Figura 51).

**Figura 50.** Augment - Upload de modelo



Fonte: autoral

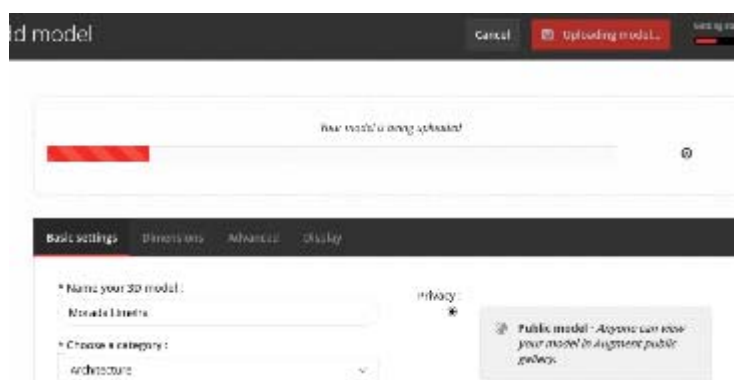


**Figura 51** - Augment - Carregando modelo

Fonte: autoral

- 5 Após a finalização do Upload, clicar em Save and Publish (*Figura 52*):

**Figura 52.** Augment - Publicando modelo



**Fonte:** autoral

- 6 Clicar em Confirm Unit, para confirmar qual a unidade foi importada;
- 7 Seguidos esses passos, os modelos estarão no servidor para serem acessados via dispositivo móvel. O próximo passo será abrir estes modelos no Augment e seguir os passos:
- 8 Abrir o APP do AUGMENT no Tablet ou dispositivo Móvel;
- 9 Abrirá a página inicial do APP, na qual aparecerá o ícone menu (*Figura 53*) e clicar;

**Figura 53.** Augment - Abrindo modelo



**Fonte:** autoral

10. Neste menu, clicar em My models e clicar em seguida em all models;
- 10 Abrirá a página com todos os modelos carregados. O usuário deverá escolher o modelo para abrir e aguardar o carregamento (*Figura 54*).

**Figura 54.** Augment - Selecionando o modelo



**Fonte:** autoral

- 11 Quando carregado, posicionar o dispositivo no marcador padrão do AUGMENT, o modelo precisará ser rotacionado clicando em “rodar”, no APP (*Figura 55*).

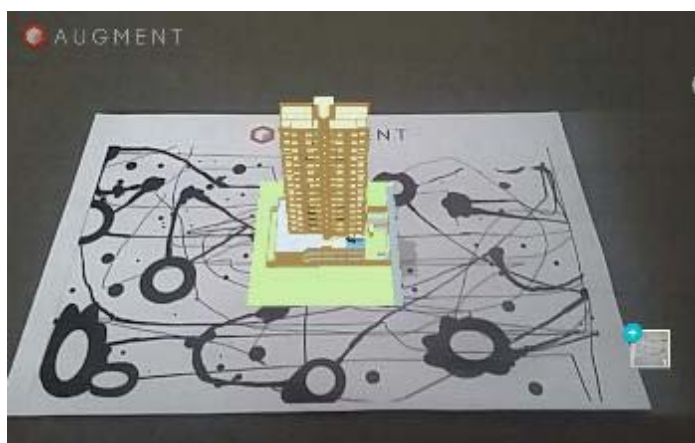
**Figura 55.** Augment - Visualizando o modelo



Fonte: autoral

- 12 O modelo poderá ser movido, girado e aumentado através da tela do dispositivo utilizando os gestos padrões do aplicativo (*Figura 56*).

**Figura 56.** Augment - Modelo rotacionado



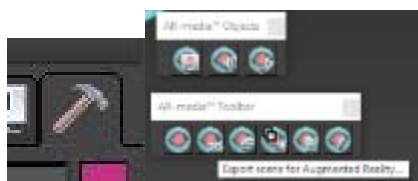
Fonte: autoral

## Apêndice 04 – Protocolo de uso do Aplicativo AR-Media

Após instalados, foi acessada a pasta em que foi instalado o plugin para ativar a licença. Por padrão, o caminho é C:\Program Files (x86)\ARPlugin 2.3. Nesta pasta, clica-se no licensing.exe e usa seus dados de login e senha cadastrados no site da ArMedia <http://www.inglobetechnologies.com/> Em seguida, seguiu-se o protocolo abaixo:

1. No 3DsMax, clicar em Utilities e selecionar o script AR-Media™ Plugin. Duas barras de ferramentas serão apresentadas (Figura 57).

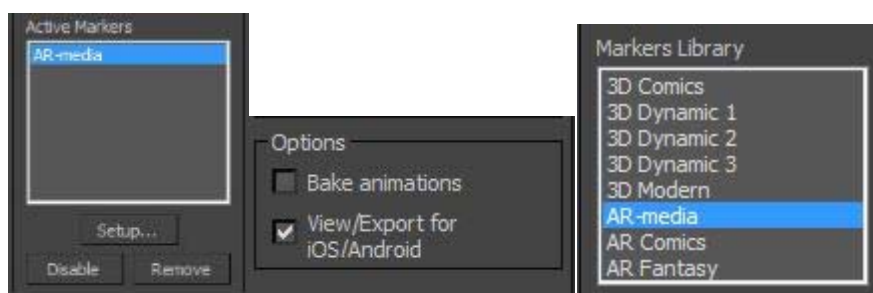
**Figura 57.** ArMedia - Plugin 3dsMax



Fonte: autoral

2. Em Markers Library, selecionar o marcador que quer definir para reconhecimento do modelo. Podem ser criados seus próprios marcadores, mas neste caso utilizaremos o padrão do Ar-Media clicando em Use. Em seguida, clicar em options view / export for IOS / Android e depois em Setup para definir o modelo a ser utilizado (Figura 58).

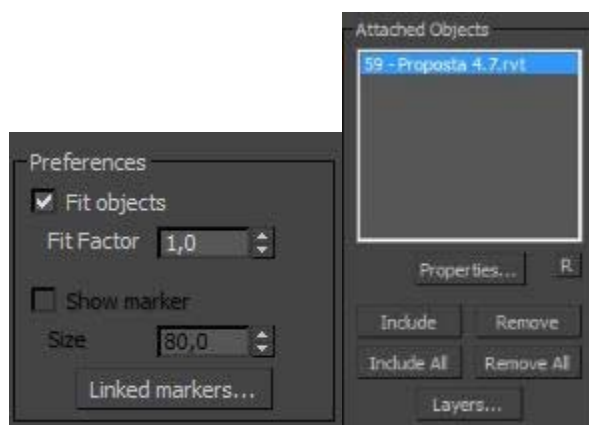
**Figura 58.** ArMedia - Configurações



Fonte: autoral

3. Selecionar os objetos no modelo que pretende exportar e clicar em Include para adicionar todos os layers a exportar; clicar no comando exportar e aguardar o processo de exportação (Figura 59).

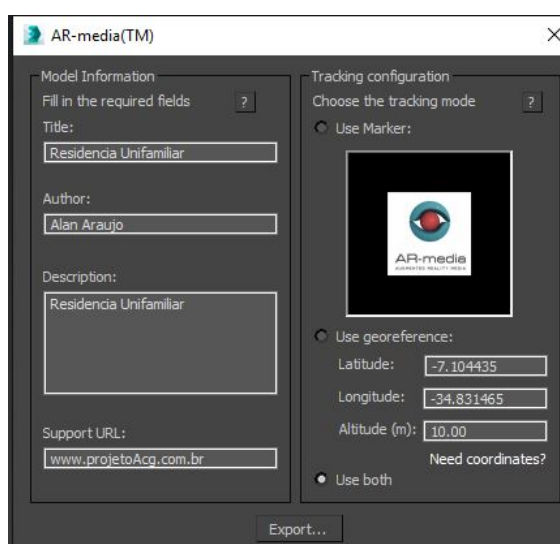
**Figura 59.** ArMedia - Configurações



Fonte: autoral

4. Clicar em exportar e preencher os campos: title, author, description, support URL, posteriormente ao preenchimento poderá ser definido se será usado o marcador padrão do Ar-media, se usará o georreferenciamento ou se usará ambos (Figura 60 e Figura 61).

**Figura 60.** ArMedia - Configurações



Fonte: autoral

**Figura 61.** ArMedia - Configurações de georeferenciamento**Fonte:** autoral

5. Para utilizar o georreferenciamento como marcador, clicar em *need coordinates*. Será aberta uma página na internet na qual terá o espaço para o preenchimento do endereço desejado para gerar sua latitude, longitude e a altitude, após gerar suas coordenadas, preencher os campos e clicar em exportar.

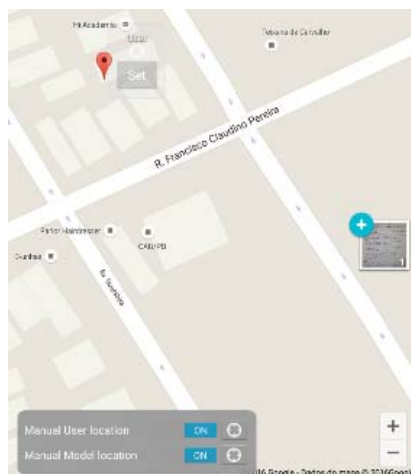
6. No dispositivo móvel, será necessário copiar o arquivo que deseja abrir diretamente na memória interna dele. Em seguida, abrir o ArMedia e clicar no ícone central para localizar, iniciar o aplicativo e buscar o marcador e modelo. Será mostrado uma tela para escolher qual modelo irá abrir (*Figura 62*).

**Figura 62.** ArMedia - Selecionando modelo exportado**Fonte:** autoral

7. Com o modelo aberto, apontar para o marcador previamente registrado ou utilizar o padrão do aplicativo. Caso o usuário não esteja no local previamente

georeferenciado, ele poderá alterar, manualmente (*Figura 63*) e selecionar sua posição e a do objeto, simulando estar no local, podendo visualizar o modelo em outros terrenos.

**Figura 63.** ArMedia - Georeferenciamento manual



**Fonte:** autoral

8. O usuário também terá a opção de mostrar o grid do terreno e reposicionar o modelo nos eixos X, Y ou Z (*Figura 64*).

**Figura 64.** ArMedia - Configurações de visualização



**Fonte:** autoral

**Apêndice 05 – Protocolo de parâmetros de informação do modelo em BIM**

1. Abrir modelo do Projeto em BIM, no Autodesk Revit;
2. Abrir a família Texto\_parametro.rfa;
3. Carregar esta família no projeto e posicioná-la numa face de parede próxima ao objeto que deseja extrair informações;
4. Adicionar as informações manualmente nos seis possíveis espaços visualizados na barra de propriedades de instância.